

BOXカルバートの設計 サンプルデータ

出力例

Sample_7

NEXCO 1BOX 翼壁無し

目次

1章 断面方向の計算	1
1.1 設計条件	1
1.1.1 一般事項	1
1.1.2 一般条件	1
1.1.3 材料の単位重量	1
1.1.4 土圧係数	1
1.1.5 水位	2
1.1.6 路面上載荷重	2
1.1.7 温度変化	2
1.1.8 材料の基準値および許容応力度	2
1.1.9 鉄筋かぶり	3
1.1.10 活荷重	3
1.1.11 断面力計算条件	3
1.1.12 許容支持力度	3
1.2 荷重	4
1.2.1 荷重の組合せ	4
1.2.2 死荷重(case-1)	5
1.2.3 活荷重(case-1)	10
1.2.4 活荷重(case-2)	14
1.3 検討ケース	18
1.4 構造解析モデル	19
1.4.1 骨組図	19
1.4.2 格点	19
1.4.3 部材	20
1.4.4 材質	20
1.4.5 支点	20
1.5 断面力図	22
1.6 応力度計算	25
1.6.1 曲げ応力度	25
1.6.2 せん断応力度	30
1.7 主鉄筋定着位置	32
1.7.1 隅角部（負の曲げモーメント）	32
1.7.2 支間部（正の曲げモーメント）	33
1.7.3 抵抗曲げモーメント、設計曲げモーメント	34
1.8 スターラップ	38
1.9 安定計算	39
1.9.1 死荷重時の計算	39
1.9.2 活荷重の計算	44
1.9.3 荷重組合せケースの安定計算	49
1.9.4 結果一覧	50

