

BOXカルバートの設計

サンプルデータ

出力例

Sample_4

斜角付き 1BOX 翼壁有り

目次

1章 設計条件	1
1.1 一般事項	1
1.2 構造寸法	1
1.3 材料の単位重量	3
1.4 土圧係数	3
1.5 地盤反力係数	3
1.6 材料の基準値および許容応力度	4
1.7 鉄筋かぶり	4
2章 係数マトリクス	5
2.1 形状寸法	5
2.2 係数マトリクスの計算	7
3章 ひずみエネルギー	8
3.1 側壁面のX軸方向の変位によるひずみエネルギー	8
3.2 底面のX軸方向の変位によるひずみエネルギー	15
3.3 側壁面のY軸方向の変位によるひずみエネルギー	17
3.4 底面のY軸方向の変位によるひずみエネルギー	25
3.5 底面のZ軸方向の変位によるひずみエネルギー	26
3.6 係数マトリクス	28
4章 外力	29
4.1 縦方向の土圧	29
4.2 直角方向の土圧	30
4.3 上載土砂による鉛直土圧	33
4.4 カルバート自重	35
4.5 ウイング	37
4.6 外力集計	38
5章 設計荷重	39
5.1 原点変位	39
5.2 土圧および底面反力	39
5.3 柱頭せん断力	43
6章 構造解析モデル	45
6.1 骨組図	45
6.2 格点	45
6.3 部材	46
6.4 支点	48
6.5 荷重図	49
7章 断面力図	50
8章 設計断面力	55
9章 断面照査	58
9.1 曲げ応力度照査	58
9.2 せん断応力度照査	66
9.3 スターラップ	68
10章 主鉄筋定着位置	69
10.1 隅角部（負の曲げモーメント）	69
10.2 支間部（正の曲げモーメント）	70
10.3 抵抗曲げモーメント、設計曲げモーメント	71
11章 ウイングの計算	75
11.1 右口：左ウイング	75
11.1.1 設計条件	75
11.1.2 断面力計算	76

11.1.3 応力度計算	80
11.1.4 隅角部応力度照査	81
11.1.5 主鉄筋定着位置	81
11.2 右口：右ウイング	83
11.2.1 設計条件	83
11.2.2 断面力計算	84
11.2.3 応力度計算	88
11.2.4 隅角部応力度照査	89
11.2.5 主鉄筋定着位置	89

1章 設計条件

斜角があるボックスカルバートの設計

適用基準：ボックスカルバート標準設計図集(平成11年5月)日本道路公団

1.1 一般事項

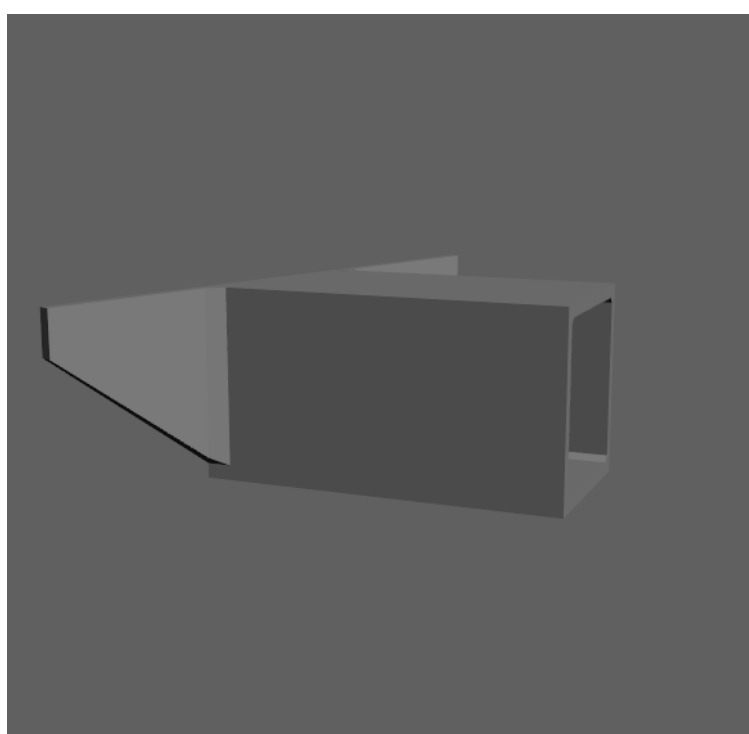
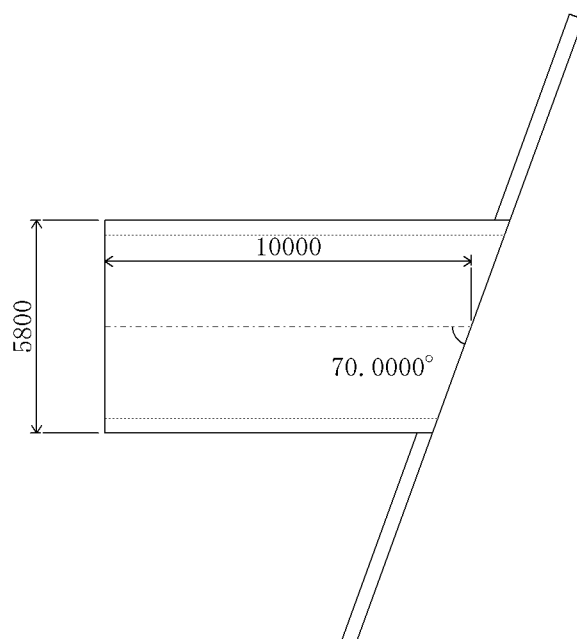
データファイル名：Sample_4.F8B

タイトル：

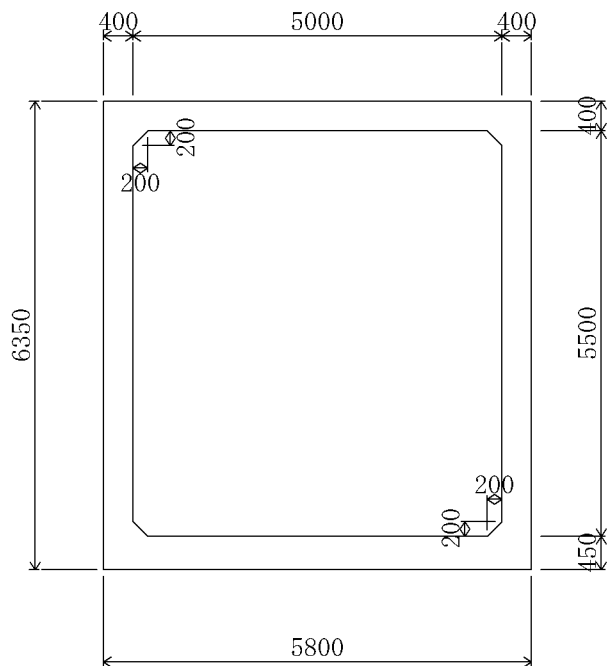
コメント：

1.2 構造寸法

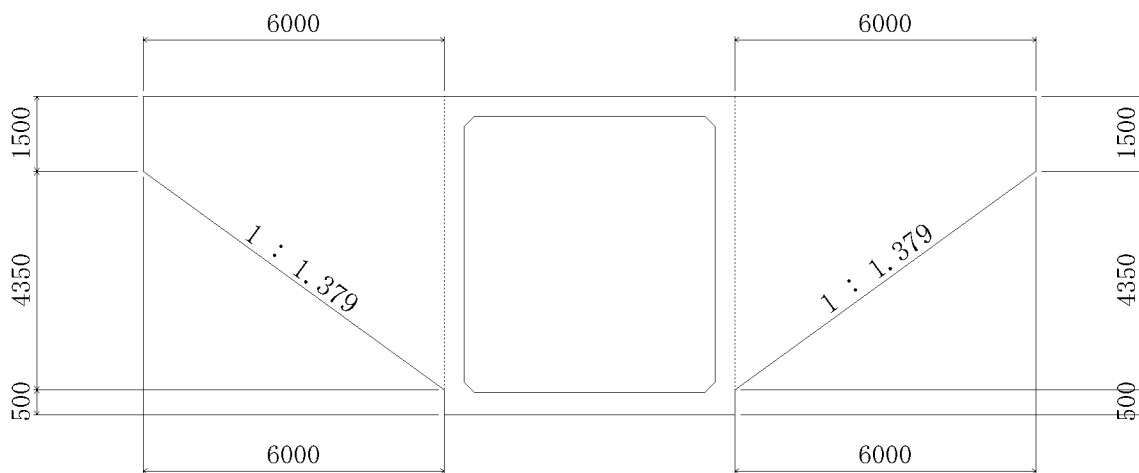
(1) 平面図



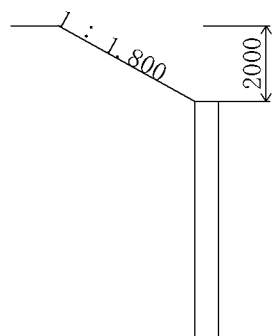
(2) 標準断面図



(3) ウイング形状図



(4) 標準法面図



1.3 材料の単位重量

盛土		kN/m ³	19.00
躯体	c	kN/m ³	24.50

1.4 土圧係数

鉛直土圧係数 $\alpha = 1.0 + 0.207 \left(\frac{D}{B_o} \right) - 0.0143 \left(\frac{D}{B_o} \right)^2$

D : 土被り厚(m)

B_o: BOX全幅(m)

水平土圧係数 Ko = 0.500

活荷重による水平荷重 p_{HI} = 5.00 (kN/m²)

1.5 地盤反力係数

ks = 10.0 (kN/m³)

= kh/ks = 2.000

kh : 側壁面法線方向地盤反力係数

ks : 側壁面平行方向地盤反力係数

o = kv/ks = 4.000

kv : 底面鉛直方向地盤反力係数

ks : 底面平行方向地盤反力係数

1.6 材料の基準値および許容応力度

コンクリート	設計基準強度		ck	N/mm ²	30.00	
	許容曲げ圧縮応力度	一般部	ca	N/mm ²	10.00	
		隅角部	ハンチ有	ca	N/mm ²	10.00
			ハンチ無	ca	N/mm ²	7.50
	許容せん断応力度	*1		a1	N/mm ²	0.25
		*2		a2	N/mm ²	1.90
ヤング係数			Ec	N/mm ²	2.80 × 10 ⁴	
鉄筋	材質		—	—	SD345	
	許容曲げ引張応力度		sa	N/mm ²	180.00	
	許容曲げ圧縮応力度		sa	N/mm ²	200.00	
ヤング係数比 (Es / Ec)			n	—	15.0	

*1 : コンクリートのみでせん断を負担する場合

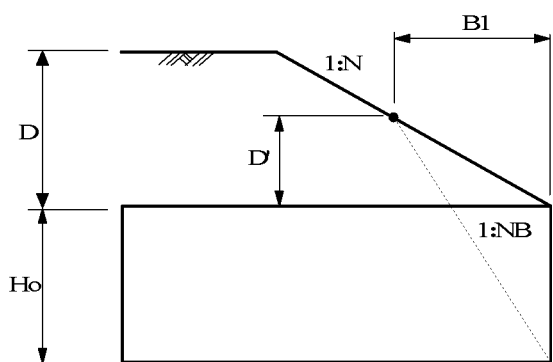
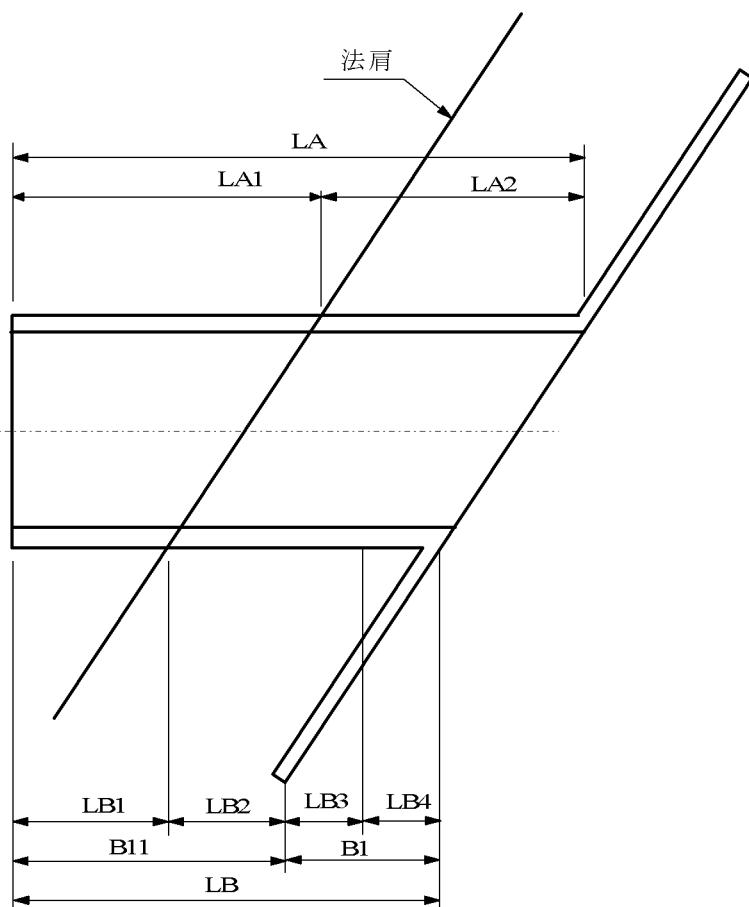
*2 : 斜引張鉄筋と協同してせん断を負担する場合

1.7 鉄筋かぶり

部 位		純かぶり (mm)	配力鉄筋径 (mm)	部 位		純かぶり (mm)	配力鉄筋径 (mm)
頂 版	上側	80	19	右側壁	外側	80	16
	下側	80	19		内側	80	16
左側壁	外側	80	16	底 版	上側	80	19
	内側	80	16		下側	80	19

2章 係数マトリクス

2.1 形状寸法



- Lo : 断面中心におけるボックスカルバート長 = 10.000 (m)
- : 斜角 = 70.0000 (度)
- Bo : 断面幅 = 5.800 (m)
- Ho : 断面高 = 6.350 (m)
- D : 土被り厚 = 2.000 (m)
- n : 標準部の盛土勾配 = 1.800
- LWB : 短辺側ウイングの背面長 = 6.000 (m)
- WB : 短辺側ウイングの角度 = 70.0000 (度)
- TWB : 短辺側ウイングの厚さ = 0.400 (m)

$$LA = Lo + (Bo/2) \cdot \cot = 11.056 \text{ (m)}$$

$$LA2 = D \cdot n \cdot \operatorname{cosec} = 3.831 \text{ (m)}$$

$$LA1 = LA - LA2 = 7.224 \text{ (m)}$$

$$N = n \cdot \operatorname{cosec} = 1.91552 \text{ (斜角を考慮した盛土勾配)}$$

$$LB = L_o - (B_o/2) \cdot \cot = 8.944 \text{ (m)}$$

$$B1 = LWB \cdot \cos WB + TWB \cdot (\operatorname{cosec} WB - \sin WB) = 2.341 \text{ (m)}$$

$$B11 = LB - B1 = 6.604 \text{ (m)}$$

$$LB1 = LB - LA2 = 5.113 \text{ (m)}$$

$$LB2 = B11 - LB1 = 1.490 \text{ (m)}$$

$$D' = D - LB2/N = 1.222 \text{ (m)}$$

$$NB = B1/(D' + H_o) = 0.30916$$

$$LB3 = D' \cdot NB = 0.378 \text{ (m)}$$

$$LB4 = B1 - LB3 (=H_o \cdot NB) = 1.963 \text{ (m)}$$

2.2 係数マトリクスの計算

係数マトリックスK11~K66は、ひずみエネルギーから、以下のように求める。

$$K_{ij} = \frac{\partial}{\partial i} \cdot \frac{\partial}{\partial j} \cdot U$$

$$K_{11} = \frac{\partial}{\partial \mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \mu} \cdot U$$

$$K_{12} = K_{21} = \frac{\partial}{\partial \mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \nu} \cdot U$$

$$K_{13} = K_{31} = \frac{\partial}{\partial \mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \omega} \cdot U$$

$$K_{14} = K_{41} = \frac{\partial}{\partial \mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_1} \cdot U$$

$$K_{15} = K_{51} = \frac{\partial}{\partial \mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_2} \cdot U$$

$$K_{16} = K_{61} = \frac{\partial}{\partial \mu} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_3} \cdot U$$

$$K_{22} = \frac{\partial}{\partial \nu} \cdot \frac{\partial}{\partial \nu} \cdot U$$

$$K_{23} = K_{32} = \frac{\partial}{\partial \nu} \cdot \frac{\partial}{\partial \omega} \cdot U$$

$$K_{24} = K_{42} = \frac{\partial}{\partial \nu} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_1} \cdot U$$

$$K_{25} = K_{52} = \frac{\partial}{\partial \nu} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_2} \cdot U$$

$$K_{26} = K_{62} = \frac{\partial}{\partial \nu} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_3} \cdot U$$

$$K_{33} = \frac{\partial}{\partial \omega} \cdot \frac{\partial}{\partial \omega} \cdot U$$

$$K_{34} = K_{43} = \frac{\partial}{\partial \omega} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_1} \cdot U$$

$$K_{35} = K_{53} = \frac{\partial}{\partial \omega} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_2} \cdot U$$

$$K_{36} = K_{63} = \frac{\partial}{\partial \omega} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_3} \cdot U$$

$$K_{44} = \frac{\partial}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_1} \cdot U$$

$$K_{45} = K_{54} = \frac{\partial}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_2} \cdot U$$

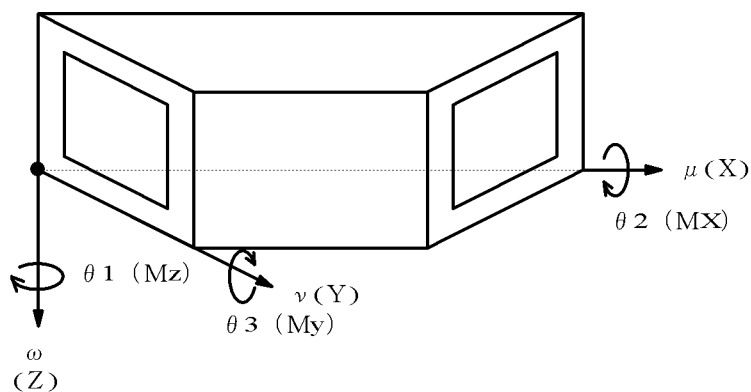
$$K_{46} = K_{64} = \frac{\partial}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_3} \cdot U$$

$$K_{55} = \frac{\partial}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_2} \cdot U$$

$$K_{56} = K_{65} = \frac{\partial}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_3} \cdot U$$

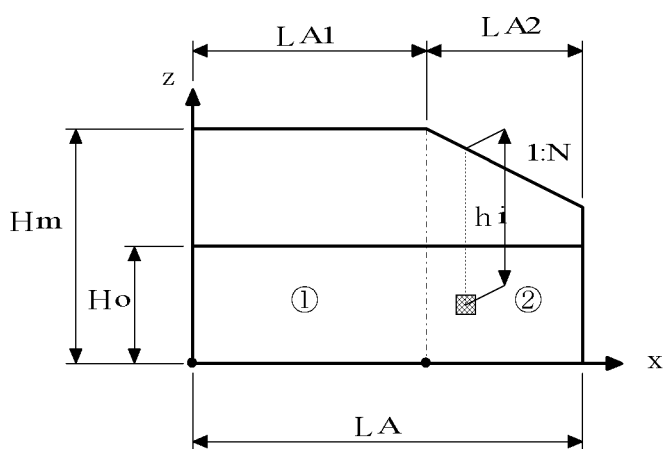
$$K_{66} = \frac{\partial}{\partial \theta_3} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta_3} \cdot U$$

3章 ひずみエネルギー



3.1 側壁面のX軸方向の変位によるひずみエネルギー

(a) A面 (側壁長辺側)



$$\mu = \mu + \theta_3 \cdot z$$

$$\alpha_A = \sqrt{AC/AA} = 0.909$$

AC : 底面の面積 = 58.000 (m²)

AA : 側壁Aの面積 = 70.203 (m²)

Hm = 8.350 (m)

$$U_{1A} = \frac{\alpha_A}{2H_m} \iint h_i \cdot \delta \mu^2 \cdot dz \cdot dx$$

(1)区間

$$h_i = H_m - z$$

$$\begin{aligned} U_{1A1} &= \frac{\alpha A}{2H_m} \int_0^{LA1} \int_0^{Ho} (H_m - z) (\mu + \theta_3 \cdot z)^2 \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{\alpha A}{2H_m} \cdot LA1 \cdot Ho \cdot \left\{ \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) \mu^2 + Ho \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot Ho \right) \mu \cdot \theta_3 \right. \\ &\quad \left. + Ho^2 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{Ho}{4} \right) \theta_3^2 \right\} \end{aligned}$$

$$K_{11}(1A1) = \frac{\alpha A}{H_m} \cdot LA1 \cdot Ho \cdot \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) = 25.84$$

$$K_{16}(1A1) = \frac{\alpha A}{2H_m} \cdot LA1 \cdot Ho \cdot Ho \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot Ho \right) = 65.27$$

$$K_{66}(1A1) = \frac{\alpha A}{H_m} \cdot LA1 \cdot Ho \cdot Ho^2 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{Ho}{4} \right) = 240.80$$

(2)区間

$$h_i = H_m - \frac{x}{N} - z$$

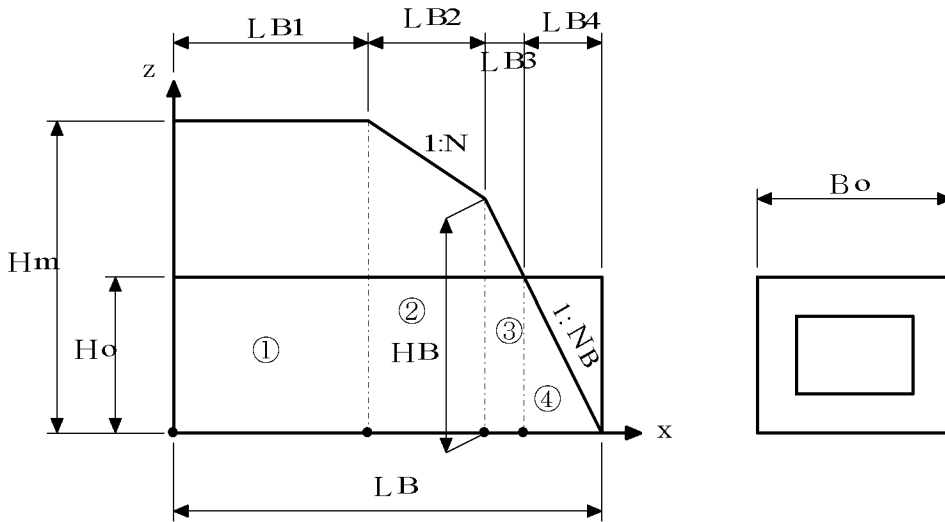
$$\begin{aligned} U_{1A2} &= \frac{\alpha A}{2H_m} \int_0^{LA2} \int_0^{Ho} \left(H_m - \frac{x}{N} - z \right) (\mu + \theta_3 \cdot z)^2 \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{\alpha A}{2H_m} \cdot LA2 \cdot Ho \cdot \left\{ \left(H_m - \frac{Ho}{2} - \frac{LA2}{2N} \right) \mu^2 + Ho \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot Ho - \frac{LA2}{2N} \right) \mu \cdot \theta_3 \right. \\ &\quad \left. + Ho^2 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{Ho}{4} - \frac{LA2}{6N} \right) \theta_3^2 \right\} \end{aligned}$$

$$K_{11}(1A2) = \frac{\alpha A}{H_m} \cdot LA2 \cdot Ho \cdot \left(H_m - \frac{Ho}{2} - \frac{LA2}{2N} \right) = 11.06$$

$$K_{16}(1A2) = \frac{\alpha A}{2H_m} \cdot LA2 \cdot Ho \cdot Ho \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot Ho - \frac{LA2}{2N} \right) = 26.20$$

$$K_{66}(1A2) = \frac{\alpha A}{H_m} \cdot LA2 \cdot Ho \cdot Ho^2 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{Ho}{4} - \frac{LA2}{6N} \right) = 92.10$$