1章 断面方向の計算

1.1 設計条件

サイロ効果の影響を考慮した設計

適用基準：設計要領第二集カルバート編（NEXCO）

1.1.1 一般事項

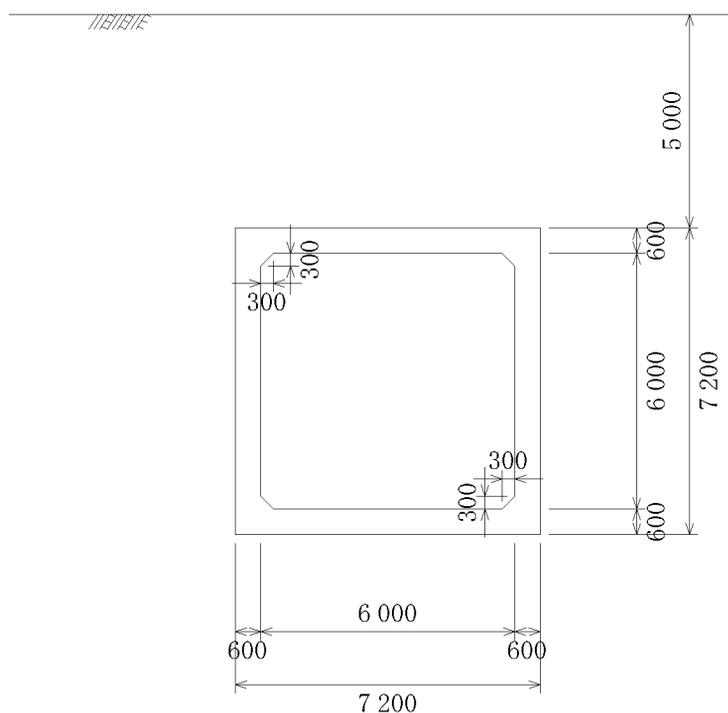
データファイル名：Sample_7.F8B

タイトル：

コメント：

1.1.2 一般条件

(1) 構造寸法図



(2) 基礎形式 地盤反力度（地盤反力度算出方法：全幅）

1.1.3 材料の単位重量

		(kN/m ³)	
舗	装	a	22.50
盛 土	湿 潤	t	19.00
	飽 和	sat	20.00
鉄筋コンクリート		c	24.50
水		w	9.81

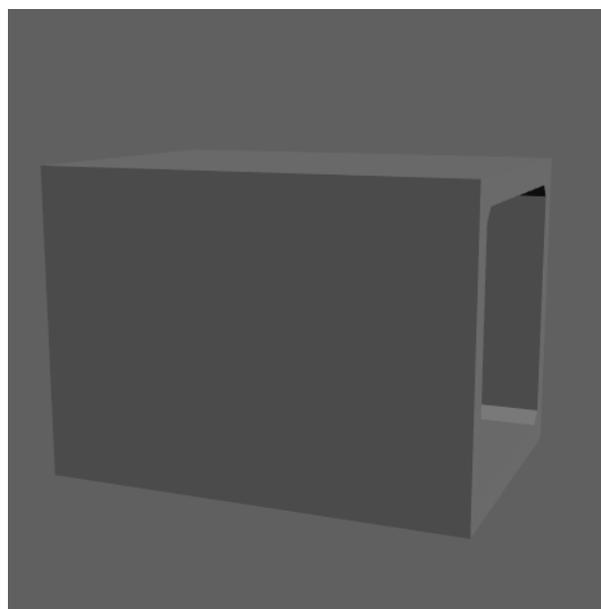
1.1.4 土圧係数

鉛直土圧係数 = 1.137

水平土圧係数 Kh

土のせん断抵抗角 = 30.0（度）

$$Kh = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) = 0.3333$$



1.1.5 水位

case	外水位(m)	内水位(m)
1	0.000	0.000

外水位:底版下面からの高さ

内水位:底版上面からの高さ

1.1.6 路面上載荷重

	(kN/m ²)
雪 荷 重	0.000
歩道荷重	0.000
そ の 他	0.000

1.1.7 温度変化

	温度上昇(度)	温度下降(度)
頂 版	0.0	0.0
左側壁	0.0	0.0
右側壁	0.0	0.0
底 版	0.0	0.0

1.1.8 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
	許容支圧応力度		ca	N/mm ²	9.00	
	許容せん断応力度		a1	N/mm ²	0.250	
	許容せん断応力度		a2	N/mm ²	1.900	
	許容押抜きせん断応力度		a	N/mm ²	1.000	
	許容付着応力度	一般部	oa	N/mm ²	1.80	
		隅角部	oa	N/mm ²	1.80	
ヤ ン グ 係 数		Ec	N/mm ²	2.80 × 10 ⁴		
鉄 筋	材 質		—	—	SD345	
	許容引張応力度		sa	N/mm ²	180.00	
	許容引張応力度(頂版)		sa	N/mm ²	180.00	
	許容圧縮応力度		sa	N/mm ²	200.00	
ヤ ン グ 係 数 比 (Es / Ec)			n	—	15.0	

1.1.9 鉄筋かぶり

部 位		かぶり (cm)	部 位		かぶり (cm)
頂 版	上側	10.0	右側壁	外側	10.0
	下側	10.0		内側	10.0
左側壁	外側	10.0	底 版	上側	10.0
	内側	10.0		下側	10.0
中 壁		—	ハ ン チ 筋		10.0

1.1.10 活荷重

[T荷重 (2軸) 250 (kN)]

土かぶり 4.00 m 以上の場合、分布荷重強度 $q = 10.00$ (kN/m²)

活荷重による地盤反力の低減 = 80.0 (%)

活荷重による水平土圧 考慮

1.1.11 断面力計算条件

- | | |
|----------------|---------|
| (1) 剛 域 | 考慮 |
| (2) 軸線外に作用する荷重 | なし |
| (3) 頂版自重 | 部材厚のみ考慮 |
| (4) 浮力の考え方 | 全幅 |
| (5) 活荷重分布作用位置 | 頂版天端 |
| (6) 底版自重 | 無視する |

1.1.12 許容支持力度

許容支持力度 $q_a = 300.0$ (kN/m²)

1.2 荷重

1.2.1 荷重の組合せ

(1) 死荷重

case	荷重名称	載荷する任意死荷重No
1		—

(2) 活荷重

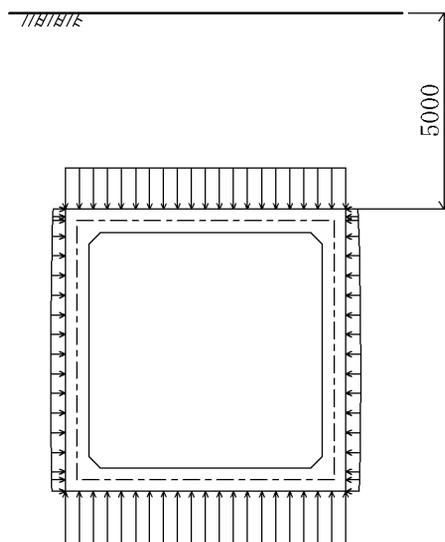
case	荷重種別	荷重名称
1	分布	定型1
2	定型2	側圧

(3) 組合せ

case	死荷重No	活荷重No	検討
1	1	1	
2	1	2	

1.2.2 死荷重(case-1)

[]



躯体自重

(1) 頂版

$$w = 0.600 \times 24.50 = 14.70 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(2) 左側壁

$$w = 0.600 \times 24.50 = 14.70 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(3) 右側壁

$$w = 0.600 \times 24.50 = 14.70 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

上載荷重

(1) 舗装および盛土

$$\text{舗装} = 1.137 \times 0.000 \times 22.50 = 0.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{盛土} = 1.137 \times 5.000 \times 19.00 = 108.01 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$wd = 108.01 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(2) 路面上載荷重

$$\text{雪荷重} = 0.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{歩道荷重} = 0.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{その他} = 0.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$qd = 0.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(3) 頂版に作用する荷重

等分布荷重

$$w = 108.01 + 0.00 = 108.01 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

土圧および水圧

両側壁に作用する水平土圧についてサイロ効果の影響を考慮する。

$$p_i = p_{i+1} \cdot K_h$$

$$p_{i+1} + \gamma \cdot dz - \frac{2 \cdot K_h \cdot p_i \cdot \tan \phi \cdot dz}{b_i} = p_{i+1}$$

ここに、 p_i : 深さ z_i における水平土圧(kN/m²)

: 土の単位体積重量(kN/m³)

p_{i+1} : 深さ z_i における切片の上面の鉛直土圧(kN/m²)

: 土の単位体積重量(kN/m³)

dz : 切片の厚さ(m)

K_h : 水平土圧係数

$$K_h = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = 0.3333$$

: 土のせん断抵抗角 = 30.0 (度)

b_i : 深さ z_i における切片の幅(m)

$$b_i = b_u - n \cdot z_i$$

b_u : サイロ土圧上端における幅(m)

n : 掘削勾配

$dp = p_{i+1} - p_i$ とすると、平衡条件式は次のように表すことができる。

$$\left(\frac{dp}{dz} \right) = \gamma + \frac{D \cdot p}{A(1-z)}$$

ここに、 $A = (b_u / n)$

$$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n$$

上記微分方程式の一般解は次のように求められる。

$$p = \gamma \cdot \frac{-A+z}{1+D} + C \cdot | -A+z |^D$$

サイロ土圧上端における鉛直土圧を p_0 とすると、

積分定数 C は、 $z = 0.0$ のとき $p = p_0$ という境界条件から求まる。

(1)左側壁

サイロ上面より上の土圧

$$p_h = K_h \cdot (q_d + \gamma_o \cdot a + \gamma_{so} \cdot z_o)$$

K_h : 水平土圧係数 = 0.3333

q_d : 路面上載荷重 = 0.00 (kN/m²)

γ_o : 舗装厚 = 0.000 (m)

a : 舗装の単位重量 = 22.50 (kN/m³)

z_o : 着目位置での土砂深さ(m)

: 土砂の単位重量 = 19.00 (kN/m³)

着目位置	z_o (m)	p_h (kN/m ²)
頂版天端	5.000	31.67
サイロ上面	5.200	32.93

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $D_s = 7.000$ (m)
 サイロ上面の幅 $b_u = 3.600$ (m)
 サイロ下面の幅 $b_l = 1.500$ (m)
 掘削勾配 $n = 0.3000$
 サイロ上面での鉛直土圧 $p_o = 98.80$ (kN/m²)