(b)B面 (側壁短辺側)



$$\mu = \mu + \alpha \cdot z - \beta \cdot Bo$$

$$\alpha B = \sqrt{AC/AB} = 1.011$$

AC : 底面の面積 = 58.000 (m²)

AB : 側壁Bの面積 = 56.797 (m²)

Hm = 8.350 (m)

HB = 7.572 (m)

$$U1B = \frac{\alpha B}{2Hm} \iint h_i \cdot \delta \mu^2 \cdot dz \cdot dx$$

(1) 区間

$$h_i = H_m - z$$

$$\begin{aligned} U_{1B1} &= \frac{\alpha B}{2H_m} \int_0^{LB1} \int_0^{Ho} (H_m - z) (\mu + \theta_3 \cdot z - \theta_1 \cdot Bo)^2 \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB1 \cdot Ho \cdot \left\{ \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) \mu^2 + Ho \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot Ho \right) \mu \cdot \theta_3 \right. \\ &\quad \left. + Bo (Ho - 2H_m) \mu \cdot \theta_1 + Bo^2 \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) \theta_1^2 \right. \\ &\quad \left. + Bo \cdot Ho \left(\frac{2}{3} \cdot Ho - H_m \right) \theta_1 \cdot \theta_3 + Ho^2 \left(\frac{Hm}{3} - \frac{Ho}{4} \right) \theta_3^2 \right\} \end{aligned}$$

$$K_{11}(1B1) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB1 \cdot Ho \cdot \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) = 20.34$$

$$K_{14}(1B1) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB1 \cdot Ho \cdot Bo (Ho - 2H_m) = -117.95$$

$$K_{16}(1B1) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB1 \cdot Ho \cdot Ho \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot Ho \right) = 51.36$$

$$K_{44}(1B1) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB1 \cdot Ho \cdot Bo^2 \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) = 684.10$$

$$K_{46}(1B1) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB1 \cdot Ho \cdot Bo \cdot Ho \left(\frac{2}{3} \cdot Ho - H_m \right) = -297.90$$

$$K_{66}(1B1) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB1 \cdot Ho \cdot Ho^2 \left(\frac{Hm}{3} - \frac{Ho}{4} \right) = 189.48$$

(2) 区間

$$h_i = H_m - \frac{x}{N} - z$$

$$\begin{aligned} U_{1B2} &= \frac{\alpha B}{2H_m} \int_0^{LB2} \int_0^{H_o} \left(H_m - \frac{x}{N} - z \right) (\mu + \theta_3 \cdot z - \theta_1 \cdot B_o)^2 \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot \left\{ \left(H_m - \frac{H_o}{2} - \frac{LB2}{2N} \right) \mu^2 + H_o \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot H_o - \frac{LB2}{2N} \right) \mu \cdot \theta_3 \right. \\ &\quad + B_o \left(H_o - 2H_m + \frac{LB2}{N} \right) \mu \cdot \theta_1 + B_o^2 \left(H_m - \frac{H_o}{2} - \frac{LB2}{2N} \right) \theta_1^2 \\ &\quad \left. + B_o \cdot H_o \left(\frac{2}{3} \cdot H_o - H_m + \frac{LB2}{2N} \right) \theta_1 \cdot \theta_3 + H_o^2 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{H_o}{4} - \frac{LB2}{6N} \right) \theta_3^2 \right\} \end{aligned}$$

$$K_{11}(1B2) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot \left(H_m - \frac{H_o}{2} - \frac{LB2}{2N} \right) = 5.48$$

$$K_{14}(1B2) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot B_o \left(H_o - 2H_m + \frac{LB2}{N} \right) = -31.79$$

$$K_{16}(1B2) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot H_o \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot H_o - \frac{LB2}{2N} \right) = 13.55$$

$$K_{44}(1B2) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot B_o^2 \left(H_m - \frac{H_o}{2} - \frac{LB2}{2N} \right) = 184.36$$

$$K_{46}(1B2) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot B_o \cdot H_o \left(\frac{2}{3} \cdot H_o - H_m + \frac{LB2}{2N} \right) = -78.61$$

$$K_{66}(1B2) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot H_o^2 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{H_o}{4} - \frac{LB2}{6N} \right) = 49.23$$

(3) 区間

$$h_i = HB - \frac{x}{NB} - z$$

$$\begin{aligned} U_{1B3} &= \frac{\alpha B}{2H_m} \int_0^{LB3} \int_0^{H_o} \left(HB - \frac{x}{NB} - z \right) (\mu + \theta_3 \cdot z - \theta_1 \cdot Bo)^2 \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB3 \cdot H_o \cdot \left\{ \left(HB - \frac{H_o}{2} - \frac{LB3}{2NB} \right) \mu^2 + H_o \left(HB - \frac{2}{3} \cdot H_o - \frac{LB3}{2NB} \right) \mu \cdot \theta_3 \right. \\ &\quad + Bo \left(H_o - 2HB + \frac{LB3}{NB} \right) \mu \cdot \theta_1 + Bo^2 \left(HB - \frac{H_o}{2} - \frac{LB3}{2NB} \right) \theta_1^2 \\ &\quad \left. + Bo \cdot H_o \left(\frac{2}{3} \cdot H_o - HB + \frac{LB3}{2NB} \right) \theta_1 \cdot \theta_3 + H_o^2 \left(\frac{HB}{3} - \frac{H_o}{4} - \frac{LB3}{6NB} \right) \theta_3^2 \right\} \end{aligned}$$

$$K_{11}(1B3) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB3 \cdot H_o \cdot \left(HB - \frac{H_o}{2} - \frac{LB3}{2NB} \right) = 1.10$$

$$K_{14}(1B3) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB3 \cdot H_o \cdot Bo \left(H_o - 2HB + \frac{LB3}{NB} \right) = -6.38$$

$$K_{16}(1B3) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB3 \cdot H_o \cdot H_o \left(HB - \frac{2}{3} \cdot H_o - \frac{LB3}{2NB} \right) = 2.51$$

$$K_{44}(1B3) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB3 \cdot H_o \cdot Bo^2 \left(HB - \frac{H_o}{2} - \frac{LB3}{2NB} \right) = 36.98$$

$$K_{46}(1B3) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB3 \cdot H_o \cdot Bo \cdot H_o \left(\frac{2}{3} \cdot H_o - HB + \frac{LB3}{2NB} \right) = -14.58$$

$$K_{66}(1B3) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB3 \cdot H_o \cdot H_o^2 \left(\frac{HB}{3} - \frac{H_o}{4} - \frac{LB3}{6NB} \right) = 8.58$$

(4) 区間

$$h_i = H_o - \frac{x}{NB} - z$$

$$\begin{aligned} U_{1B4} &= \frac{\alpha B}{2H_m} \int_0^{LB4} \int_0^{H_o - \left(\frac{x}{NB}\right)} \left(H_o - \frac{x}{NB} - z \right) (\mu + \theta_3 \cdot z - \theta_1 \cdot B_o)^2 \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB4 \left(\frac{H_o^2}{6} \cdot \mu^2 - \frac{B_o \cdot H_o^2}{3} \cdot \mu \cdot \theta_1 + \frac{H_o^3}{12} \cdot \mu \cdot \theta_3 \right. \\ &\quad \left. + \frac{B_o^2 \cdot H_o^2}{6} \cdot \theta_1^2 - \frac{B_o \cdot H_o^3}{12} \cdot \theta_1 \cdot \theta_3 + \frac{H_o^4}{60} \cdot \theta_3^2 \right) \end{aligned}$$

$$K_{11}(1B4) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB4 \cdot \frac{H_o^2}{6} = 1.60$$

$$K_{14}(1B4) = -\frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB4 \cdot \frac{B_o \cdot H_o^2}{3} = -9.26$$

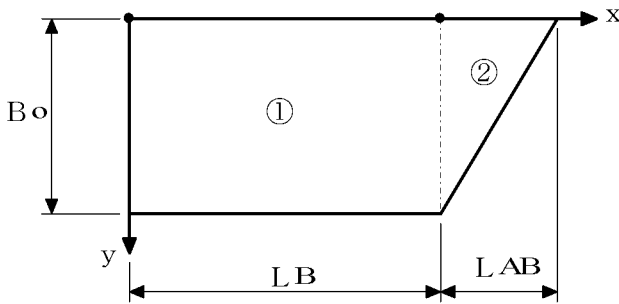
$$K_{16}(1B4) = \frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB4 \cdot \frac{H_o^3}{12} = 2.53$$

$$K_{44}(1B4) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB4 \cdot \frac{B_o^2 \cdot H_o^2}{6} = 53.71$$

$$K_{46}(1B4) = -\frac{\alpha B}{2H_m} \cdot LB4 \cdot \frac{B_o \cdot H_o^3}{12} = -14.70$$

$$K_{66}(1B4) = \frac{\alpha B}{H_m} \cdot LB4 \cdot \frac{H_o^4}{60} = 6.44$$

3.2 底面のX軸方向の変位によるひずみエネルギー



$$\mu = \mu - \epsilon \cdot y$$

$$U_2 = \frac{1}{2H_m} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \iint \delta \mu^2 \cdot dy \cdot dx$$

P_v : 頂版上の盛土重量(kN)

$$v_1 = B_0 \cdot (LB - LA_2) \cdot D = 59.316 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$v_2 = (1/2) \cdot (LA - LB) \cdot B_0 \cdot D = 12.244 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$v_3 = LA_2 \cdot B_0 \cdot (D/2) = 22.220 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V = v_1 + v_2 + v_3 = 93.780 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\bar{D} = V/AC = 1.617 \text{ (m)}$$

$$\alpha = 1.0 + 0.207(\bar{D}/B_0) - 0.0143(\bar{D}/B_0)^2 = 1.057$$

$$P_v = \alpha \cdot V \cdot \gamma = 1882.662 \text{ (kN)}$$

P_{vi} : ボックスカルバート本体の重量(kN)

$$\text{頂版}v_1 = (1/2) \cdot (LA + LB) \cdot B_0 \cdot T_1 = 23.20 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{底板}v_2 = (1/2) \cdot (LA + LB) \cdot B_0 \cdot T_2 = 26.10 \text{ (m}^3\text{)}$$

長辺側側壁

$$L = LA - L$$

$$L = X_1 \cdot \cot$$

$$v_3 = X_1 \cdot H \left(L + \frac{L}{2} \right) = 24.16 \text{ (m}^3\text{)}$$

短辺側側壁

$$L = LB$$

$$L = X_3 \cdot \cot$$

$$v_4 = X_3 \cdot H \left(L + \frac{L}{2} \right) = 19.84 \text{ (m}^3\text{)}$$

長辺側上ハンチ

$$L = LA - (X_1 + W_1) \cdot \cot$$

$$L = W_1 \cdot \cot$$

$$v_5 = W_1 \cdot H_1 \left\{ \frac{L}{2} + \left(\frac{L}{3} \right) \right\} = 0.22 \text{ (m}^3\text{)}$$

短辺側上ハンチ

$$L = LB + X_3 \cdot \cot$$

$$L = W_2 \cdot \cot$$

$$v_6 = W_2 \cdot H_2 \left\{ \frac{L}{2} + \left(\frac{L}{6} \right) \right\} = 0.18 \text{ (m}^3\text{)}$$

長辺側下ハンチ

$$L = LA - (X_1 + W_3) \cdot \cot$$

$$L = W_3 \cdot \cot$$

$$v_7 = W_3 \cdot H_3 \left\{ \frac{L}{2} + \left(\frac{L}{3} \right) \right\} = 0.22 \text{ (m}^3\text{)}$$

短辺側下ハンチ

$$L = LB + X_3 \cdot \cot$$

$$L = W_4 \cdot \cot$$

$$v_8 = W_4 \cdot H_4 \left\{ \frac{L}{2} + \left(\frac{L}{6} \right) \right\} = 0.18 \text{ (m}^3\text{)}$$

ここに、

- T1 : 頂版厚 = 0.400 (m)
- T2 : 底版厚 = 0.450 (m)
- H : 内空高 = 5.500 (m)
- X1 : 長辺側側壁幅 = 0.400 (m)
- X3 : 短辺側側壁幅 = 0.400 (m)
- W1 : 長辺側上ハンチ幅 = 0.200 (m)
- H1 : 長辺側上ハンチ高 = 0.200 (m)
- W2 : 短辺側上ハンチ幅 = 0.200 (m)
- H2 : 短辺側上ハンチ高 = 0.200 (m)
- W3 : 長辺側下ハンチ幅 = 0.200 (m)
- H3 : 長辺側下ハンチ高 = 0.200 (m)
- W4 : 短辺側下ハンチ幅 = 0.200 (m)
- H4 : 短辺側下ハンチ高 = 0.200 (m)

$$V = v_i = 94.100 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$P_{vi} = V \cdot c = 2305.450 \text{ (kN)}$$

(1)区間

$$U_{21} = \frac{1}{2Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \int_0^{LB} \int_0^{Bo} (\mu - \theta_1 \cdot y)^2 \cdot dy \cdot dx$$

$$= \frac{1}{2Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot Bo \cdot LB \left(\mu^2 - Bo \cdot \mu \cdot \theta_1 + \frac{Bo^2}{3} \cdot \theta_1^2 \right)$$

$$K_{11}(21) = \frac{1}{Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot Bo \cdot LB = 20.69$$

$$K_{14}(21) = -\frac{1}{2Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot Bo^2 \cdot LB = -60.01$$

$$K_{44}(21) = \frac{1}{Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot \frac{Bo^3 \cdot LB}{3} = 232.05$$

(2)区間

$$B = Bo - \left(\frac{Bo}{LAB} \cdot x \right)$$

$$LAB = LA - LB = 2.111 \text{ (m)}$$

$$U_{22} = \frac{1}{2Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \int_0^{LAB} \int_0^{Bo - \left(\frac{Bo}{LAB} \cdot x \right)} (\mu - \theta_1 \cdot y)^2 \cdot dy \cdot dx$$

$$= \frac{1}{2Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot Bo \cdot LAB \left(\frac{1}{2} \cdot \mu^2 - Bo \cdot \mu \cdot \theta_1 + \frac{Bo^2}{12} \cdot \theta_1^2 \right)$$

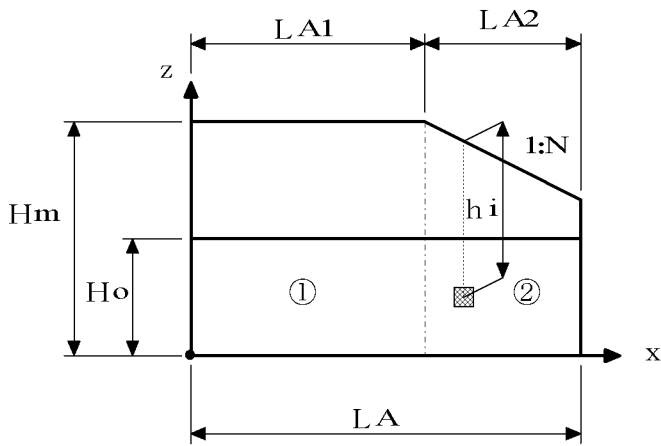
$$K_{11}(22) = \frac{1}{2Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot Bo \cdot LAB = 2.44$$

$$K_{14}(22) = -\frac{1}{2Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot Bo^2 \cdot LAB = -14.16$$

$$K_{44}(22) = \frac{1}{Hm} \left(\frac{P_v}{\gamma} + \frac{P_{vi}}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot \frac{Bo^3 \cdot LAB}{12} = 13.69$$

3.3 側壁面のY軸方向の変位によるひずみエネルギー

(a)A面 (側壁長辺側)



$$U_{3A} = \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \iint h_i \cdot \delta v^2 \cdot dz \cdot dx$$

$$= kh/ks = 2.000$$

(1) 区間

$$h_i = H_m - z$$

$$\delta v = v + \theta_1 \cdot x + \theta_2 \cdot z$$

$$U_{3A1} = \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \int_0^{LA1} \int_0^{H_o} (H_m - z) (v + \theta_1 \cdot x + \theta_2 \cdot z)^2 \cdot dz \cdot dx$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \cdot LA1 \cdot H_o \left\{ \left(H_m - \frac{H_o}{2} \right) v^2 + LA1 \left(H_m - \frac{H_o}{2} \right) v \cdot \theta_1 \right. \\ &\quad + H_o \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot H_o \right) v \cdot \theta_2 \\ &\quad + \frac{1}{6} \cdot LA1^2 (2H_m - H_o) \theta_1^2 \\ &\quad + H_o \cdot LA1 \left(\frac{H_m}{2} - \frac{H_o}{3} \right) \theta_1 \cdot \theta_2 \\ &\quad \left. + H_o^2 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{H_o}{4} \right) \theta_2^2 \right\} \end{aligned}$$

$$K_{22}(3A1) = \frac{\beta \cdot \alpha A}{H_m} \cdot LA1 \cdot H_o \cdot \left(H_m - \frac{H_o}{2} \right) = 51.69$$

$$K_{24}(3A1) = \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \cdot LA1^2 \cdot H_o \cdot \left(H_m - \frac{H_o}{2} \right) = 186.70$$

$$K_{25}(3A1) = \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \cdot LA1 \cdot H_o^2 \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot H_o \right) = 130.54$$

$$K_{44}(3A1) = \frac{\beta \cdot \alpha A}{H_m} \cdot \frac{LA1^3 \cdot H_o}{6} \cdot (2H_m - H_o) = 899.21$$

$$K_{45}(3A1) = \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \cdot LA1^2 \cdot H_o^2 \left(\frac{H_m}{2} - \frac{H_o}{3} \right) = 471.55$$

$$K_{55}(3A1) = \frac{\beta \cdot \alpha A}{H_m} \cdot LA1 \cdot H_o^3 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{H_o}{4} \right) = 481.59$$

(2)区間

$$h_i = H_m - \frac{x}{N} - z$$

$$\delta v = v + \theta_1(LA_1 + x) + \theta_2 \cdot z$$

$$\begin{aligned} U_{3A2} &= \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \int_0^{LA_2} \int_0^{H_0} \left(H_m - \frac{x}{N} - z \right) \left(v + \theta_1(LA_1 + x) + \theta_2 \cdot z \right)^2 \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \cdot LA_2 \cdot H_0 \left\{ \left(H_m - \frac{H_0}{2} - \frac{LA_2}{2N} \right) v^2 \right. \\ &\quad + (2H_m \cdot LA_1 - H_0 \cdot LA_1 + H_m \cdot LA_2 \\ &\quad \left. - \frac{H_0 \cdot LA_2}{2} - \frac{LA_1 \cdot LA_2}{N} - \frac{2LA_2^2}{3N}) v \cdot \theta_1 \right. \\ &\quad + \left(H_m \cdot H_0 - \frac{2H_0^2}{3} - \frac{H_0 \cdot LA_2}{2N} \right) v \cdot \theta_2 \\ &\quad + (H_m \cdot LA_1^2 - \frac{H_0 \cdot LA_1^2}{2} + H_m \cdot LA_1 \cdot LA_2 \\ &\quad - \frac{H_0 \cdot LA_1 \cdot LA_2}{2} + \frac{H_m \cdot LA_2^2}{3} - \frac{H_0 \cdot LA_2^2}{6} \\ &\quad - \frac{LA_1^2 \cdot LA_2}{2N} - \frac{2LA_1 \cdot LA_2^2}{3N} - \frac{LA_2^3}{4N}) \theta_1^2 \\ &\quad + (H_m \cdot H_0 \cdot LA_1 - \frac{2H_0^2 \cdot LA_1}{3} + \frac{H_m \cdot H_0 \cdot LA_2}{2} \\ &\quad - \frac{H_0^2 \cdot LA_2}{3} - \frac{H_0 \cdot LA_1 \cdot LA_2}{2N} - \frac{H_0 \cdot LA_2^2}{3N}) \theta_1 \cdot \theta_2 \\ &\quad \left. + \left(\frac{H_m \cdot H_0^2}{3} - \frac{H_0^3}{4} - \frac{H_0^2 \cdot LA_2}{6N} \right) \theta_2^2 \right\} \end{aligned}$$

$$K_{22}(3A2) = \frac{\beta \cdot \alpha A}{H_m} \cdot LA_2 \cdot H_0 \cdot \left(H_m - \frac{H_0}{2} - \frac{LA_2}{2N} \right) = 22.11$$

$$\begin{aligned} K_{24}(3A2) &= \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \cdot LA_2 \cdot H_0 \cdot \left(2H_m \cdot LA_1 - H_0 \cdot LA_1 + H_m \cdot LA_2 \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_0 \cdot LA_2}{2} - \frac{LA_1 \cdot LA_2}{N} - \frac{2LA_2^2}{3N} \right) = 198.72 \end{aligned}$$

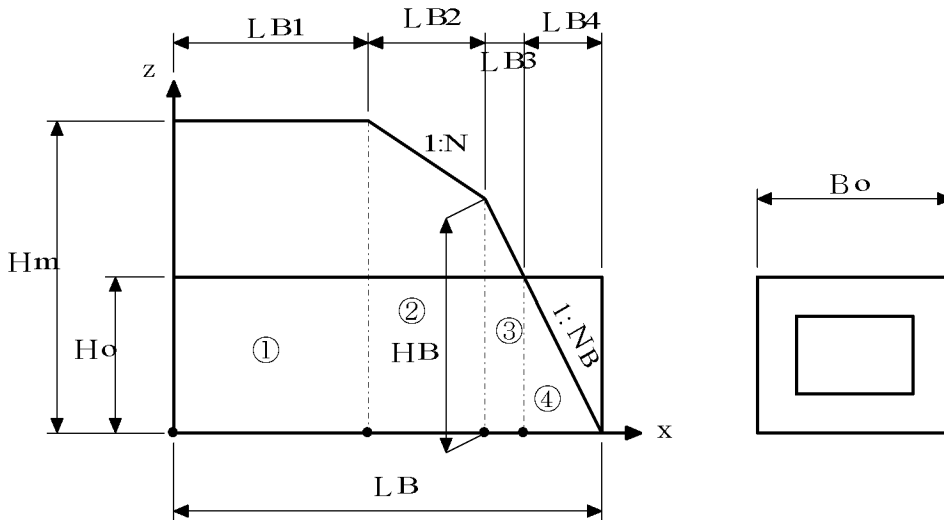
$$K_{25}(3A2) = \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \cdot LA_2 \cdot H_0 \cdot \left(H_m \cdot H_0 - \frac{2H_0^2}{3} - \frac{H_0 \cdot LA_2}{2N} \right) = 52.41$$

$$\begin{aligned} K_{44}(3A2) &= \frac{\beta \cdot \alpha A}{H_m} \cdot LA_2 \cdot H_0 \cdot \left(H_m \cdot LA_1^2 - \frac{H_0 \cdot LA_1^2}{2} + H_m \cdot LA_1 \cdot LA_2 \right. \\ &\quad - \frac{H_0 \cdot LA_1 \cdot LA_2}{2} + \frac{H_m \cdot LA_2^2}{3} - \frac{H_0 \cdot LA_2^2}{6} \\ &\quad \left. - \frac{LA_1^2 \cdot LA_2}{2N} - \frac{2LA_1 \cdot LA_2^2}{3N} - \frac{LA_2^3}{4N} \right) = 1812.45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{45}(3A2) &= \frac{\beta \cdot \alpha A}{2H_m} \cdot LA_2 \cdot H_0 \cdot \left(H_m \cdot H_0 \cdot LA_1 - \frac{2H_0^2 \cdot LA_1}{3} + \frac{H_m \cdot H_0 \cdot LA_2}{2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_0^2 \cdot LA_2}{3} - \frac{H_0 \cdot LA_1 \cdot LA_2}{2N} - \frac{H_0 \cdot LA_2^2}{3N} \right) = 468.28 \end{aligned}$$

$$K_{55}(3A2) = \frac{\beta \cdot \alpha A}{H_m} \cdot LA_2 \cdot H_0 \cdot \left(\frac{H_m \cdot H_0^2}{3} - \frac{H_0^3}{4} - \frac{H_0^2 \cdot LA_2}{6N} \right) = 184.20$$