$p_h = p \cdot K_h$

$$p = \gamma \cdot \frac{-A+z}{1+D} + C \cdot |-A+z|^0$$

$A = (b_u / n) = 12.0000$

$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n = -1.2830$

$z = 0.0$ のとき $p = p_o$ より、 $C = -29.157$

頂版天端からの深さ (m)	サイロ上面からの深さ z(m)	p_h (kN/m ²)
0.200	0.000	32.93
0.300	0.100	33.21
0.700	0.500	34.26
1.200	1.000	35.44
1.700	1.500	36.46
2.200	2.000	37.32
2.700	2.500	38.01
3.200	3.000	38.52
3.700	3.500	38.85
4.200	4.000	38.98
4.700	4.500	38.92
5.200	5.000	38.66
5.700	5.500	38.17
6.200	6.000	37.45
6.700	6.500	36.49
6.900	6.700	36.03
7.200	7.000	35.27

(2)右側壁

サイロ上面より上の土圧

$p_h = K_h \cdot (q_d + Y_o \cdot a + Z_o \cdot \gamma)$

K_h : 水平土圧係数 = 0.3333

q_d : 路面上載荷重 = 0.00 (kN/m²)

Y_o : 舗装厚 = 0.000 (m)

a : 舗装の単位重量 = 22.50 (kN/m³)

Z_o : 着目位置での土砂深さ (m)

: 土砂の単位重量 = 19.00 (kN/m³)

着目位置	Zo (m)	ph(kN/m ²)
頂版天端	5.000	31.67
サイロ上面	5.200	32.93

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $D_s = 7.000$ (m)
 サイロ上面の幅 $b_u = 3.600$ (m)
 サイロ下面の幅 $b_l = 1.500$ (m)
 掘削勾配 $n = 0.3000$
 サイロ上面での鉛直土圧 $p_o = 98.80$ (kN/m²)
 $p_h = p \cdot K_h$

$$p = \gamma \cdot \frac{-A+z}{1+D} + C \cdot |-A+z|^D$$

$$A = (b_u / n) = 12.0000$$

$$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \theta / n = -1.2830$$

$$z = 0.0 \text{ のとき } p = p_o \text{ より、 } C = -29.157$$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)
0.200	0.000	32.93
0.300	0.100	33.21
0.700	0.500	34.26
1.200	1.000	35.44
1.700	1.500	36.46
2.200	2.000	37.32
2.700	2.500	38.01
3.200	3.000	38.52
3.700	3.500	38.85
4.200	4.000	38.98
4.700	4.500	38.92
5.200	5.000	38.66
5.700	5.500	38.17
6.200	6.000	37.45
6.700	6.500	36.49
6.900	6.700	36.03
7.200	7.000	35.27

外力集計

項目		V (kN/m)	H (kN/m)	x (m)	y (m)	M (kN.m/m)
躯体自重	頂版	108.05		3.600		388.96
	左側壁	88.20		0.300		26.46
	右側壁	88.20		6.900		608.58
上載荷重		777.71		3.600		2799.75
土圧	左側壁	主働	6.46		7.099	45.86
		サイロ	260.82		3.457	901.79
土圧	右側壁	主働	-6.46		7.099	-45.86
		サイロ	-260.82		3.457	-901.79
合計		1062.15				3823.75

外力集計表では、全幅、全高に作用する全ての荷重を集計している。

地盤反力

(1) 合力の作用位置および偏心距離

$$X = \frac{\sum M}{\sum V} = 3.600 \text{ (m)}$$

$$e = \frac{B}{2} - X = 0.000 \text{ (m)}$$

(2) 地盤反力度 (算出方法: 全幅)

$$Me = V \times e = 0.00 \text{ (kN.m/m)}$$

$$q_l = \frac{\sum V}{B} + \frac{6 \times Me}{B^2} = 147.52 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_r = \frac{\sum V}{B} - \frac{6 \times Me}{B^2} = 147.52 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_l' = q_l + \frac{q_r - q_l}{B} \times \frac{T}{2} = 147.52 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_r' = q_r + \frac{q_l - q_r}{B} \times \frac{T}{2} = 147.52 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、T : 側壁厚