(b)B面 (側壁短辺側)



$$U_{3B} = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \iint h_i \cdot \delta v^2 \cdot dz \cdot dx$$

$$= kh/ks = 2.000$$

(1)区間

$$h_i = H_m - z$$

$$\delta v = v + \theta_1 \cdot x + \theta_2 \cdot z$$

$$U_{3B1} = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \int_0^{LB1} \int_0^{Ho} (H_m - z) (v + \theta_1 \cdot x + \theta_2 \cdot z)^2 \cdot dz \cdot dx$$

$$= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB1 \cdot Ho \left\{ \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) v^2 + LB1 \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) v \cdot \theta_1 \right.$$

$$+ Ho \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot Ho \right) v \cdot \theta_2$$

$$+ \frac{1}{6} \cdot LB1^2 (2H_m - Ho) \theta_1^2$$

$$+ Ho \cdot LB1 \left(\frac{H_m}{2} - \frac{Ho}{3} \right) \theta_1 \cdot \theta_2$$

$$\left. + Ho^2 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{Ho}{4} \right) \theta_2^2 \right\}$$

$$K_{22}(3B1) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot LB1 \cdot Ho \cdot \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) = 40.67$$

$$K_{24}(3B1) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB1^2 \cdot Ho \cdot \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) = 103.99$$

$$K_{25}(3B1) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB1 \cdot Ho^2 \left(H_m - \frac{2}{3} \cdot Ho \right) = 102.72$$

$$K_{44}(3B1) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot \frac{LB1^3 \cdot Ho}{6} \cdot (2H_m - Ho) = 354.48$$

$$K_{45}(3B1) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB1^2 \cdot Ho^2 \left(\frac{H_m}{2} - \frac{Ho}{3} \right) = 262.64$$

$$K_{55}(3B1) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot LB1 \cdot Ho^3 \left(\frac{H_m}{3} - \frac{Ho}{4} \right) = 378.96$$

(2)区間

$$h_i = H_m - \frac{x}{N} - z$$

$$\delta v = v + \theta_1(LB1 + x) + \theta_2 \cdot z$$

$$U_{3B2} = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \int_0^{LB2} \int_0^{H_o} \left(H_m - \frac{x}{N} - z \right) \left(v + \theta_1(LB1 + x) + \theta_2 \cdot z \right)^2 \cdot dz \cdot dx$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot \left\{ \left(H_m - \frac{H_o}{2} - \frac{LB2}{2N} \right) v^2 \right. \\ &\quad + \left(2H_m \cdot LB1 - H_o \cdot LB1 + H_m \cdot LB2 \right. \\ &\quad \quad \left. - \frac{H_o \cdot LB2}{2} - \frac{LB1 \cdot LB2}{N} - \frac{2LB2^2}{3N} \right) v \cdot \theta_1 \\ &\quad + \left(H_m \cdot H_o - \frac{2H_o^2}{3} - \frac{H_o \cdot LB2}{2N} \right) v \cdot \theta_2 \\ &\quad + \left(H_m \cdot LB1^2 - \frac{H_o \cdot LB1^2}{2} + H_m \cdot LB1 \cdot LB2 \right. \\ &\quad \quad \left. - \frac{H_o \cdot LB1 \cdot LB2}{2} + \frac{H_m \cdot LB2^2}{3} - \frac{H_o \cdot LB2^2}{6} \right. \\ &\quad \quad \left. - \frac{LB1^2 \cdot LB2}{2N} - \frac{2LB1 \cdot LB2^2}{3N} - \frac{LB2^3}{4N} \right) \theta_1^2 \\ &\quad + \left(H_m \cdot H_o \cdot LB1 - \frac{2H_o^2 \cdot LB1}{3} + \frac{H_m \cdot H_o \cdot LB2}{2} \right. \\ &\quad \quad \left. - \frac{H_o^2 \cdot LB2}{3} - \frac{H_o \cdot LB1 \cdot LB2}{2N} - \frac{H_o \cdot LB2^2}{3N} \right) \theta_1 \cdot \theta_2 \\ &\quad \left. + \left(\frac{H_m \cdot H_o^2}{3} - \frac{H_o^3}{4} - \frac{H_o^2 \cdot LB2}{6N} \right) \theta_2^2 \right\} \end{aligned}$$

$$K_{22}(3B2) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot \left(H_m - \frac{H_o}{2} - \frac{LB2}{2N} \right) = 10.96$$

$$\begin{aligned} K_{24}(3B2) &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot \left(2H_m \cdot LB1 - H_o \cdot LB1 + H_m \cdot LB2 \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_o \cdot LB2}{2} - \frac{LB1 \cdot LB2}{N} - \frac{2LB2^2}{3N} \right) = 63.99 \end{aligned}$$

$$K_{25}(3B2) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot \left(H_m \cdot H_o - \frac{2H_o^2}{3} - \frac{H_o \cdot LB2}{2N} \right) = 27.11$$

$$\begin{aligned} K_{44}(3B2) &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot \left(H_m \cdot LB1^2 - \frac{H_o \cdot LB1^2}{2} + H_m \cdot LB1 \cdot LB2 \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_o \cdot LB1 \cdot LB2}{2} + \frac{H_m \cdot LB2^2}{3} - \frac{H_o \cdot LB2^2}{6} \right. \\ &\quad \left. - \frac{LB1^2 \cdot LB2}{2N} - \frac{2LB1 \cdot LB2^2}{3N} - \frac{LB2^3}{4N} \right) = 375.63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{45}(3B2) &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot \left(H_m \cdot H_o \cdot LB1 - \frac{2H_o^2 \cdot LB1}{3} + \frac{H_m \cdot H_o \cdot LB2}{2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_o^2 \cdot LB2}{3} - \frac{H_o \cdot LB1 \cdot LB2}{2N} - \frac{H_o \cdot LB2^2}{3N} \right) = 158.09 \end{aligned}$$

$$K_{55}(3B2) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot LB2 \cdot H_o \cdot \left(\frac{H_m \cdot H_o^2}{3} - \frac{H_o^3}{4} - \frac{H_o^2 \cdot LB2}{6N} \right) = 98.46$$

(3) 区間

$$h_i = HB - \frac{x}{NB} - z$$

$$1B2 = LB1 + LB2$$

$$\delta v = v + \theta_1(1B2 + x) + \theta_2 \cdot z$$

$$\begin{aligned} U_{3B3} &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \int_0^{LB3} \int_0^{H_0} \left(HB - \frac{x}{NB} - z \right) \left(v + \theta_1(1B2 + x) + \theta_2 \cdot z \right)^2 \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB3 \cdot H_0 \cdot \left\{ \left(HB - \frac{H_0}{2} - \frac{LB3}{2NB} \right) v^2 \right. \\ &\quad + \left(2HB \cdot 1B2 - H_0 \cdot 1B2 + HB \cdot LB3 \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_0 \cdot LB3}{2} - \frac{1B2 \cdot LB3}{NB} - \frac{2LB3^2}{3NB} \right) v \cdot \theta_1 \\ &\quad + \left(HB \cdot H_0 - \frac{2H_0^2}{3} - \frac{H_0 \cdot LB3}{2NB} \right) v \cdot \theta_2 \\ &\quad + \left(HB \cdot 1B2^2 - \frac{H_0 \cdot 1B2^2}{2} + HB \cdot 1B2 \cdot LB3 \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_0 \cdot 1B2 \cdot LB3}{2} + \frac{HB \cdot LB3^2}{3} - \frac{H_0 \cdot LB3^2}{6} \right. \\ &\quad \left. - \frac{1B2^2 \cdot LB3}{2NB} - \frac{21B2 \cdot LB3^2}{3NB} - \frac{LB3^3}{4NB} \right) \theta_1^2 \\ &\quad + \left(HB \cdot H_0 \cdot 1B2 - \frac{2H_0^2 \cdot 1B2}{3} + \frac{HB \cdot H_0 \cdot LB3}{2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_0^2 \cdot LB3}{3} - \frac{H_0 \cdot 1B2 \cdot LB3}{2NB} - \frac{H_0 \cdot LB3^2}{3NB} \right) \theta_1 \cdot \theta_2 \\ &\quad \left. + \left(\frac{HB \cdot H_0^2}{3} - \frac{H_0^3}{4} - \frac{H_0^2 \cdot LB3}{6NB} \right) \theta_2^2 \right\} \end{aligned}$$

$$K_{22}(3B3) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot LB3 \cdot H_0 \cdot \left(HB - \frac{H_0}{2} - \frac{LB3}{2NB} \right) = 2.20$$

$$\begin{aligned} K_{24}(3B3) &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB3 \cdot H_0 \cdot \left(2HB \cdot 1B2 - H_0 \cdot 1B2 + HB \cdot LB3 \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_0 \cdot LB3}{2} - \frac{1B2 \cdot LB3}{NB} - \frac{2LB3^2}{3NB} \right) = 14.91 \end{aligned}$$

$$K_{25}(3B3) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB3 \cdot H_0 \cdot \left(HB \cdot H_0 - \frac{2H_0^2}{3} - \frac{H_0 \cdot LB3}{2NB} \right) = 5.03$$

$$\begin{aligned} K_{44}(3B3) &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot LB3 \cdot H_0 \cdot \left(HB \cdot 1B2^2 - \frac{H_0 \cdot 1B2^2}{2} + HB \cdot 1B2 \cdot LB3 \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_0 \cdot 1B2 \cdot LB3}{2} + \frac{HB \cdot LB3^2}{3} - \frac{H_0 \cdot LB3^2}{6} \right. \\ &\quad \left. - \frac{1B2^2 \cdot LB3}{2NB} - \frac{21B2 \cdot LB3^2}{3NB} - \frac{LB3^3}{4NB} \right) = 101.16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{45}(3B3) &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot LB3 \cdot H_0 \cdot \left(HB \cdot H_0 \cdot 1B2 - \frac{2H_0^2 \cdot 1B2}{3} + \frac{HB \cdot H_0 \cdot LB3}{2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{H_0^2 \cdot LB3}{3} - \frac{H_0 \cdot 1B2 \cdot LB3}{2NB} - \frac{H_0 \cdot LB3^2}{3NB} \right) = 34.09 \end{aligned}$$

$$K_{55}(3B3) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot LB3 \cdot H_0 \cdot \left(\frac{HB \cdot H_0^2}{3} - \frac{H_0^3}{4} - \frac{H_0^2 \cdot LB3}{6NB} \right) = 17.16$$

(4) 区間

$$h_i = H_0 - \frac{x}{NB} - z$$

$$1B3 = 1B1 + 1B2 + 1B3$$

$$\delta v = v + \theta_1(1B3 + x) + \theta_2 \cdot z$$

$$U_{3B4} = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \int_0^{1B4} \int_0^{H_0 - \frac{x}{NB}} \left(H_0 - \frac{x}{NB} - z \right) \left(v + \theta_1(1B3 + x) + \theta_2 \cdot z \right)^2 \cdot dz \cdot dx$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot 1B4 \left\{ \left(\frac{H_0^2}{2} + \frac{1B4^2}{6NB^2} - \frac{H_0 \cdot 1B4}{2NB} \right) v^2 \right. \\ &\quad + \left(H_0^2 \cdot 1B3 + \frac{H_0^2 \cdot 1B4}{2} + \frac{1B3 \cdot 1B4^2}{3NB^2} \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1B4^3}{4NB^2} - \frac{H_0 \cdot 1B3 \cdot 1B4}{NB} - \frac{2H_0 \cdot 1B4^2}{3NB} \right) v \cdot \theta_1 \right. \\ &\quad + \left(\frac{H_0^3}{3} - \frac{1B4^3}{12NB^3} + \frac{H_0 \cdot 1B4^2}{3NB^2} - \frac{H_0^2 \cdot 1B4}{2NB} \right) v \cdot \theta_2 \\ &\quad + \left(\frac{H_0^2 \cdot 1B3^2}{2} + \frac{H_0^2 \cdot 1B3 \cdot 1B4}{2} + \frac{H_0^2 \cdot 1B4^2}{6} \right. \\ &\quad + \frac{1B3^2 \cdot 1B4^2}{6NB^2} + \frac{1B3 \cdot 1B4^3}{4NB^2} + \frac{1B4^4}{10NB^2} \\ &\quad \left. - \frac{H_0 \cdot 1B3^2 \cdot 1B4}{2NB} - \frac{2H_0 \cdot 1B3 \cdot 1B4^2}{3NB} - \frac{H_0 \cdot 1B4^3}{4NB} \right) \theta_1^2 \\ &\quad + \left(\frac{H_0^3 \cdot 1B3}{3} + \frac{H_0^3 \cdot 1B4}{6} - \frac{1B3 \cdot 1B4^3}{12NB^3} \right. \\ &\quad - \frac{1B4^4}{15NB^3} + \frac{H_0 \cdot 1B3 \cdot 1B4^2}{3NB^2} + \frac{H_0 \cdot 1B4^3}{4NB^2} \\ &\quad \left. - \frac{H_0^2 \cdot 1B3 \cdot 1B4}{2NB} - \frac{H_0^2 \cdot 1B4^2}{3NB} \right) \theta_1 \cdot \theta_2 \\ &\quad + \left(\frac{H_0^4}{12} + \frac{1B4^4}{60NB^4} - \frac{H_0 \cdot 1B4^3}{12NB^3} \right. \\ &\quad \left. + \frac{H_0^2 \cdot 1B4^2}{6NB^2} - \frac{H_0^3 \cdot 1B4}{6NB} \right) \theta_2^2 \} \end{aligned}$$

$$K_{22}(3B4) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot 1B4 \cdot \left(\frac{H_0^2}{2} + \frac{1B4^2}{6NB^2} - \frac{H_0 \cdot 1B4}{2NB} \right) = 3.19$$

$$\begin{aligned} K_{24}(3B4) &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot 1B4 \cdot \left(H_0^2 \cdot 1B3 + \frac{H_0^2 \cdot 1B4}{2} + \frac{1B3 \cdot 1B4^2}{3NB^2} \right. \\ &\quad \left. + \frac{1B4^3}{4NB^2} - \frac{H_0 \cdot 1B3 \cdot 1B4}{NB} - \frac{2H_0 \cdot 1B4^2}{3NB} \right) = 23.86 \end{aligned}$$

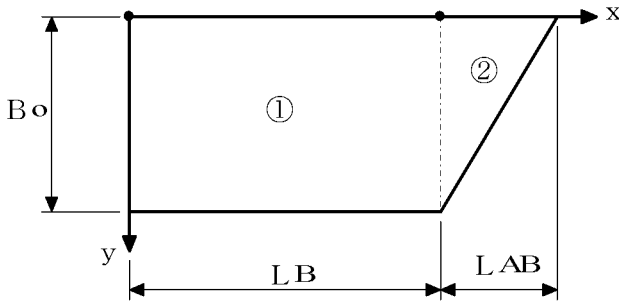
$$K_{25}(3B4) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2H_m} \cdot 1B4 \cdot \left(\frac{H_0^3}{3} - \frac{1B4^3}{12NB^3} + \frac{H_0 \cdot 1B4^2}{3NB^2} - \frac{H_0^2 \cdot 1B4}{2NB} \right) = 5.07$$

$$\begin{aligned} K_{44}(3B4) &= \frac{\beta \cdot \alpha B}{H_m} \cdot 1B4 \cdot \left(\frac{H_0^2 \cdot 1B3^2}{2} + \frac{H_0^2 \cdot 1B3 \cdot 1B4}{2} + \frac{H_0^2 \cdot 1B4^2}{6} \right. \\ &\quad + \frac{1B3^2 \cdot 1B4^2}{6NB^2} + \frac{1B3 \cdot 1B4^3}{4NB^2} + \frac{1B4^4}{10NB^2} \\ &\quad \left. - \frac{H_0 \cdot 1B3^2 \cdot 1B4}{2NB} - \frac{2H_0 \cdot 1B3 \cdot 1B4^2}{3NB} - \frac{H_0 \cdot 1B4^3}{4NB} \right) = 178.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K45(3B4) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{2Hm} \cdot LB4 \cdot \left(\frac{Ho^3 \cdot 1B3}{3} + \frac{Ho^3 \cdot LB4}{6} - \frac{1B3 \cdot LB4^3}{12NB^3} \right. \\
\left. - \frac{LB4^4}{15NB^3} + \frac{Ho \cdot 1B3 \cdot LB4^2}{3NB^2} + \frac{Ho \cdot LB4^3}{4NB^2} \right. \\
\left. - \frac{Ho^2 \cdot 1B3 \cdot LB4}{2NB} - \frac{Ho^2 \cdot LB4^2}{3NB} \right) = 37.38
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K55(3B4) = \frac{\beta \cdot \alpha B}{Hm} \cdot LB4 \cdot \left(\frac{Ho^4}{12} + \frac{LB4^4}{60NB^4} - \frac{Ho \cdot LB4^3}{12NB^3} \right. \\
\left. + \frac{Ho^2 \cdot LB4^2}{6NB^2} - \frac{Ho^3 \cdot LB4}{6NB} \right) = 12.88
\end{aligned}$$

3.4 底面のY軸方向の変位によるひずみエネルギー



$$U_4 = \frac{1}{2Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \iint \delta v^2 \cdot dy \cdot dx$$

(1)区間

$$\delta v = v + \theta_1 \cdot x$$

$$\begin{aligned} U_{41} &= \frac{1}{2Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \int_0^{LB} \int_0^{Bo} (v + \theta_1 \cdot x)^2 \cdot dy \cdot dx \\ &= \frac{1}{2Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot LB \cdot Bo \left(v^2 + LB \cdot v \cdot \theta_1 + \frac{LB^2}{3} \cdot \theta_1^2 \right) \end{aligned}$$

$$K_{22}(41) = \frac{1}{Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot LB \cdot Bo = 20.69$$

$$K_{24}(41) = \frac{1}{2Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot LB^2 \cdot Bo = 92.55$$

$$K_{44}(41) = \frac{1}{Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot \frac{LB^3 \cdot Bo}{3} = 551.87$$

(2)区間

$$\delta v = v + \theta_1 \cdot (LB + x)$$

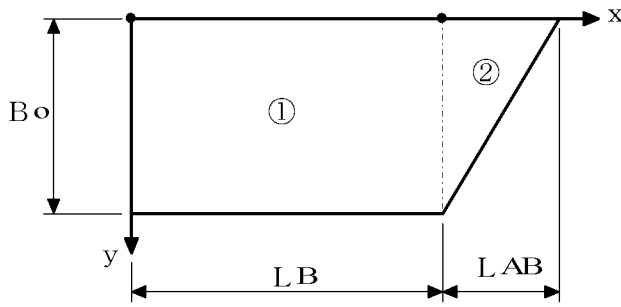
$$\begin{aligned} U_{42} &= \frac{1}{2Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \int_0^{LAB} \int_0^{Bo \left(1 - \frac{x}{LAB}\right)} (v + \theta_1 \cdot (LB + x))^2 \cdot dy \cdot dx \\ &= \frac{1}{2Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot LAB \cdot Bo \left(\frac{1}{2} \cdot v^2 + \frac{LAB + 3LB}{3} \cdot v \cdot \theta_1 \right. \\ &\quad \left. + \frac{LAB^2 + 4LAB \cdot LB + 6LB^2}{12} \cdot \theta_1^2 \right) \end{aligned}$$

$$K_{22}(42) = \frac{1}{2Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot LAB \cdot Bo = 2.44$$

$$K_{24}(42) = \frac{1}{6Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot LAB \cdot Bo \cdot (LAB + 3LB) = 23.56$$

$$K_{44}(42) = \frac{1}{12Hm} \left(\frac{Pv}{\gamma} + \frac{Pvi}{\gamma c} \right) \frac{1}{AC} \cdot LAB \cdot Bo \cdot (LAB^2 + 4LAB \cdot LB + 6LB^2) = 227.93$$

3.5 底面のZ軸方向の変位によるひずみエネルギー



$$U_5 = \frac{\beta_0}{2} \iint \delta \omega^2 \cdot dy \cdot dx$$

$$\alpha = kv/ks = 4.000$$

(1) 区間

$$\delta \omega = \omega + \theta_3 \cdot x + \theta_2 \cdot y$$

$$U_{51} = \frac{\beta_0}{2} \int_0^{LB} \int_0^{B_0} (\omega + \theta_3 \cdot x + \theta_2 \cdot y)^2 \cdot dy \cdot dx$$

$$= \frac{\beta_0}{2} \cdot LB \cdot B_0 (\omega^2 + B_0 \cdot \omega \cdot \theta_2 + LB \cdot \omega \cdot \theta_3 + \frac{B_0^2}{3} \cdot \theta_2^2 + \frac{B_0 \cdot LB}{2} \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 + \frac{LB^2}{3} \cdot \theta_3^2)$$

$$K_{33}(51) = \beta_0 \cdot LB \cdot B_0 = 207.51$$

$$K_{35}(51) = \frac{\beta_0}{2} \cdot LB \cdot B_0^2 = 601.79$$

$$K_{36}(51) = \frac{\beta_0}{2} \cdot LB \cdot B_0 \cdot LB = 928.04$$

$$K_{55}(51) = \frac{\beta_0}{3} \cdot LB \cdot B_0^3 = 2326.90$$

$$K_{56}(51) = \frac{\beta_0}{4} \cdot LB^2 \cdot B_0^2 = 2691.33$$

$$K_{66}(51) = \frac{\beta_0}{3} \cdot LB^3 \cdot B_0 = 5533.92$$

(2) 区間

$$\delta \omega = \omega + \theta_3 \cdot (LB + x) + \theta_2 \cdot y$$

$$\begin{aligned} U52 &= \frac{\beta_0}{2} \int_0^{LAB} \int_0^{Bo - \left(Bo \cdot \frac{x}{LAB}\right)} (\omega + \theta_3 \cdot (LB + x) + \theta_2 \cdot y)^2 \cdot dy \cdot dx \\ &= \frac{\beta_0}{2} \cdot LAB \cdot Bo \left(\frac{1}{2} \cdot \omega^2 + \frac{Bo}{3} \cdot \omega \cdot \theta_2 + \left(\frac{LAB}{3} + LB \right) \cdot \omega \cdot \theta_3 \right. \\ &\quad \left. + \frac{Bo^2}{12} \cdot \theta_2^2 + Bo \left(\frac{LAB}{12} + \frac{LB}{3} \right) \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{LAB^2}{12} + \frac{LAB \cdot LB}{3} + \frac{LB^2}{2} \right) \cdot \theta_3^2 \right) \end{aligned}$$

$$K33(52) = \frac{\beta_0}{2} \cdot LAB \cdot Bo = 24.49$$

$$K35(52) = \frac{\beta_0}{6} \cdot LAB \cdot Bo^2 = 47.34$$

$$K36(52) = \frac{\beta_0}{2} \cdot LAB \cdot Bo \cdot \left(\frac{LAB}{3} + LB \right) = 236.26$$

$$K55(52) = \frac{\beta_0}{12} \cdot LAB \cdot Bo^3 = 137.30$$

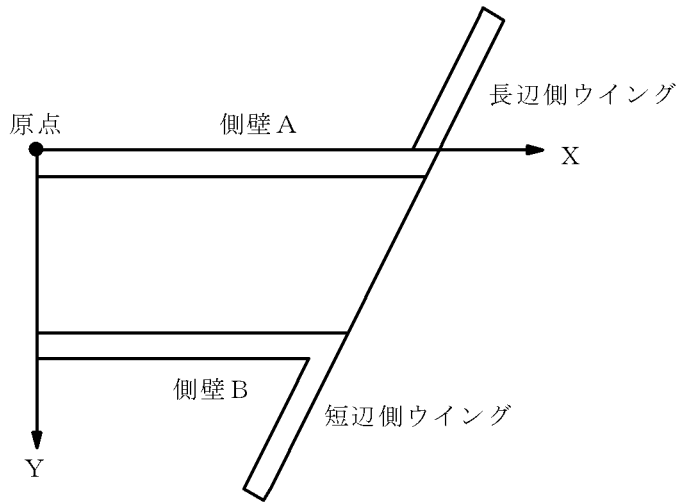
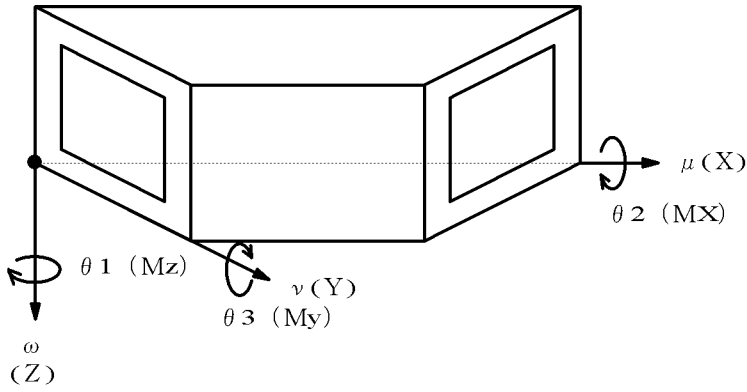
$$K56(52) = \frac{\beta_0}{2} \cdot LAB \cdot Bo^2 \cdot \left(\frac{LAB}{12} + \frac{LB}{3} \right) = 448.45$$

$$K66(52) = \beta_0 \cdot LAB \cdot Bo \cdot \left(\frac{LAB^2}{12} + \frac{LAB \cdot LB}{3} + \frac{LB^2}{2} \right) = 2285.57$$

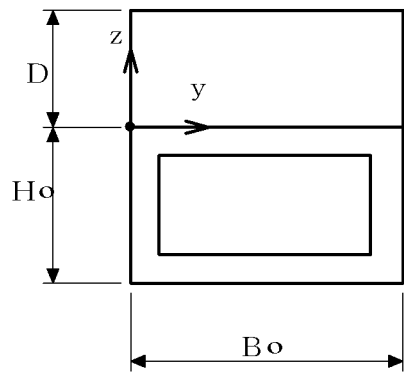
3.6 係数マトリクス

K11	=	88.55
K12 = K21	=	0.00
K13 = K31	=	0.00
K14 = K41	=	-239.55
K15 = K51	=	0.00
K16 = K61	=	161.44
K22	=	153.96
K23 = K32	=	0.00
K24 = K42	=	708.29
K25 = K52	=	322.88
K26 = K62	=	0.00
K33	=	232.00
K34 = K43	=	0.00
K35 = K53	=	649.13
K36 = K63	=	1164.31
K44	=	5706.39
K45 = K54	=	1432.03
K46 = K64	=	-405.79
K55	=	3637.44
K56 = K65	=	3139.78
K66	=	8406.11

4章 外力



4.1 縦方向の土圧



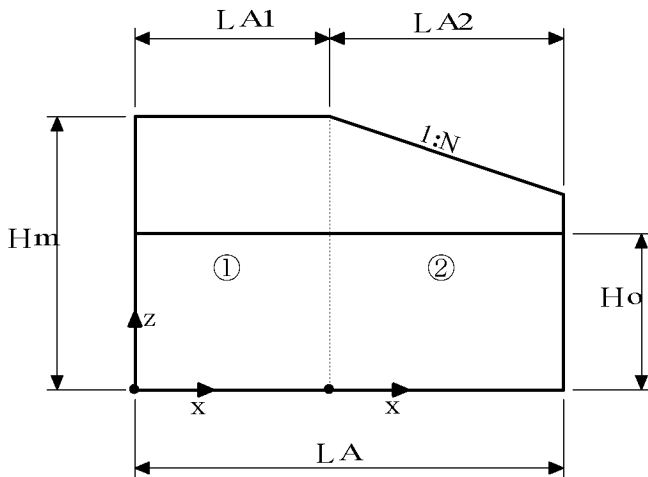
$$\begin{aligned}
 PX1 &= K_o \cdot \gamma \int_0^{B_o} \int_0^D (D - z) \cdot dz \cdot dy \\
 &= \frac{1}{2} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot B_o = 110.20 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MY1 &= K_o \cdot \gamma \int_0^{B_o} \int_0^D (D - z) \cdot (H_o + z) \cdot dz \cdot dy \\
 &= K_o \cdot \gamma \cdot B_o \cdot D^2 \left(\frac{D}{6} + \frac{H_o}{2} \right) = 773.24 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MZ1 &= - K_o \cdot \gamma \int_0^{B_o} \int_0^D (D - z) \cdot y \cdot dz \cdot dy \\
 &= - \frac{1}{4} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot B_o^2 = -319.58 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

4.2 直角方向の土圧

(a)A面（長辺側）



$$NN = 1/N = 0.522$$

(1)区間1

$$\begin{aligned} PY2A1 &= K_o \cdot \gamma \int_0^{LA1} \int_0^{Ho} (H_m - z) \cdot dz \cdot dx \\ &= K_o \cdot \gamma \cdot LA1 \cdot Ho \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) = 2255.35 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MX2A1 &= K_o \cdot \gamma \int_0^{LA1} \int_0^{Ho} (H_m - z) \cdot z \cdot dz \cdot dx \\ &= K_o \cdot \gamma \cdot LA1 \cdot Ho^2 \left(\frac{H_m}{2} - \frac{Ho}{3} \right) = 5696.30 \text{ (kN.m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MZ2A1 &= K_o \cdot \gamma \int_0^{LA1} \int_0^{Ho} (H_m - z) \cdot x \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{1}{2} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot LA1^2 \cdot Ho \left(H_m - \frac{Ho}{2} \right) = 8146.86 \text{ (kN.m)} \end{aligned}$$

(2)区間2

$$\begin{aligned} PY2A2 &= K_o \cdot \gamma \int_0^{LA2} \int_0^{Ho} (H_m - NN \cdot x - z) \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{1}{2} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot LA2 \cdot Ho (2H_m - Ho - LA2 \cdot NN) = 964.87 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MX2A2 &= K_o \cdot \gamma \int_0^{LA2} \int_0^{Ho} (H_m - NN \cdot x - z) \cdot z \cdot dz \cdot dx \\ &= K_o \cdot \gamma \cdot LA2 \cdot Ho^2 \left\{ \frac{1}{6} (3H_m - 2Ho) - \frac{1}{4} \cdot LA2 \cdot NN \right\} = 2286.90 \text{ (kN.m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MZ2A2 &= K_o \cdot \gamma \int_0^{LA2} \int_0^{Ho} (H_m - NN \cdot x - z) \cdot x \cdot dz \cdot dx \\ &= \frac{1}{12} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot LA2^2 \cdot Ho (6H_m - 3Ho - 4LA2 \cdot NN) = 1700.67 \text{ (kN.m)} \end{aligned}$$

(3)活荷重による水平荷重

$$pHI : \text{活荷重による水平荷重} = 5.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$PYL = pHI \cdot Ho \cdot LA = 351.01 \text{ (kN)}$$

$$MXL = PYL \cdot Ho/2 = 1114.46 \text{ (kN.m)}$$

$$MZL = PYL \cdot LA/2 = 1940.31 \text{ (kN.m)}$$

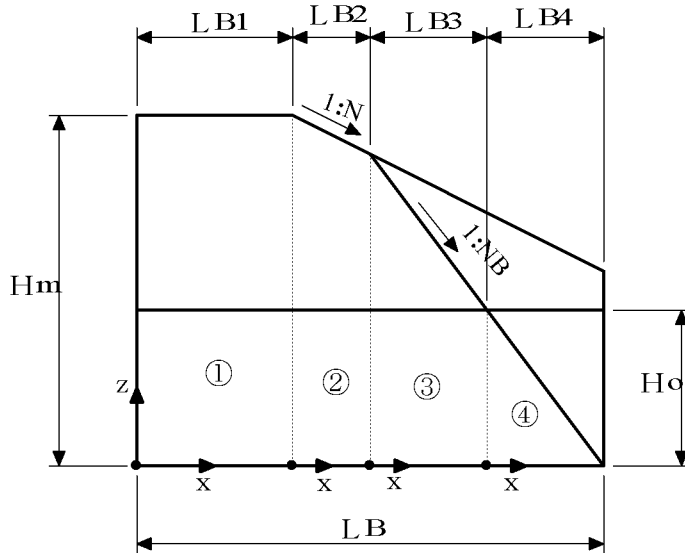
(4)外力集計

$$PY2A = PY2A1 + PY2A2 + PYL = 3571.24 \text{ (kN)}$$

$$MX2A = MX2A1 + MX2A2 + MXL = 9097.67 \text{ (kN.m)}$$

$$MZ2A = MZ2A1 + PY2A2 \cdot LA1 + MZ2A2 + MZL = 18758.55 \text{ (kN.m)}$$

(b)B面 (短辺側)



$$NN = 1/N, \quad NNB = 1/NB$$

(1)区間1

$$PY2B1 = K_o \cdot \gamma \int_0^{LB1} \int_0^{Ho} (Hm - z) \cdot dz \cdot dx$$

$$= K_o \cdot \gamma \cdot LB1 \cdot Ho \left(Hm - \frac{Ho}{2} \right) = 1596.33 \text{ (kN)}$$

$$MX2B1 = K_o \cdot \gamma \int_0^{LB1} \int_0^{Ho} (Hm - z) \cdot z \cdot dz \cdot dx$$

$$= K_o \cdot \gamma \cdot LB1 \cdot Ho^2 \left(\frac{Hm}{2} - \frac{Ho}{3} \right) = 4031.81 \text{ (kN.m)}$$

$$MZ2B1 = K_o \cdot \gamma \int_0^{LB1} \int_0^{Ho} (Hm - z) \cdot x \cdot dz \cdot dx$$

$$= \frac{1}{2} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot LB1^2 \cdot Ho \left(Hm - \frac{Ho}{2} \right) = 4081.36 \text{ (kN.m)}$$

(2)区間2

$$PY2B2 = K_o \cdot \gamma \int_0^{LB2} \int_0^{Ho} (Hm - NN \cdot x - z) \cdot dz \cdot dx$$

$$= \frac{1}{2} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot LB2 \cdot Ho (2Hm - Ho - LB2 \cdot NN) = 430.21 \text{ (kN)}$$

$$MX2B2 = K_o \cdot \gamma \int_0^{LB2} \int_0^{Ho} (Hm - NN \cdot x - z) \cdot z \cdot dz \cdot dx$$

$$= K_o \cdot \gamma \cdot LB2 \cdot Ho^2 \left\{ \frac{1}{6} (3Hm - 2Ho) - \frac{1}{4} \cdot LB2 \cdot NN \right\} = 1063.87 \text{ (kN.m)}$$

$$MZ2B2 = K_o \cdot \gamma \int_0^{LB2} \int_0^{Ho} (Hm - NN \cdot x - z) \cdot x \cdot dz \cdot dx$$

$$= \frac{1}{12} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot LB2^2 \cdot Ho (6Hm - 3Ho - 4LB2 \cdot NN) = 311.83 \text{ (kN.m)}$$

(3) 区間3

$$\begin{aligned}
 \text{PY2B3} &= K_o \cdot \gamma \int_0^{\text{LB3}} \int_0^{\text{Ho}} (\text{Hm} - \text{NN} \cdot \text{LB2} - \text{NNB} \cdot x - z) \cdot dz \cdot dx \\
 &= \frac{1}{2} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot \text{LB3} \cdot \text{Ho} (2\text{Hm} - \text{Ho} - 2\text{LB2} \cdot \text{NN} - \text{LB3} \cdot \text{NNB}) = 86.29 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MX2B3} &= K_o \cdot \gamma \int_0^{\text{LB3}} \int_0^{\text{Ho}} (\text{Hm} - \text{NN} \cdot \text{LB2} - \text{NNB} \cdot x - z) \cdot z \cdot dz \cdot dx \\
 &= \frac{1}{24} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot \text{LB3} \cdot \text{Ho}^2 (12\text{Hm} - 8\text{Ho} - 12\text{LB2} \cdot \text{NN} - 6\text{LB3} \cdot \text{NNB}) = 197.39 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MZ2B3} &= K_o \cdot \gamma \int_0^{\text{LB3}} \int_0^{\text{Ho}} (\text{Hm} - \text{NN} \cdot \text{LB2} - \text{NNB} \cdot x - z) \cdot x \cdot dz \cdot dx \\
 &= \frac{1}{12} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot \text{LB3}^2 \cdot \text{Ho} (6\text{Hm} - 3\text{Ho} - 6\text{LB2} \cdot \text{NN} - 4\text{LB3} \cdot \text{NNB}) = 15.42 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

(4) 区間4

$$\begin{aligned}
 \text{PY2B4} &= K_o \cdot \gamma \int_0^{\text{LB4}} \int_0^{\text{Ho} - \text{NNB} \cdot x} (\text{Ho} - \text{NNB} \cdot x - z) \cdot dz \cdot dx \\
 &= \frac{1}{6} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot \text{LB4} (3\text{Ho}^2 - 3\text{Ho} \cdot \text{LB4} \cdot \text{NNB} + \text{LB4}^2 \cdot \text{NNB}^2) = 125.34 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MX2B4} &= K_o \cdot \gamma \int_0^{\text{LB4}} \int_0^{\text{Ho} - \text{NNB} \cdot x} (\text{Ho} - \text{NNB} \cdot x - z) \cdot z \cdot dz \cdot dx \\
 &= \frac{1}{24\text{NNB}} \cdot K_o \cdot \gamma \left\{ \text{Ho}^4 - (\text{Ho} - \text{LB4} \cdot \text{NNB})^4 \right\} = 198.97 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MZ2B4} &= K_o \cdot \gamma \int_0^{\text{LB4}} \int_0^{\text{Ho} - \text{NNB} \cdot x} (\text{Ho} - \text{NNB} \cdot x - z) \cdot x \cdot dz \cdot dx \\
 &= \frac{1}{24} \cdot K_o \cdot \gamma \cdot \text{LB4}^2 (6\text{Ho}^2 - 8\text{Ho} \cdot \text{LB4} \cdot \text{NNB} + 3\text{LB4}^2 \cdot \text{NNB}^2) \\
 &= 61.51 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

(5) 外力集計

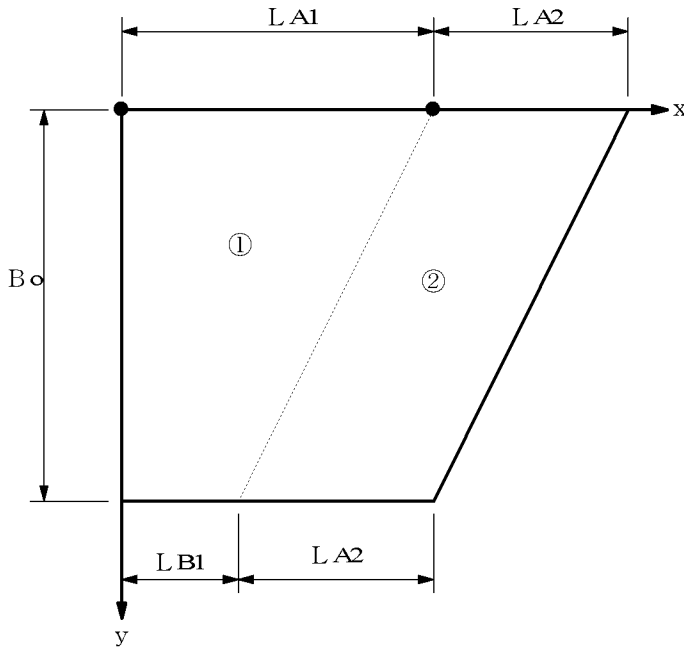
$$\text{PY2B} = -(\text{PY2B1} + \text{PY2B2} + \text{PY2B3} + \text{PY2B4}) = -2238.16 \text{ (kN)}$$

$$\text{MX2B} = -(\text{MX2B1} + \text{MX2B2} + \text{MX2B3} + \text{MX2B4}) = -5492.05 \text{ (kN.m)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MZ2B} &= -(\text{MZ2B1} + \text{MZ2B2} + \text{PY2B2} \cdot \text{IB2} + \text{MZ2B3} + \text{PY2B3} \cdot \text{IB3} + \text{MZ2B4} + \text{PY2B4} \cdot \text{IB4}) \\
 &= -8114.82 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

$$\text{IB2} = \text{LB1}, \text{IB3} = \text{LB1} + \text{LB2}, \text{IB4} = \text{LB1} + \text{LB2} + \text{LB3}$$

4.3 上載土砂による鉛直土圧



(1) 区間

$$\begin{aligned}
 PZ31 &= \alpha \cdot \gamma \cdot D \int_0^{Bo} \left(LA1 - \frac{LA1 - LB1}{Bo} \cdot y \right) \cdot dy \\
 &= \alpha \cdot \gamma \cdot D \cdot Bo \left(\frac{LA1 + LB1}{2} \right) = 1436.59 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MX31 &= \alpha \cdot \gamma \cdot D \int_0^{Bo} \left(LA1 - \frac{LA1 - LB1}{Bo} \cdot y \right) \cdot y \cdot dy \\
 &= \frac{\alpha \cdot \gamma \cdot D}{6} \cdot Bo^2 (LA1 + 2LB1) = 3928.50 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MY31 &= \alpha \cdot \gamma \cdot D \int_0^{Bo} \frac{1}{2} \left(LA1 - \frac{LA1 - LB1}{Bo} \cdot y \right)^2 \cdot dy \\
 &= \frac{\alpha \cdot \gamma \cdot D}{6} \cdot Bo (LA1^2 + LA1 \cdot LB1 + LB1^2) = 4474.37 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

(2) 区間

$$\begin{aligned}
 PZ32 &= \alpha \cdot \gamma \cdot Bo \int_0^{LA2} (D - NN \cdot x) \cdot dx \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot Bo \cdot LA2 \cdot D = 446.07 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MX32 &= \alpha \cdot \gamma \cdot Bo \int_0^{LA2} (D - NN \cdot x) \cdot \frac{Bo}{2} \cdot dx \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot Bo^2 \cdot LA2 \cdot D = 1293.61 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MY32 &= \alpha \cdot \gamma \int_0^{LA2} \int_0^{Bo} (D - NN \cdot x) \left(x + LA1 - \frac{LA1 - LB1}{Bo} \cdot y \right) \cdot dy \cdot dx \\
 &= \frac{1}{12} \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot Bo \cdot LA2 \cdot D (3LA1 + 3LB1 + 2LA2) = 3321.46 \text{ (kN.m)}
 \end{aligned}$$

$$D = NN \cdot LA2$$

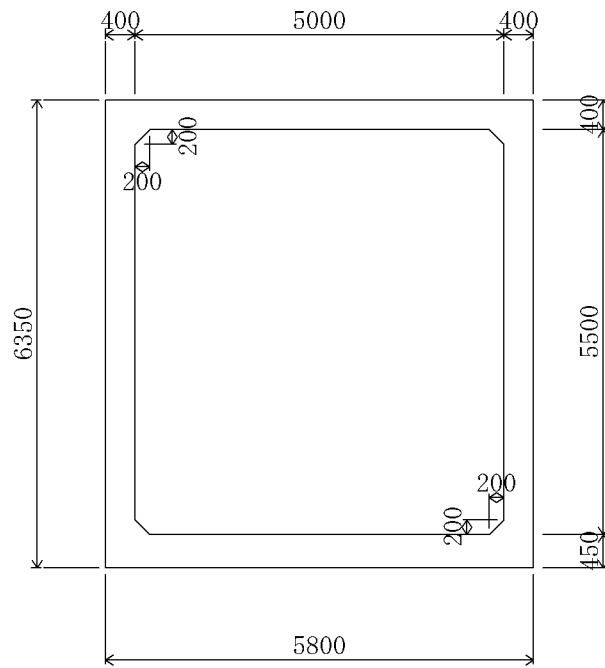
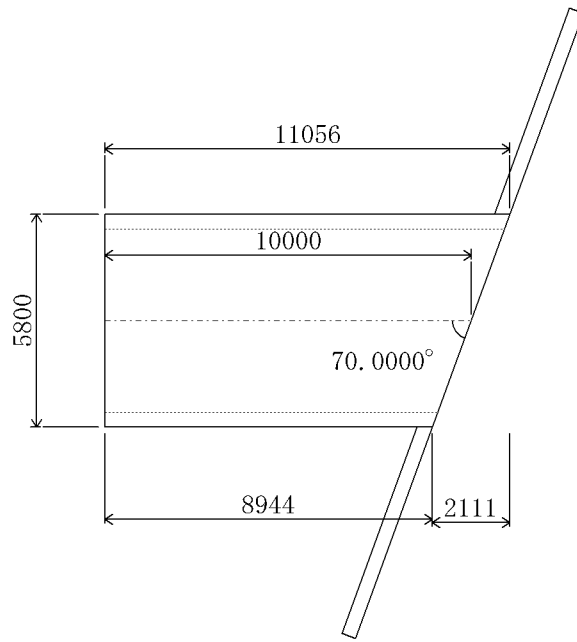
(3)外力集計

$$PZ3 = PZ31 + PZ32 = 1882.66 \text{ (kN)}$$

$$MX3 = MX31 + MX32 = 5222.11 \text{ (kN.m)}$$

$$MY3 = MY31 + MY32 = 7795.82 \text{ (kN.m)}$$

4.4 カルバート自重



		V(m ³)	X(m)	Y(m)
頂版	1	5.800 · 8.944 · 0.400 = 20.751	4.472	2.900
	2	(1/2) · 2.111 · 5.800 · 0.400 = 2.449	9.648	1.933
底板	1	5.800 · 8.944 · 0.450 = 23.345	4.472	2.900
	2	(1/2) · 2.111 · 5.800 · 0.450 = 2.755	9.648	1.933
側壁長辺側	1	0.400 · 10.910 · 5.500 = 24.002	5.455	0.200
	2	(1/2) · 0.146 · 0.400 · 5.500 = 0.160	10.958	0.133
側壁短辺側	1	0.400 · 8.944 · 5.500 = 19.678	4.472	5.600
	2	(1/2) · 0.146 · 0.400 · 5.500 = 0.160	8.993	5.533
上ハンチ	1	(1/2) · 0.200 · 0.200 · 10.837 = 0.217	5.419	0.467
	2	(1/3) · 0.200 · 0.200 · 0.073 = 0.001	10.864	0.450
	3	(1/2) · 0.200 · 0.200 · 9.090 = 0.182	4.545	5.333
	4	(1/6) · 0.200 · 0.200 · 0.073 = 0.000	9.108	5.300
下ハンチ	1	(1/2) · 0.200 · 0.200 · 10.837 = 0.217	5.419	0.467
	2	(1/3) · 0.200 · 0.200 · 0.073 = 0.001	10.864	0.450
	3	(1/2) · 0.200 · 0.200 · 9.090 = 0.182	4.545	5.333
	4	(1/6) · 0.200 · 0.200 · 0.073 = 0.000	9.108	5.300

PZ4 = (Vi) · c = 2305.45 (kN)

MY4 = (Vi · xi) · c = 11602.60 (kN.m)

MX4 = (Vi · yi) · c = 6271.79 (kN.m)

4.5 ウイング

(1)長辺側

土圧によるウイング付根における断面力

$$SDA = 417.29 \text{ (kN)}$$

$$MDA = 848.31 \text{ (kN.m)}$$

活荷重によるウイング付根における断面力

$$SLA = 10.37 \text{ (kN)}$$

$$MLA = 20.49 \text{ (kN.m)}$$

$$SWA = SDA + SLA = 427.66 \text{ (kN)}$$

$$MWA = MDA + MLA = 868.80 \text{ (kN.m)}$$

$$W = 70.0000 \text{ (度)}$$

$$PX5A = SWA \cdot \sin W = 401.87 \text{ (kN)}$$

$$PY5A = SWA \cdot \cos W = 146.27 \text{ (kN)}$$

(2)短辺側

土圧によるウイング付根における断面力

$$SDB = 417.29 \text{ (kN)}$$

$$MDB = 848.31 \text{ (kN.m)}$$

$$SWB = SDB = 417.29 \text{ (kN)}$$

$$MWB = MDB = 848.31 \text{ (kN.m)}$$

$K = \sin W - \cos W = 0.59767$: ウイングが側壁に近接することによる土圧の低減率

$$PX5B = SWB \cdot \sin W \cdot K = 234.36 \text{ (kN)}$$

$$PY5B = SWB \cdot \cos W \cdot K = 85.30 \text{ (kN)}$$

(3)外力集計

$$PX5 = PX5A + PX5B = 636.23 \text{ (kN)}$$

$$PY5 = PY5A + PY5B = 231.57 \text{ (kN)}$$

$$MZ5 = MWA - MWB \cdot K + PY5A \cdot LA + PY5B \cdot LB - PX5B \cdot Bo = 1382.54 \text{ (kN.m)}$$

$$MX5 = PY5 \cdot Ho/2 = 735.23 \text{ (kN.m)}$$

$$MY5 = PX5 \cdot Ho/2 = 2020.04 \text{ (kN.m)}$$

4.6 外力集計

$$\begin{aligned}PX &= PX1 + PX5 &&= 746.43 \text{ (kN)} \\PY &= PY1 + PY2A + PY2B + PY5 &&= 1564.64 \text{ (kN)} \\PZ &= PZ3 + PZ4 &&= 4188.11 \text{ (kN)} \\M1 &= MZ = MZ1 + MZ2 + MZ5 &&= 11706.68 \text{ (kN.m)} \\M2 &= MX = MX2 + MX3 + MX4 + MX5 &&= 15834.76 \text{ (kN.m)} \\M3 &= MY = MY1 + MY3 + MY4 + MY5 &&= 22191.69 \text{ (kN.m)}\end{aligned}$$

5章 設計荷重

5.1 原点変位

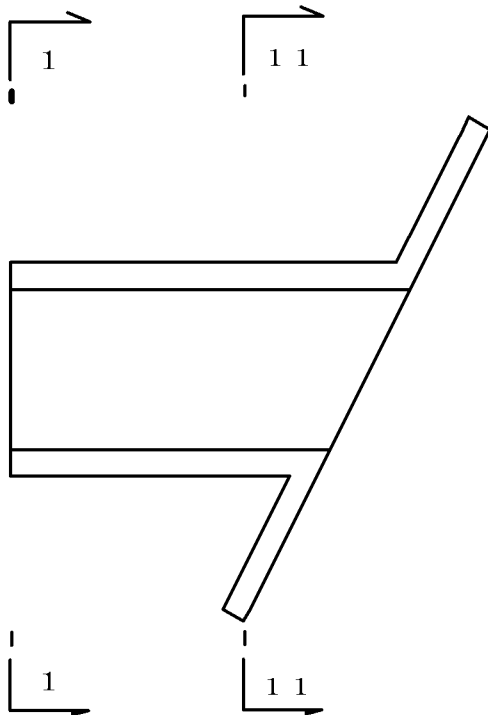
原点における変位と外力の関係は次式で表される。

$$\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \\ \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ & 1 & & & & \\ & & 1 & & & \\ & & & K_s & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K11 & K12 & K13 & K14 & K15 & K16 \\ K21 & K22 & K23 & K24 & K25 & K26 \\ K31 & K32 & K33 & K34 & K35 & K36 \\ K41 & K42 & K43 & K44 & K45 & K46 \\ K51 & K52 & K53 & K54 & K55 & K56 \\ K61 & K62 & K63 & K64 & K65 & K66 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{bmatrix}$$

上式から、原点変位を求める。

$$\begin{aligned} x &= 1.84742 \text{ (m)} \\ y &= -0.85210 \text{ (m)} \\ z &= 1.59899 \text{ (m)} \\ \theta_1 &= 0.36548 \text{ (rad)} \\ \theta_2 &= 0.08917 \text{ (rad)} \\ \theta_3 &= -0.00862 \text{ (rad)} \end{aligned}$$

5.2 土圧および底面反力



土被りの最大断面(1-1)と側壁短辺側の受働土圧が最大となる断面(11-11)について作用土圧、底面反力を求める。

(1) 頂版に作用する鉛直土圧

$$p_v = \alpha \cdot D \cdot \gamma$$

ここに、 p_v : 頂版に作用する鉛直土圧強度 (kN/m²)

D : 土被り厚

γ : 盛土の単位重 = 19.00 (kN/m³)

α : 鉛直土圧係数

$$\alpha = 1.0 + 0.207 \left(\frac{D}{B_0} \right) - 0.0143 \left(\frac{D}{B_0} \right)^2$$

B_0 : カルバート全幅 = 5.800 (m)

1)1-1断面

$$D = 2.000 \text{ (m)}, \quad = 1.070$$

$$p_v = 40.648 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

2)11-11断面

側壁長辺側

$$D = 2.000 \text{ (m)}, \quad = 1.070$$

$$p_v = 40.648 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{等分布幅} = 1.706 \text{ (m)}$$

側壁短辺側

$$D = 1.222 \text{ (m)}, \quad = 1.043$$

$$p_v = 24.218 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(2)側壁に作用する水平土圧

一次土圧

$$p_{1i} = K_o \cdot h_i \cdot$$

ここに、 p_{1i} : i 番目の着目点における水平土圧強度(kN/m²)

K_o : 水平土圧係数 = 0.500

h_i : i 番目の着目点における地表面からの深さ

二次土圧

側壁長辺側

$$p_{2i} = \delta_i \cdot \frac{h_i}{H_m} \cdot K_s \cdot \beta \cdot \alpha A$$

側壁短辺側

$$p_{2i} = \delta_i \cdot \frac{h_i}{H_m} \cdot K_s \cdot \beta \cdot \alpha B$$

ここに、 p_{2i} : i 番目の着目点における水平土圧強度(kN/m²)

i : i 番目の着目点におけるY方向変位(m)

$$i = y + \theta_1 \cdot X + \theta_2 \cdot y_i$$

X : 着目点のX座標(m)

y_i : i 番目の着目点の底面からの高さ(m)

y : 原点のY方向変位 = -0.8521 (m)

θ_1 : 原点のZ軸回りの回転角 = 0.3655 (rad)

θ_2 : 原点のX軸回りの回転角 = 0.0892 (rad)

H_m : 地表面から底面までの深さ(m)

αA : $\sqrt{AC/AA} = 0.909$

αB : $\sqrt{AC/AB} = 1.011$

AC : 底面の面積 = 58.000 (m²)

AA : 側壁長辺側の面積 = 70.203 (m²)

AB : 側壁短辺側の面積 = 56.797 (m²)

K_s : = 10.0 (kN/m³)

: $kh/ks = 2.000$

活荷重による水平荷重

$$p_{HI} = 5.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

側壁長辺側のみ考慮する。

合成

側壁長辺側

$$p_{Hi} = p_{1i} - p_{2i} + p_{HI}$$

側壁短辺側

$$p_{Hi} = p_{1i} + p_{2i}$$

1)1-1断面

X = 0.000 (m)

側壁長辺側

	y (m)	h (m)	p1 (kN/m ²)	p2 (kN/m ²)	pH (kN/m ²)
1	6.350	2.000	19.000	-1.245	25.245
2	5.556	2.794	26.541	-2.169	33.710
3	4.762	3.587	34.081	-3.339	42.420
4	3.969	4.381	41.622	-4.752	51.374
5	3.175	5.175	49.162	-6.411	60.573
6	2.381	5.969	56.703	-8.314	70.017
7	1.587	6.762	64.244	-10.461	79.705
8	0.794	7.556	71.784	-12.853	89.638
9	0.000	8.350	79.325	-15.490	99.815

側壁短辺側

	y (m)	h (m)	p1 (kN/m ²)	p2 (kN/m ²)	pH (kN/m ²)
1	6.350	2.000	19.000	-1.384	17.616
2	5.556	2.794	26.541	-2.412	24.129
3	4.762	3.587	34.081	-3.712	30.370
4	3.969	4.381	41.622	-5.283	36.338
5	3.175	5.175	49.162	-7.127	42.035
6	2.381	5.969	56.703	-9.243	47.460
7	1.587	6.762	64.244	-11.630	52.613
8	0.794	7.556	71.784	-14.290	57.495
9	0.000	8.350	79.325	-17.221	62.104

2)11-11断面

X = 6.604 (m)

側壁長辺側

	y (m)	h (m)	p1 (kN/m ²)	p2 (kN/m ²)	pH (kN/m ²)
1	6.350	2.000	19.000	9.264	14.736
2	5.556	2.794	26.541	12.510	19.031
3	4.762	3.587	34.081	15.511	23.570
4	3.969	4.381	41.622	18.268	28.354
5	3.175	5.175	49.162	20.780	33.382
6	2.381	5.969	56.703	23.048	38.655
7	1.587	6.762	64.244	25.071	44.173
8	0.794	7.556	71.784	26.850	49.935
9	0.000	8.350	79.325	28.383	55.942

側壁短辺側

	y (m)	h (m)	p1 (kN/m ²)	p2 (kN/m ²)	pH (kN/m ²)
1	6.350	1.222	11.610	6.940	18.550
2	5.556	2.016	19.151	11.066	30.217
3	4.762	2.810	26.691	14.893	41.584
4	3.969	3.603	34.232	18.420	52.652
5	3.175	4.397	41.773	21.647	63.419
6	2.381	5.191	49.313	24.574	73.887
7	1.587	5.985	56.854	27.201	84.055
8	0.794	6.778	64.394	29.528	93.923
9	0.000	7.572	71.935	31.555	103.491

(3)底面反力

$$q = (z + \alpha_3 \cdot X + \alpha_2 \cdot Y) \cdot Ks \cdot \sigma_0$$

ここに、q : 着目点における底面反力度(kN/m²)

X : 着目点のX座標(m)

Y : 着目点のY座標(m)

z : 原点のZ方向変位 = 1.5990 (m)

θ_2 : 原点のX軸回りの回転角 = 0.0892 (rad)
 θ_3 : 原点のY軸回りの回転角 = -0.0086 (rad)
 K_s : = 10.0 (kN/m³)
 α : kv/ks = 4.000

1) 1-1断面

X = 0.000 (m)

側壁長辺側

Y = 0.000 (m)

q = 63.960 (kN/m²)

側壁短辺側

Y = 5.800 (m)

q = 84.646 (kN/m²)

2) 11-11断面

X = 6.604 (m)

側壁長辺側

Y = 0.000 (m)

q = 61.683 (kN/m²)

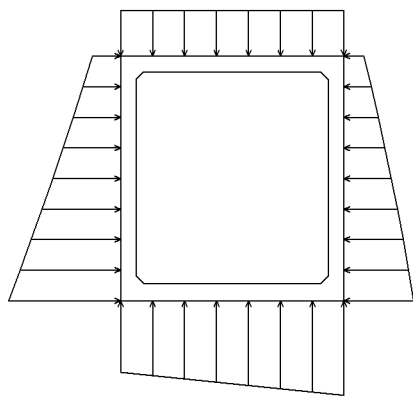
側壁短辺側

Y = 5.800 (m)

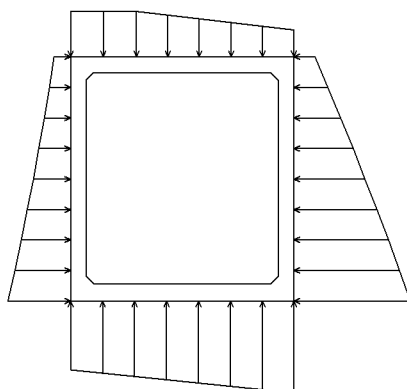
q = 82.370 (kN/m²)

(4) 荷重図

1-1断面



11-11断面



5.3 柱頭せん断力

$$SH = M/h$$

$$M = PA \cdot y_A - PB \cdot y_B$$

$$= MX2A + MX2B + (PY5A + PY5B) \cdot (Ho/2) - (y \cdot K52 + 1 \cdot K54 + 2 \cdot K55') \cdot Ks$$

$$= 812.22 \text{ (kN.m)}$$

$$MX2A = 9097.67 \text{ (kN.m)}$$

$$MX2B = -5492.05 \text{ (kN.m)}$$

$$PY5A = 146.27 \text{ (kN)}$$

$$PY5B = 85.30 \text{ (kN)}$$

$$y = -0.85210 \text{ (m)}$$

$$\theta_1 = 0.36548 \text{ (rad)}$$

$$\theta_2 = 0.08917 \text{ (rad)}$$

$$Ks = 10.0 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$K52 = 322.88$$

$$K54 = 1432.03$$

$$K55' = K55(3A) + K55(3B) = 665.79 + 507.46 = 1173.25$$

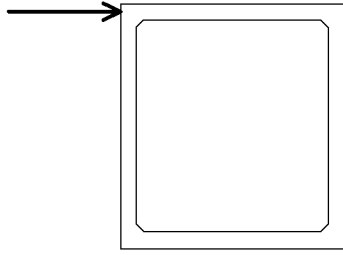
$$Ho = 6.350 \text{ (m) (カルバート全高)}$$

h : 底面から頂版部材厚中心までの高さ(m)

頂版厚 T1 = 0.400 (m)より、

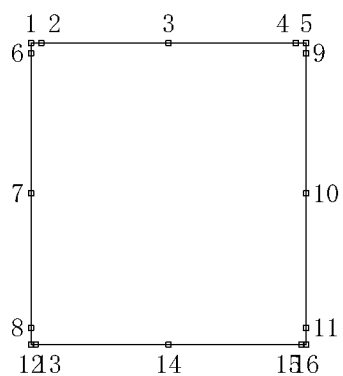
$$h = Ho - T1/2 = 6.150 \text{ (m)}$$

$$SH = M/h = 132.068 \text{ (kN)}$$



6章 構造解析モデル

6.1 骨組図



6.2 格点

No	X(m)	Y(m)	No	X(m)	Y(m)
1	0.000	5.925	9	5.400	5.725
2	0.200	5.925	10	5.400	2.962
3	2.700	5.925	11	5.400	0.325
4	5.200	5.925	12	0.000	0.000
5	5.400	5.925	13	0.087	0.000
6	0.000	5.725	14	2.700	0.000
7	0.000	2.962	15	5.313	0.000
8	0.000	0.325	16	5.400	0.000

6.3 部材

(1)解析モデル1：1-1, 11-11断面

奥行き1m当たりのモデルとする。

$$A = 1.0 \times \text{部材厚}$$

$$I = 1.0 \times \text{部材厚}^3 / 12$$

No	始点	終点	始点		終点	
			A(m ²)	I(m ⁴)	A(m ²)	I(m ⁴)
1	1	2	剛域	剛域	剛域	剛域
2	2	3	0.4000	0.0053	0.4000	0.0053
3	3	4	0.4000	0.0053	0.4000	0.0053
4	4	5	剛域	剛域	剛域	剛域
5	1	6	剛域	剛域	剛域	剛域
6	6	7	0.4000	0.0053	0.4000	0.0053
7	7	8	0.4000	0.0053	0.4000	0.0053
8	8	12	剛域	剛域	剛域	剛域
9	5	9	剛域	剛域	剛域	剛域
10	9	10	0.4000	0.0053	0.4000	0.0053
11	10	11	0.4000	0.0053	0.4000	0.0053
12	11	16	剛域	剛域	剛域	剛域
13	12	13	剛域	剛域	剛域	剛域
14	13	14	0.4500	0.0076	0.4500	0.0076
15	14	15	0.4500	0.0076	0.4500	0.0076
16	15	16	剛域	剛域	剛域	剛域

(2)解析モデル2：柱頭せん断力

$$\text{側壁長辺側の有効長 } LA' = LA - (LA - LB) / 2 = 10.000 \text{ (m)}$$

$$\text{側壁短辺側の有効長 } LB = 8.944 \text{ (m)}$$

長辺側の側壁、頂版、底版

$$A = LA' \times \text{部材厚}$$

$$I = LA' \times \text{部材厚}^3 / 12$$

短辺側の側壁、頂版、底版

$$A = LB \times \text{部材厚}$$

$$I = LB \times \text{部材厚}^3 / 12$$

中間点の頂版、底版

$$A = (1/2) \times (LA' + LB) \times \text{部材厚}$$

$$I = (1/24) \times (LA' + LB) \times \text{部材厚}^3$$

No	始点	終点	始点		終点	
			A(m ²)	I(m ⁴)	A(m ²)	I(m ⁴)
1	1	2	剛域	剛域	剛域	剛域
2	2	3	4.0000	0.0533	3.7889	0.0505
3	3	4	3.7889	0.0505	3.5778	0.0477
4	4	5	剛域	剛域	剛域	剛域
5	1	6	剛域	剛域	剛域	剛域

No	始点	終点	始点		終点	
			A(m ²)	I(m ⁴)	A(m ²)	I(m ⁴)
6	6	7	4.0000	0.0533	4.0000	0.0533
7	7	8	4.0000	0.0533	4.0000	0.0533
8	8	12	剛域	剛域	剛域	剛域
9	5	9	剛域	剛域	剛域	剛域
10	9	10	3.5778	0.0477	3.5778	0.0477
11	10	11	3.5778	0.0477	3.5778	0.0477
12	11	16	剛域	剛域	剛域	剛域
13	12	13	剛域	剛域	剛域	剛域
14	13	14	4.5000	0.0759	4.2625	0.0719
15	14	15	4.2625	0.0719	4.0250	0.0679
16	15	16	剛域	剛域	剛域	剛域

6.4 支点

(1)解析モデル1 : 1-1, 11-11断面

1)1-1断面

格点	鉛直	水平	回転
1	自由	自由	自由
5	自由	固定	自由
12	固定	自由	自由
16	固定	固定	自由

2)11-11断面

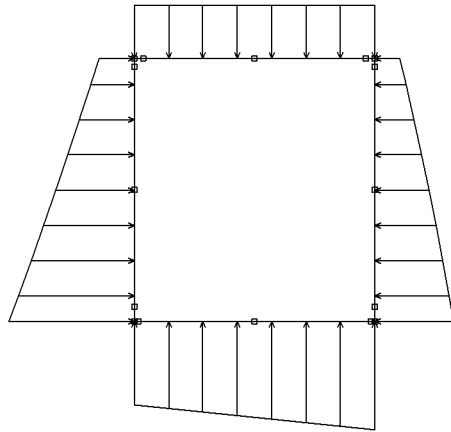
格点	鉛直	水平	回転
1	自由	固定	自由
5	自由	自由	自由
12	固定	固定	自由
16	固定	自由	自由

(2)解析モデル2 : 柱頭せん断力

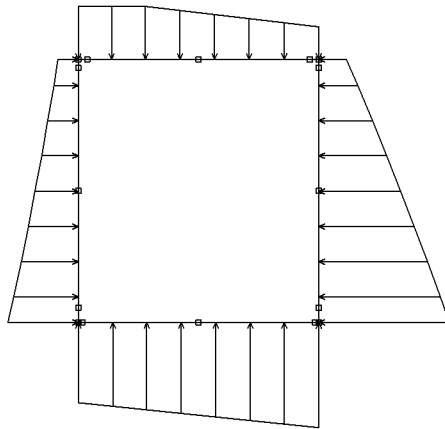
格点	鉛直	水平	回転
1	固定	自由	自由
16	固定	固定	自由

6.5 荷重図

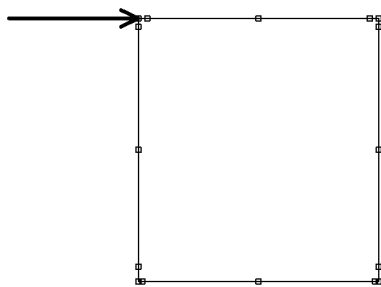
1-1断面



11-11断面



柱頭せん断力

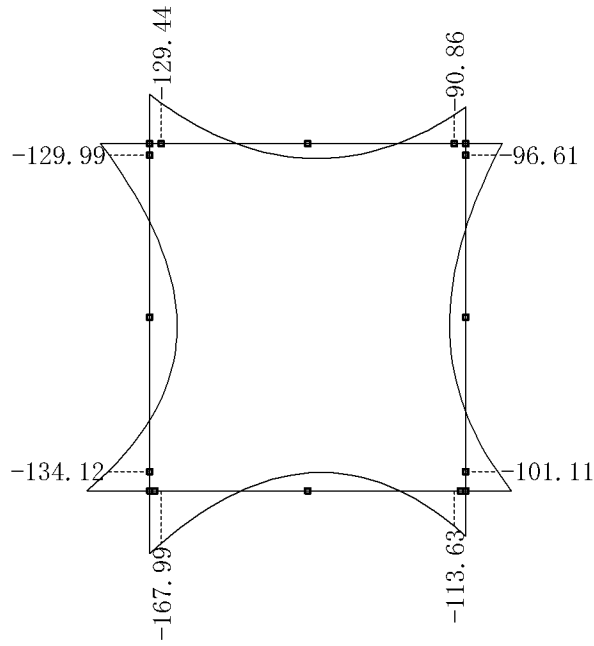


7章 断面力図

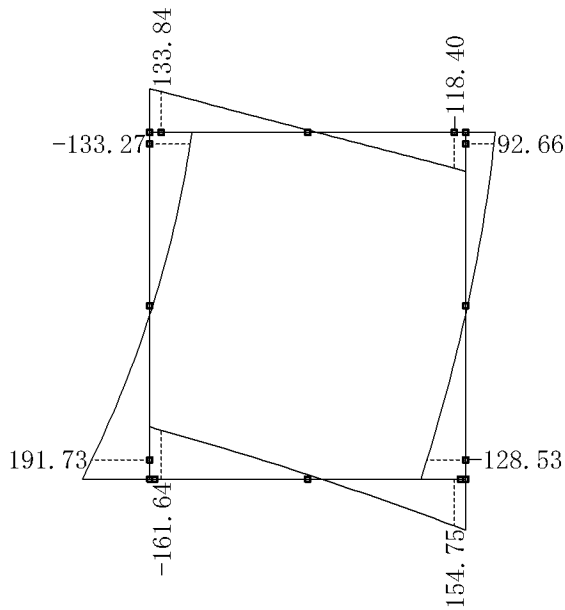
(1)解析モデル1 : 1-1, 11-11断面

1)1-1断面

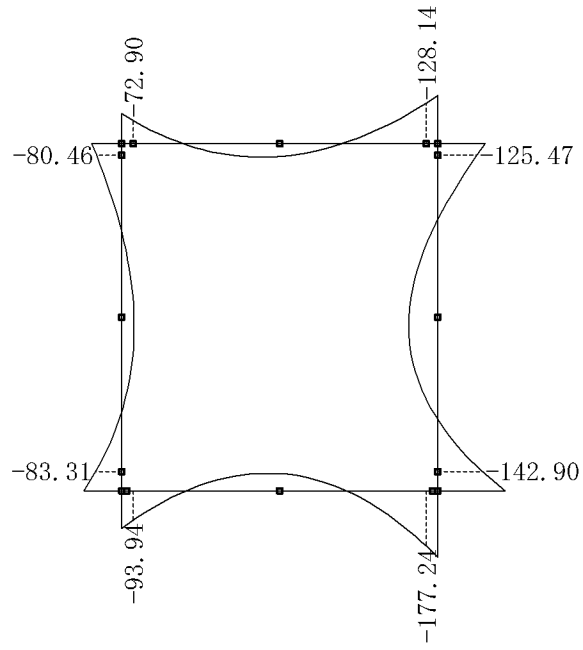
曲げモーメント図



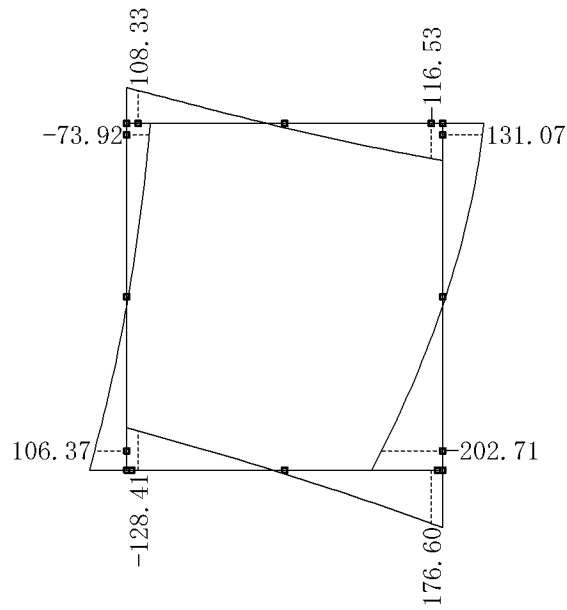
せん断力図



2)11-11断面
曲げモーメント図

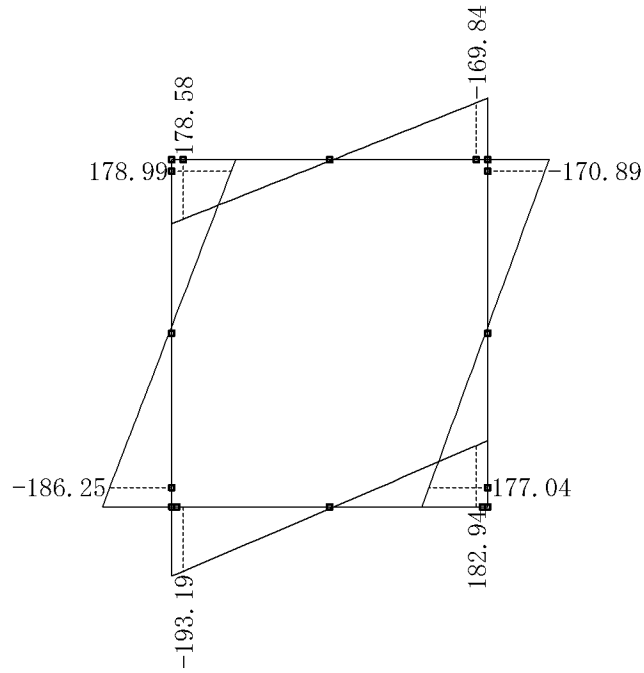


せん断力図

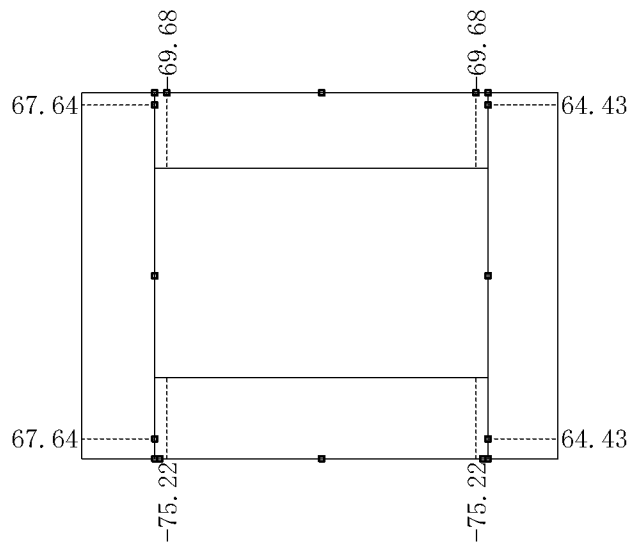


(2)解析モデル2：柱頭せん断力

曲げモーメント図



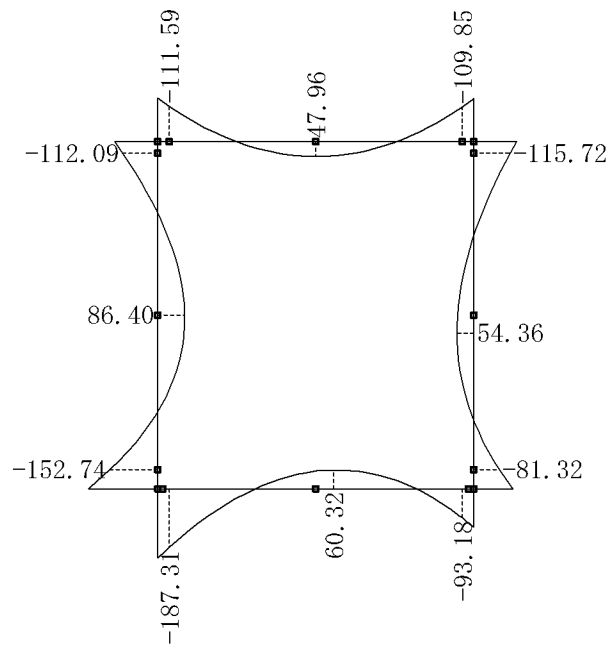
せん断力図



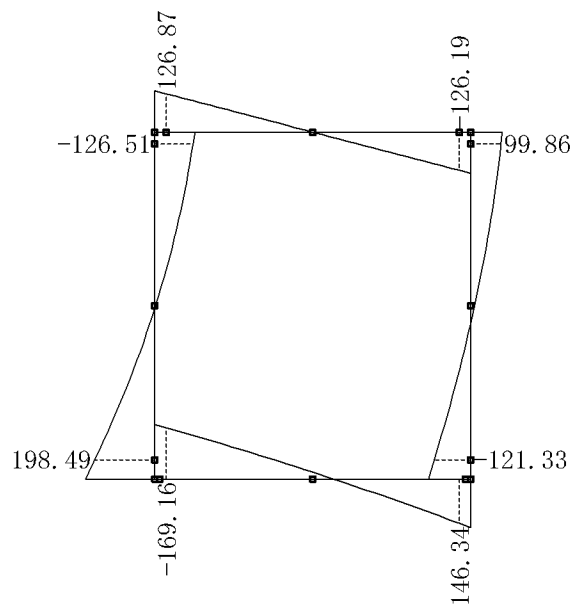
(3)合成断面力

1)合成断面力(1-1断面)

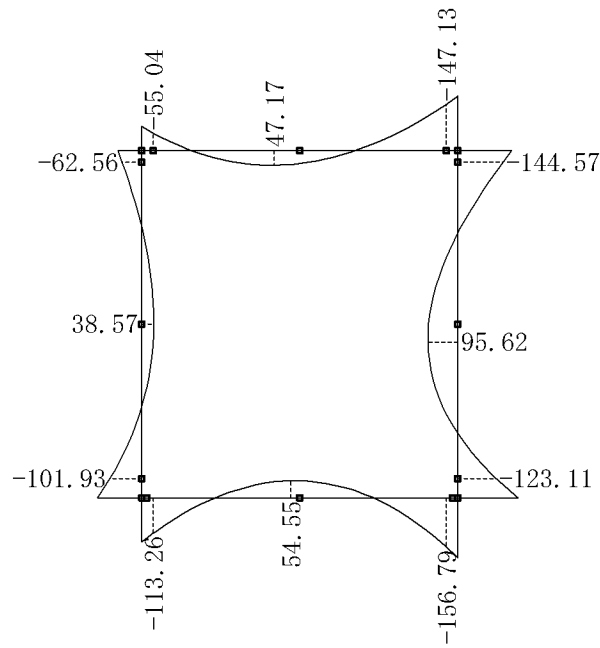
曲げモーメント図



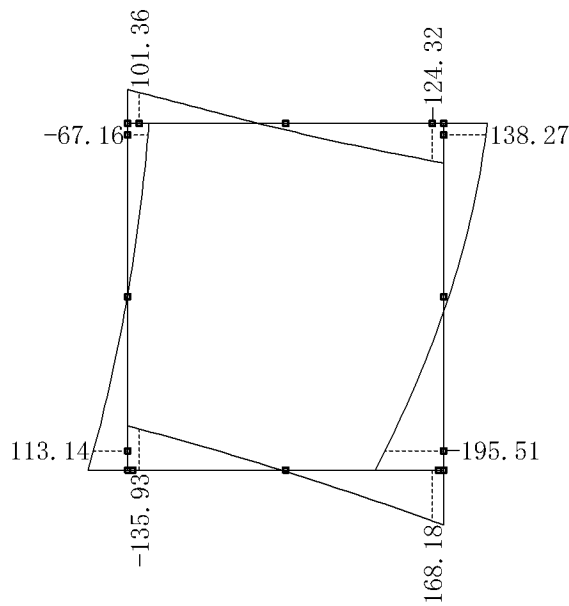
せん断力図



2)合成断面力(11-11断面)
曲げモーメント図



せん断力図



8章 設計断面力

(1)土圧および底面反力による断面力

1)1-1断面

曲げ照査位置

部 材	左(上)		支間部		右(下)	
	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	-129.4	139.0	47.5	139.0	-90.9	139.0
左側壁	-130.0	143.9	87.2	171.0	-134.1	196.8
右側壁	-96.6	128.5	51.3	158.6	-101.1	181.4
底 版	-168.0	222.6	58.4	222.6	-113.6	222.6

せん断照査位置

部 材	左(上)			右(下)		
	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	133.8	-129.4	139.0	-118.4	-90.9	139.0
左側壁	-133.3	-130.0	143.9	191.7	-134.1	196.8
右側壁	92.7	-96.6	128.5	-128.5	-101.1	181.4
底 版	-161.6	-168.0	222.6	154.8	-113.6	222.6

2)11-11断面

曲げ照査位置

部 材	左(上)		支間部		右(下)	
	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	-72.9	135.7	43.5	135.7	-128.1	135.7
左側壁	-80.5	118.4	39.4	145.5	-83.3	171.3
右側壁	-125.5	123.6	92.6	153.7	-142.9	176.5
底 版	-93.9	234.8	56.3	234.8	-177.2	234.8

せん断照査位置

部 材	左(上)			右(下)		
	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	108.3	-72.9	135.7	-116.5	-128.1	135.7
左側壁	-73.9	-80.5	118.4	106.4	-83.3	171.3
右側壁	131.1	-125.5	123.6	-202.7	-142.9	176.5
底 版	-128.4	-93.9	234.8	176.6	-177.2	234.8

(2)柱頭せん断力による断面力

FRAME解析にて算出した断面力を有効部材長で除した単位幅当たりの断面力
 曲げ照査位置

部 材	左(上)		右(下)	
	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	17.9	6.4	-19.0	7.2
左側壁	17.9	7.5	-18.6	7.5
右側壁	-19.1	7.8	19.8	7.8
底 版	-19.3	6.8	20.5	7.6

部 材	支間部(1-1断面)		支間部(11-11断面)	
	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	0.5	6.8	3.7	6.7
左側壁	-0.8	7.5	-0.8	7.5
右側壁	3.0	7.8	3.0	7.8
底 版	1.9	7.2	-1.8	7.1

せん断照査位置

部 材	左(上)			右(下)		
	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	-7.0	17.9	6.4	-7.8	-19.0	7.2
左側壁	6.8	17.9	7.5	6.8	-18.6	7.5
右側壁	7.2	-19.1	7.8	7.2	19.8	7.8
底 版	-7.5	-19.3	6.8	-8.4	20.5	7.6

(3)設計断面力

(1), (2)の断面力を合成する。

1)1-1断面

曲げ照査位置

部 材	左(上)		支間部		右(下)	
	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	-111.6	145.4	48.0	145.8	-109.8	146.2
左側壁	-112.1	151.4	86.4	178.5	-152.7	204.4
右側壁	-115.7	136.3	54.4	166.4	-81.3	189.2
底 版	-187.3	229.3	60.3	229.7	-93.2	230.1

せん断照査位置

部 材	左(上)			右(下)		
	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	126.9	-111.6	145.4	-126.2	-109.8	146.2
左側壁	-126.5	-112.1	151.4	198.5	-152.7	204.4
右側壁	99.9	-115.7	136.3	-121.3	-81.3	189.2
底 版	-169.2	-187.3	229.3	146.3	-93.2	230.1

2)11-11断面

曲げ照査位置

部 材	左(上)		支間部		右(下)	
	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	-55.0	142.1	47.2	142.4	-147.1	142.9
左側壁	-62.6	125.9	38.6	153.0	-101.9	178.9
右側壁	-144.6	131.4	95.6	161.5	-123.1	184.3
底 版	-113.3	241.6	54.6	241.9	-156.8	242.4

せん断照査位置

部 材	左(上)			右(下)		
	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)	S(kN)	M(kN.m)	N(kN)
頂 版	101.4	-55.0	142.1	-124.3	-147.1	142.9
左側壁	-67.2	-62.6	125.9	113.1	-101.9	178.9
右側壁	138.3	-144.6	131.4	-195.5	-123.1	184.3
底 版	-135.9	-113.3	241.6	168.2	-156.8	242.4

9章 断面照査

9.1 曲げ応力度照査

1)1-1断面

項 目	単 位	頂 版			
		左	支間部	右	
曲げモーメント	M	kN.m	-111.6	48.0	-109.8
軸 力	N	kN	145.4	145.8	146.2
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	40.00	40.00	40.00
有 効 高	d	cm	28.50	28.50	28.50
外側鉄筋かぶり	d1	cm	11.50	9.90	11.50
内側鉄筋かぶり	d2	cm	9.90	11.50	9.90
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	19.97	0.00	19.52
	内側	cm ²	0.00	5.02	0.00
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— —————	D32 @150 D— @— 52.947
	内側	cm ²	D— @— D— @— —————	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— —————
中 立 軸	X	cm	16.300	18.534	16.333
応 力 度	c	N/mm ²	6.59	2.92	6.49
	s	N/mm ²	74.02	23.53	72.56
許 容 応 力 度	ca	N/mm ²	10.00	10.00	10.00
	sa	N/mm ²	180.00	180.00	180.00
検 討 ケ ー ス	—	—	—	—	—

項 目		単 位	左側壁		
			上	支間部	下
曲げモーメント	M	kN.m	-112.1	86.4	-152.7
軸 力	N	kN	151.4	178.5	204.4
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	40.00	40.00	40.00
有 効 高	d	cm	28.80	29.15	28.80
外側鉄筋かぶり	d1	cm	11.20	9.60	11.20
内側鉄筋かぶり	d2	cm	10.85	10.85	10.85
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	19.74	0.00	30.42
	内側	cm ²	6.30	12.49	9.70
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— ————	D32 @150 D— @— 52.947
	内側	cm ²	D25 @300 D— @— 16.890	D25 @300 D— @— 16.890	D25 @300 D— @— 16.890
中 立 軸	X	cm	15.986	12.297	15.971
応 力 度	c	N/mm ²	6.20	6.67	8.45
	s	N/mm ²	74.57	137.11	101.81
許 容 応 力 度	ca	N/mm ²	10.00	10.00	10.00
	sa	N/mm ²	180.00	180.00	180.00
検 討 ケ ー ス	—	—	—	—	—

項 目		単 位	右側壁		
			上	支間部	下
曲げモーメント	M	kN.m	-115.7	54.4	-81.3
軸 力	N	kN	136.3	166.4	189.2
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	40.00	40.00	40.00
有 効 高	d	cm	28.80	29.15	28.80
外側鉄筋かぶり	d1	cm	11.20	9.60	11.20
内側鉄筋かぶり	d2	cm	10.85	10.85	10.85
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	21.14	0.00	11.08
	内側	cm ²	6.74	5.61	3.54
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— ————	D32 @150 D— @— 52.947
	内側	cm ²	D25 @300 D— @— 16.890	D25 @300 D— @— 16.890	D25 @300 D— @— 16.890
中 立 軸	X	cm	15.784	13.751	17.180
応 力 度	c	N/mm ²	6.39	4.12	4.56
	s	N/mm ²	79.00	69.20	46.24
許 容 応 力 度	ca	N/mm ²	10.00	10.00	10.00
	sa	N/mm ²	180.00	180.00	180.00
検 討 ケ ー ス	—	—	—	—	—

項 目		単 位	底 版		
			左	支間部	右
曲げモーメント	M	kN.m	-187.3	60.3	-93.2
軸 力	N	kN	229.3	229.7	230.1
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	45.00	45.00	45.00
有 効 高	d	cm	33.50	33.50	33.50
外側鉄筋かぶり	d1	cm	11.50	9.90	11.50
内側鉄筋かぶり	d2	cm	9.90	11.50	9.90
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	28.75	0.00	9.53
	内側	cm ²	0.00	3.08	0.00
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— ————	D32 @150 D— @— 52.947
	内側	cm ²	D— @— D— @— ————	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— ————
中 立 軸	X	cm	18.429	23.131	20.601
応 力 度	c	N/mm ²	8.43	2.87	4.32
	s	N/mm ²	103.43	19.29	40.57
許 容 応 力 度	ca	N/mm ²	10.00	10.00	10.00
	sa	N/mm ²	180.00	180.00	180.00
検 討 ケ ー ス	—	—	—	—	—

2)11-11断面

項 目		単 位	頂 版		
			左	支間部	右
曲げモーメント	M	kN.m	-55.0	47.2	-147.1
軸 力	N	kN	142.1	142.4	142.9
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	40.00	40.00	40.00
有 効 高	d	cm	28.50	28.50	28.50
外側鉄筋かぶり	d1	cm	11.50	9.90	11.50
内側鉄筋かぶり	d2	cm	9.90	11.50	9.90
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	6.77	0.00	29.89
	内側	cm ²	0.00	4.96	0.00
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D32 @150 D— @—— 52.947	D— @—— D— @—— —————	D32 @150 D— @—— 52.947
	内側	cm ²	D— @—— D— @—— —————	D32 @150 D— @—— 52.947	D— @—— D— @—— —————
中 立 軸	X	cm	17.922	18.506	15.898
応 力 度	c	N/mm ²	3.33	2.87	8.64
	s	N/mm ²	29.44	23.24	102.68
許 容 応 力 度	ca	N/mm ²	10.00	10.00	10.00
	sa	N/mm ²	180.00	180.00	180.00
検 討 ケ ー ス	—	—	—	—	—

項 目		単 位	左側壁		
			上	支間部	下
曲げモーメント	M	kN.m	-62.6	38.6	-101.9
軸 力	N	kN	125.9	153.0	178.9
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	40.00	40.00	40.00
有 効 高	d	cm	28.80	29.15	28.80
外側鉄筋かぶり	d1	cm	11.20	9.60	11.20
内側鉄筋かぶり	d2	cm	10.85	10.85	10.85
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	8.94	0.00	16.35
	内側	cm ²	2.85	2.57	5.21
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— ————	D32 @150 D— @— 52.947
	内側	cm ²	D25 @300 D— @— 16.890	D25 @300 D— @— 16.890	D25 @300 D— @— 16.890
中 立 軸	X	cm	16.787	15.297	16.469
応 力 度	c	N/mm ²	3.49	2.86	5.67
	s	N/mm ²	37.49	38.81	63.69
許 容 応 力 度	ca	N/mm ²	10.00	10.00	10.00
	sa	N/mm ²	180.00	180.00	180.00
検 討 ケ ー ス	—	—	—	—	—

項 目		単 位	右側壁		
			上	支間部	下
曲げモーメント	M	kN.m	-144.6	95.6	-123.1
軸 力	N	kN	131.4	161.5	184.3
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	40.00	40.00	40.00
有 効 高	d	cm	28.80	29.15	28.80
外側鉄筋かぶり	d1	cm	11.20	9.60	11.20
内側鉄筋かぶり	d2	cm	10.85	10.85	10.85
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	28.39	0.00	21.29
	内側	cm ²	9.06	15.21	6.79
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— ————	D32 @150 D— @— 52.947
	内側	cm ²	D25 @300 D— @— 16.890	D25 @300 D— @— 16.890	D25 @300 D— @— 16.890
中 立 軸	X	cm	15.474	11.801	16.159
応 力 度	c	N/mm ²	7.95	7.42	6.83
	s	N/mm ²	102.65	163.62	80.09
許 容 応 力 度	ca	N/mm ²	10.00	10.00	10.00
	sa	N/mm ²	180.00	180.00	180.00
検 討 ケ ー ス	—	—	—	—	—

項 目		単 位	底 版		
			左	支間部	右
曲げモーメント	M	kN.m	-113.3	54.6	-156.8
軸 力	N	kN	241.6	241.9	242.4
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	45.00	45.00	45.00
有 効 高	d	cm	33.50	33.50	33.50
外側鉄筋かぶり	d1	cm	11.50	9.90	11.50
内側鉄筋かぶり	d2	cm	9.90	11.50	9.90
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	13.16	0.00	22.00
	内側	cm ²	0.00	1.54	0.00
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— ————	D32 @150 D— @— 52.947
	内側	cm ²	D— @— D— @— ————	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— ————
中 立 軸	X	cm	19.997	24.381	18.974
応 力 度	c	N/mm ²	5.21	2.62	7.12
	s	N/mm ²	52.79	14.72	81.72
許 容 応 力 度	ca	N/mm ²	10.00	10.00	10.00
	sa	N/mm ²	180.00	180.00	180.00
検 討 ケ ー ス	—	—	—	—	—

9.2 せん断応力度照査

$$\tau_m = \frac{S}{b \cdot d} \leq \tau_a$$

ここに、 m : せん断応力度 (N/mm²)

S : せん断力 (N)

b : 部材幅 = 1000 (mm)

d : 有効高 (mm)

a : 許容せん断応力度 (N/mm²)

$$a = C_e \cdot C_{pt} \cdot C_N \cdot a_1$$

C_e : 部材断面の有効高 d に関する補正係数

C_{pt} : 引張主鉄筋比 p_t に関する補正係数

C_N : 軸方向圧縮力による補正係数

$$C_N = 1 + (M_o/M) \quad 2.0$$

M_o : 軸方向圧縮力によりコンクリートの応力度が部材引張縁で零となる曲げモーメント (N.mm)

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

N : 部材断面に作用する軸圧縮力 (N)

A_c : 部材断面積 (mm²)

I_c : 部材断面の図心軸に関する断面二次モーメント (mm⁴)

y : 部材断面の図心から部材引張縁までの距離 (mm)

M : 部材断面に作用する曲げモーメント (N.mm)

a_1 : コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力度 = 0.250 (N/mm²)

1) 1-1断面

部材	位置	S (kN)	d (cm)	m (N/mm ²)	a (N/mm ²)	C_e	C_{pt}	C_N	case
頂版	左	126.9	28.50	0.445	0.571	1.400	1.500	1.087	—
	右	-126.2	28.50	0.443	0.572	1.400	1.500	1.089	—
左側壁	上	-126.5	28.80	0.439	0.572	1.400	1.500	1.090	—
	下	198.5	28.80	0.689	0.572	1.400	1.500	1.089	—
右側壁	上	99.9	28.80	0.347	0.566	1.400	1.500	1.079	—
	下	-121.3	28.80	0.421	0.606	1.400	1.500	1.155	—
底版	左	-169.2	33.50	0.505	0.565	1.380	1.500	1.092	—
	右	146.3	33.50	0.437	0.613	1.380	1.500	1.185	—

軸方向圧縮力による補正係数 C_N

部材	位置	M (kN.m)	N (kN)	A_c (m ²)	I_c (m ⁴)	y (m)	M_o (kN.m)	C_N
頂版	左	-111.6	145.4	0.400	0.005333	0.200	9.7	1.087
	右	-109.8	146.2	0.400	0.005333	0.200	9.7	1.089
左側壁	上	-112.1	151.4	0.400	0.005333	0.200	10.1	1.090
	下	-152.7	204.4	0.400	0.005333	0.200	13.6	1.089
右側壁	上	-115.7	136.3	0.400	0.005333	0.200	9.1	1.079
	下	-81.3	189.2	0.400	0.005333	0.200	12.6	1.155
底版	左	-187.3	229.3	0.450	0.007594	0.225	17.2	1.092
	右	-93.2	230.1	0.450	0.007594	0.225	17.3	1.185

2)11-11断面

部 材	位置	S (kN)	d (cm)	m (N/mm ²)	a (N/mm ²)	Ce	Cpt	CN	case
頂 版	左	101.4	28.50	0.356	0.615	1.400	1.500	1.172	—
	右	-124.3	28.50	0.436	0.559	1.400	1.500	1.065	—
左 側 壁	上	-67.2	28.80	0.233	0.595	1.400	1.500	1.134	—
	下	113.1	28.80	0.393	0.586	1.400	1.500	1.117	—
右 側 壁	上	138.3	28.80	0.480	0.557	1.400	1.500	1.061	—
	下	-195.5	28.80	0.679	0.577	1.400	1.500	1.100	—
底 版	左	-135.9	33.50	0.406	0.600	1.380	1.500	1.160	—
	右	168.2	33.50	0.502	0.578	1.380	1.500	1.116	—

軸方向圧縮力による補正係数CN

部 材	位置	M (kN.m)	N (kN)	Ac (m ²)	Ic (m ⁴)	y (m)	Mo (kN.m)	CN
頂 版	左	-55.0	142.1	0.400	0.005333	0.200	9.5	1.172
	右	-147.1	142.9	0.400	0.005333	0.200	9.5	1.065
左 側 壁	上	-62.6	125.9	0.400	0.005333	0.200	8.4	1.134
	下	-101.9	178.9	0.400	0.005333	0.200	11.9	1.117
右 側 壁	上	-144.6	131.4	0.400	0.005333	0.200	8.8	1.061
	下	-123.1	184.3	0.400	0.005333	0.200	12.3	1.100
底 版	左	-113.3	241.6	0.450	0.007594	0.225	18.1	1.160
	右	-156.8	242.4	0.450	0.007594	0.225	18.2	1.116

9.3 スターラップ

$$Sc = \tau a \cdot b \cdot d$$

$$S' h = S - Sc$$

$$Aw = \frac{1.15 \cdot S' h \cdot a}{\sigma sa \cdot d}$$

ここに、Sc : コンクリートが負担するせん断力(N)

a : 許容せん断応力度(N/mm²)

b : 部材幅 = 1000(mm)

d : 有効高(mm)

S' h: スターラップが負担するせん断力(N)

S : 部材断面に作用するせん断力(N)

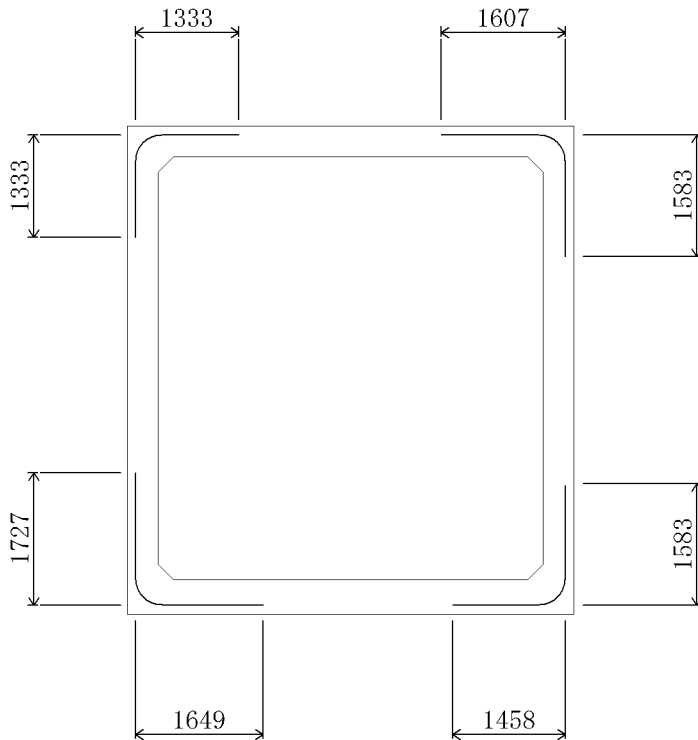
Aw : 必要スターラップ断面積(mm²)

a : スターラップの部材軸方向間隔(mm)

sa : スターラップの許容引張応力度=180.0 (N/mm²)

部 材	位置	Sc (kN)	S'h (kN)	m (N/mm ²)	a (N/mm ²)	必要スターラップ断面積(cm ²)				case
						スターラップの間隔(cm)				
						12.5	15.0	25.0	30.0	
頂 版	左	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—
	右	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—
左 側 壁	上	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—
	下	164.7	33.8	0.689	0.572	0.94	1.12	1.87	2.25	1
右 側 壁	上	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—
	下	166.3	29.2	0.679	0.577	0.81	0.97	1.62	1.94	2
底 版	左	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—
	右	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—

10章 主鉄筋定着位置



10.1 隅角部（負の曲げモーメント）

隅角部の主鉄筋の定着位置は、主鉄筋の配筋量が計算上不要となる位置（抵抗曲げモーメントと設計曲げモーメントとの交点）から有効高及び定着長を加えた長さとする。

	単位	頂 版		左 側 壁		右 側 壁		底 版	
		左 端	右 端	上 端	下 端	上 端	下 端	左 端	右 端
主鉄筋径	mm	D32	D32	D32	D32	D32	D32	D32	D32
ピ ッ チ	mm	@300	@300	@300	@300	@300	@300	@300	@300
(鉄筋径)	mm	(D32)	(D32)	(D32)	(D32)	(D32)	(D32)	(D32)	(D32)
(1) Lm	cm	0.0	27.4	0.0	36.9	25.0	22.5	26.6	7.5
(2) d	cm	28.5	28.5	28.8	28.8	28.8	28.8	33.5	33.5
(3) Lap	cm	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0
定着位置	cm	124.5	151.9	124.8	161.7	149.8	147.3	156.1	137.0
Lr	cm	8.80	8.80	8.50	11.00	8.50	11.00	8.80	8.80
Le	cm	133.3	160.7	133.3	172.7	158.3	158.3	164.9	145.8

Lm : 隅角部格点から抵抗曲げモーメントと設計曲げモーメントとの交点までの距離

d : 部材の有効高

Lap : 定着鉄筋の定着長 ()の鉄筋

定着位置 : (1)+(2)+(3)

Lr : 隅角部格点から外側鉄筋までの距離

Le : 外側鉄筋位置から定着位置までの長さ

10.2 支間部（正の曲げモーメント）

支間部の主鉄筋の定着位置は、主鉄筋の配筋量が計算上不要となる位置（抵抗曲げモーメントと設計曲げモーメントとの交点）から有効高及び定着長を加えた長さとする。

	単位	頂 版		底 版	
		左 端	右 端	左 端	右 端
主鉄筋径	mm	D32	D32	D32	D32
ピ ッ チ	mm	@300	@300	@300	@300
（鉄筋径）	mm	(D32)	(D32)	(D32)	(D32)
(1) Lm	cm	0.0	0.0	0.0	0.0
(2) d	cm	28.5	28.5	33.5	33.5
(3) Lap	cm	96.0	96.0	96.0	96.0
定着位置	cm	0.0	0.0	0.0	0.0
Lr	cm	8.80	8.80	8.80	8.80
Le	cm	0.0	0.0	0.0	0.0

Lm : 隅角部格点から抵抗曲げモーメントと設計曲げモーメントとの交点までの距離

d : 部材の有効高

Lap : 定着鉄筋の定着長 ()の鉄筋

定着位置 : (1)-(2)-(3)

Lr : 隅角部格点から外側鉄筋までの距離

Le : 外側鉄筋位置から定着位置までの長さ

10.3 抵抗曲げモーメント、設計曲げモーメント

頂版

隅角部格点 からの距離 (m)	負の曲げモーメント		正の曲げモーメント	
	Mr (kN.m)	M _{min} (kN.m)	Mr (kN.m)	M _{max} (kN.m)
0.000	-138.4	-138.0	138.4	-138.0
0.200	-138.4	-111.6	138.4	-111.6
0.347	-138.4	-93.4	138.4	-93.4
0.494	-138.4	-76.4	138.4	-76.4
0.641	-138.4	-60.4	138.4	-60.4
0.788	-138.4	-45.5	138.4	-45.5
0.935	-138.4	-31.7	138.4	-31.7
1.082	-138.4	-19.1	138.4	-19.1
1.229	-138.4	-7.5	138.4	-7.5
1.376	-138.4	3.0	138.4	3.0
1.524	-138.4	12.4	138.4	12.4
1.671	-138.4	20.7	138.4	20.7
1.818	-138.4	27.9	138.4	27.9
1.965	-138.5	34.0	138.5	34.0
2.112	-138.5	39.0	138.5	39.0
2.259	-138.5	42.9	138.5	42.9
2.406	-138.5	45.7	138.5	45.7
2.553	-138.5	47.4	138.5	47.4
2.700	-138.0	41.9	138.5	48.0
2.847	-138.0	38.1	138.5	47.5
2.994	-138.0	33.4	138.5	45.9
3.141	-138.0	27.6	138.5	43.2
3.288	-138.0	21.0	138.5	39.4
3.435	-138.0	13.3	138.5	34.5
3.582	-138.0	4.8	138.5	28.5
3.729	-138.0	-4.7	138.5	21.4
3.876	-138.0	-15.1	138.5	13.2
4.024	-138.0	-26.3	138.5	4.0
4.171	-138.0	-38.5	138.5	-6.4
4.318	-138.0	-51.5	138.5	-17.9
4.465	-138.0	-65.4	138.5	-30.5
4.612	-138.0	-80.1	138.5	-44.1
4.759	-138.0	-95.6	138.5	-58.9
4.906	-138.0	-112.0	138.5	-74.8
5.053	-138.1	-129.2	138.5	-91.8
5.200	-138.1	-147.1	138.5	-109.8
5.400	-138.1	-172.7	138.5	-136.1

左側壁

隅角部格点 からの距離 (m)	負の曲げモーメント		正の曲げモーメント	
	Mr (kN.m)	M _{min} (kN.m)	Mr (kN.m)	M _{max} (kN.m)
0.000	-140.5	-138.0	64.6	-138.0
0.200	-140.5	-112.1	64.6	-112.1
0.362	-140.8	-91.9	64.9	-91.9
0.525	-141.0	-72.6	65.1	-72.6
0.687	-141.2	-54.1	65.3	-54.1
0.850	-141.4	-36.6	65.6	-36.6
1.012	-141.7	-20.0	65.8	-20.0
1.175	-141.9	-4.4	66.1	-4.4
1.337	-142.1	10.1	66.3	10.1
1.500	-142.3	23.5	66.6	23.5
1.662	-142.6	35.7	66.8	35.7
1.825	-142.8	46.8	67.1	46.8
1.987	-143.0	56.6	67.3	56.6
2.150	-143.2	65.1	67.5	65.1
2.312	-143.5	72.2	67.8	72.2
2.475	-143.7	78.0	68.0	78.0
2.637	-143.9	82.3	68.3	82.3
2.800	-144.1	85.1	68.5	85.1
2.962	-144.3	86.4	68.8	86.4
3.118	-144.3	86.1	69.0	86.1
3.273	-144.3	84.3	69.2	84.3
3.428	-144.3	81.0	69.5	81.0
3.583	-144.3	76.1	69.7	76.1
3.738	-144.3	69.6	69.9	69.6
3.893	-144.3	61.4	70.2	61.4
4.049	-144.3	51.4	70.4	51.4
4.204	-144.3	39.7	70.6	39.7
4.359	-144.3	26.2	70.8	26.2
4.514	-144.3	10.8	71.1	10.8
4.669	-144.3	-6.5	71.3	-6.5
4.824	-144.2	-25.7	71.5	-25.7
4.979	-144.2	-46.9	71.8	-46.9
5.135	-144.2	-70.2	72.0	-70.2
5.290	-144.2	-95.6	72.2	-95.6
5.445	-144.2	-123.1	72.5	-123.1
5.600	-144.2	-152.7	72.7	-152.7
5.925	-144.2	-222.2	72.8	-222.2

右側壁

隅角部格点 からの距離 (m)	負の曲げモーメント		正の曲げモーメント	
	Mr (kN.m)	M _{min} (kN.m)	Mr (kN.m)	M _{max} (kN.m)
0.000	-137.7	-172.7	61.5	-172.7
0.200	-137.7	-144.6	61.5	-144.6
0.362	-137.9	-122.4	61.8	-122.4
0.525	-138.1	-101.0	62.0	-101.0
0.687	-138.4	-80.4	62.2	-80.4
0.850	-138.6	-60.5	62.5	-60.5
1.012	-138.8	-41.6	62.7	-41.6
1.175	-139.0	-23.6	63.0	-23.6
1.337	-139.3	-6.7	63.2	-6.7
1.500	-139.5	9.2	63.5	9.2
1.662	-139.7	23.9	63.7	23.9
1.825	-139.9	37.5	64.0	37.5
1.987	-140.2	49.8	64.2	49.8
2.150	-140.4	60.7	64.5	60.7
2.312	-140.6	70.3	64.7	70.3
2.475	-140.8	78.4	65.0	78.4
2.637	-141.1	85.1	65.2	85.1
2.800	-141.3	90.2	65.4	90.2
2.962	-141.5	93.7	65.7	93.7
3.118	-141.7	95.4	65.9	95.4
3.273	-141.9	95.6	66.2	95.6
3.428	-142.2	94.2	66.4	94.2
3.583	-142.4	91.1	66.6	91.1
3.738	-142.6	86.3	66.9	86.3
3.893	-142.8	79.7	67.1	79.7
4.049	-143.0	71.3	67.3	71.3
4.204	-143.2	61.0	67.6	61.0
4.359	-143.4	48.9	67.8	48.9
4.514	-143.7	34.7	68.0	34.7
4.669	-143.9	18.6	68.2	18.6
4.824	-144.1	0.4	68.5	0.4
4.979	-144.3	-19.9	68.7	-19.9
5.135	-144.3	-42.4	68.9	-42.4
5.290	-144.3	-67.0	69.2	-67.0
5.445	-144.3	-93.9	69.4	-93.9
5.600	-144.3	-123.1	69.6	-123.1
5.925	-144.3	-191.8	69.8	-191.8

底版

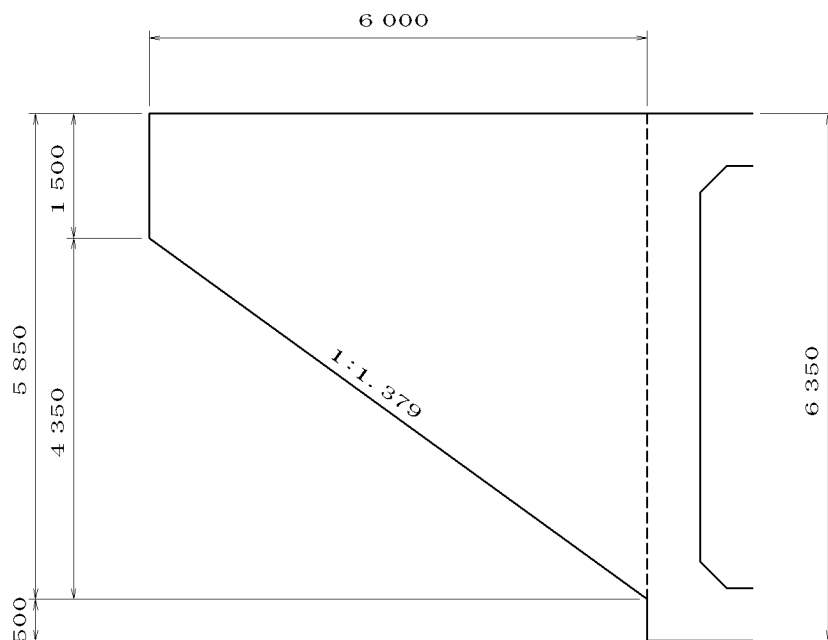
隅角部格点 からの距離 (m)	負の曲げモーメント		正の曲げモーメント	
	Mr (kN.m)	M _{min} (kN.m)	Mr (kN.m)	M _{max} (kN.m)
0.000	-176.4	-222.2	176.4	-222.2
0.087	-176.4	-206.8	176.4	-206.8
0.200	-176.4	-187.3	176.4	-187.3
0.241	-176.4	-180.5	176.4	-180.5
0.394	-176.4	-155.5	176.4	-155.5
0.548	-176.4	-131.9	176.4	-131.9
0.702	-176.4	-109.5	176.4	-109.5
0.856	-176.4	-88.5	176.4	-88.5
1.009	-176.4	-68.8	176.4	-68.8
1.163	-176.4	-50.4	176.4	-50.4
1.317	-176.4	-33.4	176.4	-33.4
1.470	-176.4	-17.8	176.4	-17.8
1.624	-176.4	-3.5	176.4	-3.5
1.778	-176.4	9.3	176.4	9.3
1.931	-176.4	20.8	176.4	20.8
2.085	-176.4	30.8	176.4	30.8
2.239	-176.4	39.4	176.4	39.4
2.393	-176.4	46.5	176.4	46.5
2.546	-176.4	52.2	176.4	52.2
2.700	-178.4	54.5	176.4	56.4
2.854	-178.4	53.0	176.4	59.1
3.007	-178.4	50.1	176.4	60.3
3.161	-178.4	45.7	176.4	60.0
3.315	-178.4	39.8	176.4	58.2
3.469	-178.4	32.5	176.4	54.8
3.622	-178.4	23.6	176.4	49.9
3.776	-178.4	13.3	176.4	43.5
3.930	-178.4	1.4	176.4	35.4
4.083	-178.4	-12.0	176.5	25.8
4.237	-178.4	-27.0	176.5	14.5
4.391	-178.4	-43.5	176.5	1.7
4.544	-178.4	-61.6	176.5	-12.8
4.698	-178.4	-81.3	176.5	-28.9
4.852	-178.4	-102.6	176.5	-46.7
5.006	-178.4	-125.5	176.5	-66.2
5.159	-178.4	-150.0	176.5	-87.3
5.200	-178.4	-156.8	176.5	-93.2
5.313	-178.4	-176.2	176.5	-110.2
5.400	-178.4	-191.8	176.5	-123.9

11章 ウイングの計算

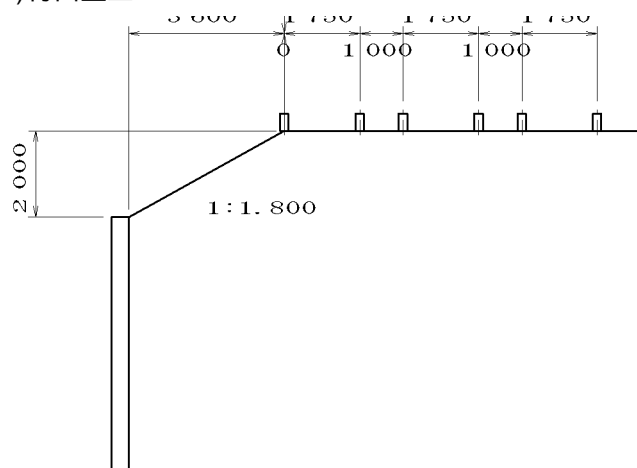
11.1 右口：左ウイング

11.1.1 設計条件

(1)形状寸法図



(2)背面盛土



(3)活荷重

- T荷重 250 (kN) 3台併列載荷
- ウイング付根側：後輪 ウイング先端側：前輪
- 分布角度 = 45.0 (度)
- 前輪荷重強度 = 25.0 (kN)
- 後輪荷重強度 = 100.0 (kN)
- 車輪間隔 = 6.000 (m)

(4) 計算条件

コンクリート	設計基準強度	ck	N/mm ²	30.00
	ヤング係数	Ec	N/mm ²	2.80 × 10 ⁴
	許容曲げ圧縮応力度	ca	N/mm ²	10.00
鉄筋	材質		—	SD345
	許容曲げ引張応力度	sa	N/mm ²	180.00
ヤング係数比		n	—	15.0
取付角度			度	70.0000
土の単位重量			kN/m ³	19.00
土の内部摩擦角			度	30.0
応力度照査位置			—	ハンチ端

11.1.2 断面力計算

(1) 土圧による断面力

着目分割片に作用する土圧

$$Pah = \Delta W \cdot \frac{\tan \beta}{1 + \tan \delta \cdot \tan \beta}$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \theta_s - \phi$$

$$\delta = \frac{\phi}{3} = 10.00 \text{ (度)}$$

ここに、Pah : 着目分割片に作用する土圧 (kN)

W : 着目分割片位置の土の重量 (kN)

s : 着目分割片位置の土の破壊角 (度)

: 土の内部摩擦角 = 30.0 (度)

: 翼壁背面と土との間の壁面摩擦角 (度)

照査断面における断面力

$$SD = (Pah_i)$$

$$MD = (Pah_i \cdot Li)$$

ここに、SD : 照査断面における土圧によるせん断力 (kN)

MD : 照査断面における土圧による曲げモーメント (kN.m)

Li : i番目の着目分割片から照査断面位置までの距離 (m)

1) ハンチ端

$$SD = 357.49 \text{ (kN)}$$

$$MD = 683.29 \text{ (kN.m)}$$

2) ウイング付根

$$SD = 417.29 \text{ (kN)}$$

$$MD = 848.31 \text{ (kN.m)}$$

分割片ごとの断面力

1) ハンチ端

ウイング先端からの距離(m)	分割片幅(m)	破壊角(度)	翼壁高(m)	W(kN)	Pah(kN)	L(m)	Pah・L(kN.m)
~ 0.500	0.500	46.0	1.681	32.46	7.75	5.324	41.27
~ 1.000	0.500	44.0	2.044	40.81	11.14	4.824	53.73
~ 1.500	0.500	43.0	2.406	51.80	15.03	4.324	64.98
~ 2.000	0.500	41.0	2.769	59.70	19.38	3.824	74.11
~ 2.500	0.500	40.0	3.131	70.74	24.20	3.324	80.43
~ 3.000	0.500	40.0	3.494	86.09	29.45	2.824	83.17
~ 3.500	0.500	39.0	3.856	97.72	35.13	2.324	81.66
~ 4.000	0.500	38.0	4.219	109.32	41.23	1.824	75.22
~ 4.500	0.500	38.0	4.581	126.54	47.72	1.324	63.20
~ 5.000	0.500	37.0	4.944	138.38	54.65	0.824	45.05
~ 5.500	0.500	37.0	5.306	156.87	61.95	0.324	20.09
~ 5.574	0.074	36.0	5.514	23.89	9.86	0.037	0.37

2) ウイング付根

ウイング先端からの距離(m)	分割片幅(m)	破壊角(度)	翼壁高(m)	W(kN)	Pah(kN)	L(m)	Pah・L(kN.m)
~ 0.500	0.500	46.0	1.681	32.46	7.75	5.750	44.57
~ 1.000	0.500	44.0	2.044	40.81	11.14	5.250	58.47
~ 1.500	0.500	43.0	2.406	51.80	15.03	4.750	71.37
~ 2.000	0.500	41.0	2.769	59.70	19.38	4.250	82.36
~ 2.500	0.500	40.0	3.131	70.74	24.20	3.750	90.73
~ 3.000	0.500	40.0	3.494	86.09	29.45	3.250	95.70
~ 3.500	0.500	39.0	3.856	97.72	35.13	2.750	96.61
~ 4.000	0.500	38.0	4.219	109.32	41.23	2.250	92.77
~ 4.500	0.500	38.0	4.581	126.54	47.72	1.750	83.52
~ 5.000	0.500	37.0	4.944	138.38	54.65	1.250	68.31
~ 5.500	0.500	37.0	5.306	156.87	61.95	0.750	46.46
~ 6.000	0.500	36.0	5.669	168.76	69.67	0.250	17.42

(2)活荷重による断面力

$$pL = \frac{T}{a \cdot b} \cdot K$$

$$K = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) = 0.3333$$

$$sL = \int_{y1}^{y2} (pL \cdot LB \cdot dy)$$

$$mL = \int_{y1}^{y2} (pL \cdot LB \cdot Lx \cdot dy)$$

ここに、y : ウイング上端からの深さ (m)

pL : yにおける輪荷重による水平土圧強度 (kN/m²)

T : 輪荷重 (kN)

a : yにおける車両進行直角方向の分布幅 (m)

$$a = DL + e + \frac{ao}{2} + (D + y) \cdot \tan \theta$$

DL : 背面盛土幅 = 3.600 (m)

e : 車輪の中心から路面端までの距離 = 0.000 (m)

ao : 車輪接地幅 付根側 = 0.500 (m)

先端側 = 0.125 (m)

D : 背面盛土高 = 2.000 (m)

: 輪荷重の土中分布角度 = 45.0 (度)

b : yにおける車両進行方向の分布幅 (m)

$$b = bo + 2 \cdot (D + y) \cdot \tan$$

bo : 車輪接地幅 = 0.200 (m)

K : 土圧係数 = 0.333

: 土の内部摩擦角 = 30.0 (度)

LB : yにおけるウイングの土圧作用幅 (m)

Lx : yにおける土圧作用幅中心から照査断面位置までの距離 (m)

sL : 照査断面における輪荷重土圧によるせん断力 (kN)

mL : 照査断面における輪荷重土圧による曲げモーメント (kN.m)

1)ハンチ端

付根側輪荷重載荷位置 : ウイング付根から 2.100 (m)

$$sL = (sLi) = 9.28 (kN)$$

$$mL = (mLi) = 17.59 (kN.m)$$

2)ウイング付根

付根側輪荷重載荷位置 : ウイング付根から 2.100 (m)

$$sL = (sLi) = 10.74 (kN)$$

$$mL = (mLi) = 21.85 (kN.m)$$

輪荷重ごとの断面力

1)ハンチ端

	T (kN)	y1 (m)	sL (kN)	mL (kN.m)
T11	100.0	1.350	7.01	14.38
T21	25.0	1.537	0.31	1.08

	T (kN)	y1 (m)	sL (kN)	mL (kN.m)
T12	100.0	3.100	1.48	1.73
T22	25.0	3.287	0.05	0.10
T13	100.0	4.100	0.41	0.28
T23	25.0	4.287	0.01	0.01
T14	100.0	5.850	0.00	0.00
T24	25.0	6.037	0.00	0.00
T15	100.0	6.850	0.00	0.00
T25	25.0	7.037	0.00	0.00
T16	100.0	8.600	0.00	0.00
T26	25.0	8.788	0.00	0.00

2) ウイング付根

	T (kN)	y1 (m)	sL (kN)	mL (kN.m)
T11	100.0	1.350	7.92	17.56
T21	25.0	1.537	0.31	1.21
T12	100.0	3.100	1.85	2.44
T22	25.0	3.287	0.05	0.13
T13	100.0	4.100	0.60	0.49
T23	25.0	4.287	0.01	0.02
T14	100.0	5.850	0.00	0.00
T24	25.0	6.037	0.00	0.00
T15	100.0	6.850	0.00	0.00
T25	25.0	7.037	0.00	0.00
T16	100.0	8.600	0.00	0.00
T26	25.0	8.788	0.00	0.00

(3) 設計断面力

1) ハンチ端

常時

$$MA = \frac{MD + ML}{hA} \cdot \alpha = 151.78 \text{ (kN.m/m)}$$

$$SA = \frac{SD + SL}{hA} \cdot \alpha' = 79.42 \text{ (kN.m/m)}$$

ここに、MA : 単位幅当たりの曲げモーメント (kN.m/m)

SA : 単位幅当たりのせん断力 (kN/m)

hA : ウイングの有効高さ = 5.541 (m)

: 曲げモーメントの割増係数 = 1.200

' : せん断力の割増係数 = 1.200

2)ウイング付根

常時

$$MA = \frac{MD + ML}{hA} \cdot \alpha = 178.49 \text{ (kN.m/m)}$$

$$SA = \frac{SD + SL}{hA} \cdot \alpha' = 87.80 \text{ (kN.m/m)}$$

ここに、MA : 単位幅当たりの曲げモーメント (kN.m/m)

SA : 単位幅当たりのせん断力 (kN/m)

hA : ウイングの有効高さ = 5.850 (m)

: 曲げモーメントの割増係数 = 1.200

' : せん断力の割増係数 = 1.200

11.1.3 応力度計算

照査位置：ハンチ端

項	目	単位	背面・常時
曲げモーメント	M	kN.m	151.8
せん断力	S	kN	79.4
部材幅	b	cm	100.00
部材高	h	cm	40.00
背面側かぶり	d1	cm	10.00
前面側かぶり	d2	cm	10.00
ヤング係数比	n	—	15.0
必要鉄筋量	Asr	cm ²	32.827
背面側使用鉄筋量		mm	D25 @150
	As	cm ²	D— @ — 33.780
前面側使用鉄筋量		mm	D— @ —
	As	cm ²	D— @ — —————
	p	—	0.01126
	K	—	0.436
	C	—	5.365
	S	—	6.935
中立軸位置	X	cm	13.086
応力度	c	N/mm ²	9.04
	s	N/mm ²	175.31
		N/mm ²	0.265
許容応力度	ca	N/mm ²	10.00
	sa	N/mm ²	180.00
	a	N/mm ²	0.525
許容せん断応力度 の補正係数	Ce	—	1.400
	Cpt	—	1.500

11.1.4 隅角部応力度照査

$$M = M' + S' \cdot L$$

ここに、M : 隅角部設計曲げモーメント (kN.m/m)

M' : ウイング付根の曲げモーメント (kN.m/m)

S' : ウイング付根のせん断力 (kN)

L : ウイング付根から隅角部格点までの距離 (m)

(1)常時

$$M = 178.49 + 87.80 \cdot 0.286 = 203.57 \text{ (kN.m/m)}$$

項	目	単位	常 時
曲げモーメント	M	kN.m	203.6
部材幅	b	cm	100.00
部材高	h	cm	70.30
有効高	d	cm	60.30
	Z	cm	52.800
ヤング係数比	n	—	15.0
必要鉄筋量	Asr	cm ²	20.631
使用鉄筋量		mm	D22 @150
	As	cm ²	D— @ — 25.807
	p	—	0.00428
	K	—	0.300
	C	—	7.414
	S	—	17.322
中立軸位置	X	cm	18.073
応力度	c	N/mm ²	4.15
	s	N/mm ²	145.37
許容応力度	ca	N/mm ²	10.00
	sa	N/mm ²	180.00

11.1.5 主鉄筋定着位置

主鉄筋の定着位置は、主鉄筋の低減量が計算上不要となる位置(抵抗曲げモーメントと設計曲げモーメントとの交点)から定着長を加えた長さとする。

(1)抵抗曲げモーメント

部材幅	b	cm	100.00
部材高	h	cm	40.00
有効高	d	cm	30.00
ヤング係数比	n	—	15.0
低減後の鉄筋量		mm	D25 @300
	As	cm ²	16.890
許容応力度	ca	N/mm ²	10.00
	sa	N/mm ²	180.00
抵抗曲げモーメント	Mr	kN.m	81.0

(2)抵抗曲げモーメントと設計曲げモーメントとの交点

付根からの距離		L'	m	1.835
有効幅		hA	m	4.519
曲げモーメント	土 圧	MD	kN.m	297.39
	活荷重	ML	kN.m	7.53
	合 計	M	kN.m	304.92
単位幅当り曲げモーメント		MA	kN.m/m	80.96
せん断力	土 圧	SD	kN	198.28
	活荷重	SL	kN	5.20
	合 計	S	kN	203.47
単位幅当りせん断力		SA	kN/m	54.03

(3)定着位置

定着鉄筋 D25

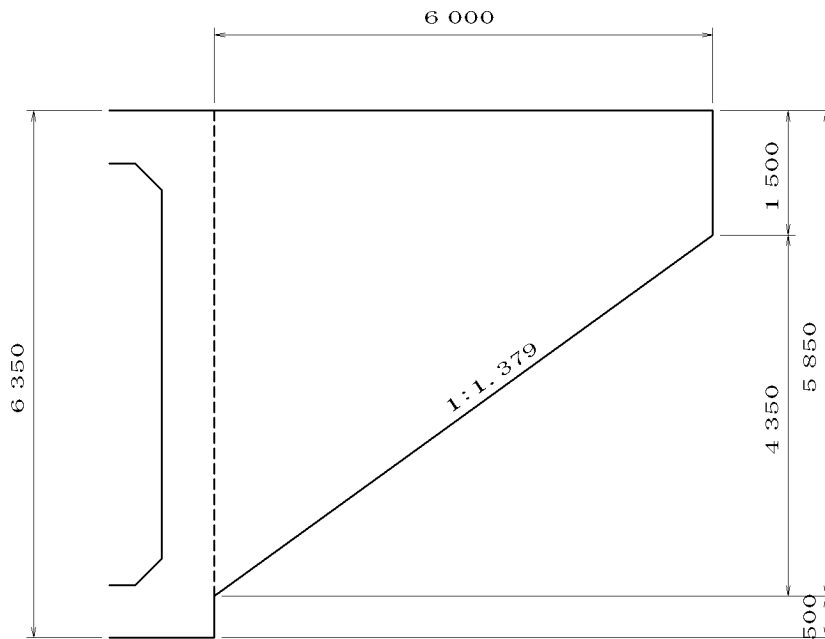
定着長 $L_o = 0.750$ (m)

定着位置 $L = L' + L_o = 2.585$ (m) (ウイング付根からの距離)

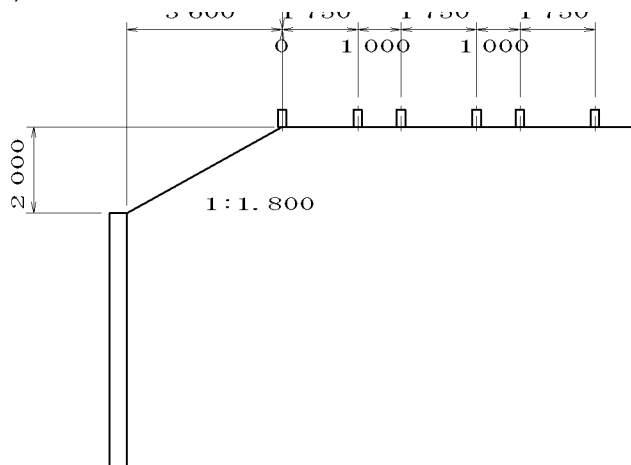
11.2 右口：右ウイング

11.2.1 設計条件

(1)形状寸法図



(2)背面盛土



(3)活荷重

- T荷重 250 (kN) 3台併列載荷
- ウイング付根側：前輪 ウイング先端側：後輪
- 分布角度 = 45.0 (度)
- 前輪荷重強度 = 25.0 (kN)
- 後輪荷重強度 = 100.0 (kN)
- 車輪間隔 = 6.000 (m)

(4) 計算条件

コンクリート	設計基準強度	ck	N/mm ²	30.00
	ヤング係数	Ec	N/mm ²	2.80 × 10 ⁴
	許容曲げ圧縮応力度	ca	N/mm ²	10.00
鉄筋	材質		—	SD345
	許容曲げ引張応力度	sa	N/mm ²	180.00
ヤング係数比		n	—	15.0
取付角度			度	110.0000
土の単位重量			kN/m ³	19.00
土の内部摩擦角			度	30.0
応力度照査位置			—	ハンチ端

11.2.2 断面力計算

(1) 土圧による断面力

着目分割片に作用する土圧

$$Pah = \Delta W \cdot \frac{\tan \beta}{1 + \tan \delta \cdot \tan \beta}$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \theta_s - \phi$$

$$\delta = \frac{\phi}{3} = 10.00 \text{ (度)}$$

ここに、Pah : 着目分割片に作用する土圧 (kN)

W : 着目分割片位置の土の重量 (kN)

s : 着目分割片位置の土の破壊角 (度)

: 土の内部摩擦角 = 30.0 (度)

: 翼壁背面と土との間の壁面摩擦角 (度)

照査断面における断面力

$$SD = (Pah_i)$$

$$MD = (Pah_i \cdot Li)$$

ここに、SD : 照査断面における土圧によるせん断力 (kN)

MD : 照査断面における土圧による曲げモーメント (kN.m)

Li : i番目の着目分割片から照査断面位置までの距離 (m)

1) ハンチ端

$$SD = 357.49 \text{ (kN)}$$

$$MD = 683.29 \text{ (kN.m)}$$

2) ウイング付根

$$SD = 417.29 \text{ (kN)}$$

$$MD = 848.31 \text{ (kN.m)}$$

分割片ごとの断面力

1) ハンチ端

ウイング先端からの距離(m)	分割片幅(m)	破壊角(度)	翼壁高(m)	W(kN)	Pah(kN)	L(m)	Pah・L(kN・m)
~ 0.500	0.500	46.0	1.681	32.46	7.75	5.324	41.27
~ 1.000	0.500	44.0	2.044	40.81	11.14	4.824	53.73
~ 1.500	0.500	43.0	2.406	51.80	15.03	4.324	64.98
~ 2.000	0.500	41.0	2.769	59.70	19.38	3.824	74.11
~ 2.500	0.500	40.0	3.131	70.74	24.20	3.324	80.43
~ 3.000	0.500	40.0	3.494	86.09	29.45	2.824	83.17
~ 3.500	0.500	39.0	3.856	97.72	35.13	2.324	81.66
~ 4.000	0.500	38.0	4.219	109.32	41.23	1.824	75.22
~ 4.500	0.500	38.0	4.581	126.54	47.72	1.324	63.20
~ 5.000	0.500	37.0	4.944	138.38	54.65	0.824	45.05
~ 5.500	0.500	37.0	5.306	156.87	61.95	0.324	20.09
~ 5.574	0.074	36.0	5.514	23.89	9.86	0.037	0.37

2) ウイング付根

ウイング先端からの距離(m)	分割片幅(m)	破壊角(度)	翼壁高(m)	W(kN)	Pah(kN)	L(m)	Pah・L(kN・m)
~ 0.500	0.500	46.0	1.681	32.46	7.75	5.750	44.57
~ 1.000	0.500	44.0	2.044	40.81	11.14	5.250	58.47
~ 1.500	0.500	43.0	2.406	51.80	15.03	4.750	71.37
~ 2.000	0.500	41.0	2.769	59.70	19.38	4.250	82.36
~ 2.500	0.500	40.0	3.131	70.74	24.20	3.750	90.73
~ 3.000	0.500	40.0	3.494	86.09	29.45	3.250	95.70
~ 3.500	0.500	39.0	3.856	97.72	35.13	2.750	96.61
~ 4.000	0.500	38.0	4.219	109.32	41.23	2.250	92.77
~ 4.500	0.500	38.0	4.581	126.54	47.72	1.750	83.52
~ 5.000	0.500	37.0	4.944	138.38	54.65	1.250	68.31
~ 5.500	0.500	37.0	5.306	156.87	61.95	0.750	46.46
~ 6.000	0.500	36.0	5.669	168.76	69.67	0.250	17.42

(2)活荷重による断面力

$$pL = \frac{T}{a \cdot b} \cdot K$$

$$K = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) = 0.3333$$

$$sL = \int_{y1}^{y2} (pL \cdot LB \cdot dy)$$

$$mL = \int_{y1}^{y2} (pL \cdot LB \cdot Lx \cdot dy)$$

ここに、y : ウイング上端からの深さ (m)

pL : yにおける輪荷重による水平土圧強度 (kN/m²)

T : 輪荷重 (kN)

a : yにおける車両進行直角方向の分布幅 (m)

$$a = DL + e + \frac{ao}{2} + (D + y) \cdot \tan \theta$$

DL : 背面盛土幅 = 3.600 (m)

e : 車輪の中心から路面端までの距離 = 0.000 (m)

ao : 車輪接地幅 付根側 = 0.125 (m)
先端側 = 0.500 (m)

D : 背面盛土高 = 2.000 (m)

: 輪荷重の土中分布角度 = 45.0 (度)

b : yにおける車両進行方向の分布幅 (m)

$$b = bo + 2 \cdot (D + y) \cdot \tan$$

bo : 車輪接地幅 = 0.200 (m)

K : 土圧係数 = 0.333

: 土の内部摩擦角 = 30.0 (度)

LB : yにおけるウイングの土圧作用幅 (m)

Lx : yにおける土圧作用幅中心から照査断面位置までの距離 (m)

sL : 照査断面における輪荷重土圧によるせん断力 (kN)

mL : 照査断面における輪荷重土圧による曲げモーメント (kN.m)

1)ハンチ端

付根側輪荷重載荷位置 : ウイング付根から -3.900 (m)

$$sL = (sLi) = 8.91 (kN)$$

$$mL = (mLi) = 16.39 (kN.m)$$

2)ウイング付根

付根側輪荷重載荷位置 : ウイング付根から -3.900 (m)

$$sL = (sLi) = 10.37 (kN)$$

$$mL = (mLi) = 20.49 (kN.m)$$

輪荷重ごとの断面力

1)ハンチ端

	T (kN)	y1 (m)	sL (kN)	mL (kN.m)
T11	25.0	1.537	0.00	0.00
T21	100.0	1.350	7.01	14.38

	T (kN)	y1 (m)	sL (kN)	mL (kN.m)
T12	25.0	3.287	0.00	0.00
T22	100.0	3.100	1.48	1.73
T13	25.0	4.287	0.00	0.00
T23	100.0	4.100	0.41	0.28
T14	25.0	6.037	0.00	0.00
T24	100.0	5.850	0.00	0.00
T15	25.0	7.037	0.00	0.00
T25	100.0	6.850	0.00	0.00
T16	25.0	8.788	0.00	0.00
T26	100.0	8.600	0.00	0.00

2) ウイング付根

	T (kN)	y1 (m)	sL (kN)	mL (kN.m)
T11	25.0	1.537	0.00	0.00
T21	100.0	1.350	7.92	17.56
T12	25.0	3.287	0.00	0.00
T22	100.0	3.100	1.85	2.44
T13	25.0	4.287	0.00	0.00
T23	100.0	4.100	0.60	0.49
T14	25.0	6.037	0.00	0.00
T24	100.0	5.850	0.00	0.00
T15	25.0	7.037	0.00	0.00
T25	100.0	6.850	0.00	0.00
T16	25.0	8.788	0.00	0.00
T26	100.0	8.600	0.00	0.00

(3) 設計断面力

1) ハンチ端

常時

$$MA = \frac{MD + ML}{hA} \cdot \alpha = 151.52 \text{ (kN.m/m)}$$

$$SA = \frac{SD + SL}{hA} \cdot \alpha' = 79.34 \text{ (kN.m/m)}$$

ここに、MA : 単位幅当たりの曲げモーメント (kN.m/m)

SA : 単位幅当たりのせん断力 (kN/m)

hA : ウイングの有効高さ = 5.541 (m)

: 曲げモーメントの割増係数 = 1.200

' : せん断力の割増係数 = 1.200

2)ウイング付根

常時

$$MA = \frac{MD + ML}{hA} \cdot \alpha = 178.22 \text{ (kN.m/m)}$$

$$SA = \frac{SD + SL}{hA} \cdot \alpha' = 87.73 \text{ (kN.m/m)}$$

ここに、MA : 単位幅当たりの曲げモーメント (kN.m/m)

SA : 単位幅当たりのせん断力 (kN/m)

hA : ウイングの有効高さ = 5.850 (m)

: 曲げモーメントの割増係数 = 1.200

' : せん断力の割増係数 = 1.200

11.2.3 応力度計算

照査位置：ハンチ端

項	目	単位	背面・常時
曲げモーメント	M	kN.m	151.5
せん断力	S	kN	79.3
部材幅	b	cm	100.00
部材高	h	cm	40.00
背面側かぶり	d1	cm	10.00
前面側かぶり	d2	cm	10.00
ヤング係数比	n	—	15.0
必要鉄筋量	Asr	cm ²	32.771
背面側使用鉄筋量		mm	D25 @150
	As	cm ²	D— @ — 33.780
前面側使用鉄筋量		mm	D— @ —
	As	cm ²	D— @ — —————
	p	—	0.01126
	K	—	0.436
	C	—	5.365
	S	—	6.935
中立軸位置	X	cm	13.086
応力度	c	N/mm ²	9.03
	s	N/mm ²	175.01
		N/mm ²	0.264
許容応力度	ca	N/mm ²	10.00
	sa	N/mm ²	180.00
	a	N/mm ²	0.525
許容せん断応力度 の補正係数	Ce	—	1.400
	Cpt	—	1.500

11.2.4 隅角部応力度照査

$$M = M' + S' \cdot L$$

ここに、M : 隅角部設計曲げモーメント (kN.m/m)

M' : ウイング付根の曲げモーメント (kN.m/m)

S' : ウイング付根のせん断力 (kN)

L : ウイング付根から隅角部格点までの距離 (m)

(1)常時

$$M = 178.22 + 87.73 \cdot 0.140 = 190.50 \text{ (kN.m/m)}$$

項	目	単位	常時
曲げモーメント	M	kN.m	190.5
部材幅	b	cm	100.00
部材高	h	cm	48.80
有効高	d	cm	38.80
	Z	cm	33.900
ヤング係数比	n	—	15.0
必要鉄筋量	Asr	cm ²	31.295
使用鉄筋量		mm	D25 @150
	As	cm ²	D— @ — 33.780
	p	—	0.00871
	K	—	0.397
	C	—	5.806
	S	—	8.817
中立軸位置	X	cm	15.405
応力度	c	N/mm ²	7.35
	s	N/mm ²	167.47
許容応力度	ca	N/mm ²	10.00
	sa	N/mm ²	180.00

11.2.5 主鉄筋定着位置

主鉄筋の定着位置は、主鉄筋の低減量が計算上不要となる位置(抵抗曲げモーメントと設計曲げモーメントとの交点)から定着長を加えた長さとする。

(1)抵抗曲げモーメント

部材幅	b	cm	100.00
部材高	h	cm	40.00
有効高	d	cm	30.00
ヤング係数比	n	—	15.0
低減後の鉄筋量		mm	D25 @300
	As	cm ²	16.890
許容応力度	ca	N/mm ²	10.00
	sa	N/mm ²	180.00
抵抗曲げモーメント	Mr	kN.m	81.0

(2) 抵抗曲げモーメントと設計曲げモーメントとの交点

付根からの距離		L'	m	1.831
有効幅		hA	m	4.522
曲げモーメント	土 圧	MD	kN.m	298.27
	活荷重	ML	kN.m	6.86
	合 計	M	kN.m	305.13
単位幅当り曲げモーメント		MA	kN.m/m	80.96
せん断力	土 圧	SD	kN	198.69
	活荷重	SL	kN	4.87
	合 計	S	kN	203.56
単位幅当りせん断力		SA	kN/m	54.01

(3) 定着位置

定着鉄筋 D25

定着長 $L_o = 0.750$ (m)

定着位置 $L = L' + L_o = 2.581$ (m) (ウイング付根からの距離)