q_l : BOX全幅左端の地盤反力度

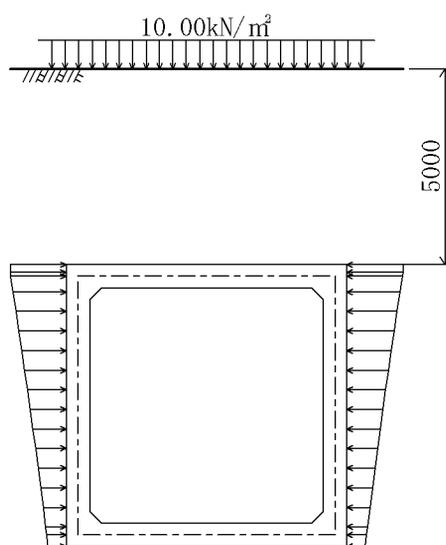
q_r : BOX全幅右端の地盤反力度

q_l' : 底版軸線左端の地盤反力度

q_r' : 底版軸線右端の地盤反力度

1.2.3 活荷重(case-1)

[分 布 : 定型1]



活荷重強度

土被り厚 5.000 (m) 4.000 (m) より、路面に $qL = 10.000$ (kN/m²) を載荷する。

載荷荷重

(1) 頂版に作用する鉛直荷重

$$wl = qL = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(2) 側壁に作用する水平荷重 (活荷重土圧)

両側壁に作用する水平土圧についてサイロ効果の影響を考慮する。

$$p_i = p_i \cdot K_h$$

$$p_i - \frac{2 \cdot K_h \cdot p_i \cdot \tan \phi \cdot dz}{b_i} = p_{i+1}$$

- ここに、 p_i : 深さ z_i における水平土圧(kN/m²)
- p_i : 深さ z_i における切片の上面の鉛直荷重(kN/m²)
- dz : 切片の厚さ(m)
- K_h : 水平土圧係数

$$K_h = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = 0.3333$$

: 土のせん断抵抗角 = 30.0 (度)

b_i : 深さ z_i における切片の幅(m)

$$b_i = b_u - n \cdot z_i$$

b_u : サイロ土圧上端における幅(m)

n : 掘削勾配

$dp = p_{i+1} - p_i$ とすると、平衡条件式は次のように表すことができる。

$$\left(\frac{dp}{dz} \right) = \frac{D \cdot p}{A(1-z)}$$

ここに、 $A = (b_u / n)$

$$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n$$

上記微分方程式の一般解は次のように求められる。

$$p = C \cdot |1 - A + z|^{-D}$$

サイロ土圧上端における鉛直荷重を w_l とすると、
積分定数 C は、 $z = 0.0$ のとき $p = w_l$ という境界条件から求まる。

1) 左側壁

換算等分布荷重

$$w_l = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ上面より上の水平土圧 (BOX天端 ~ 0.200(m))

$$p_h = K_h \times w_l = 0.3333 \times 10.00 = 3.33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $D_s = 7.000 \text{ (m)}$

サイロ上面の幅 $b_u = 3.600 \text{ (m)}$

サイロ下面の幅 $b_l = 1.500 \text{ (m)}$

掘削勾配 $n = 0.3000$

サイロ上面での鉛直土圧 $p_o = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

$$p_h = p \cdot K_h$$

$$p = C \cdot |1 - A + z|^{-D}$$

$$A = (b_u / n) = 12.0000$$

$$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n = -1.2830$$

$$z = 0.0 \text{ のとき } p = w_l \text{ より、 } C = 0.412$$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	p_h (kN/m ²)
0.200	0.000	3.33
0.300	0.100	3.30
0.700	0.500	3.16
1.200	1.000	2.98

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)
1.700	1.500	2.81
2.200	2.000	2.64
2.700	2.500	2.47
3.200	3.000	2.30
3.700	3.500	2.14
4.200	4.000	1.98
4.700	4.500	1.82
5.200	5.000	1.67
5.700	5.500	1.52
6.200	6.000	1.37
6.700	6.500	1.23
6.900	6.700	1.17
7.200	7.000	1.08

2) 右側壁

換算等分布荷重

$$wl = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ上面より上の水平土圧 (BOX天端 ~ 0.200(m))

$$ph = Kh \times wl = 0.3333 \times 10.00 = 3.33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $D_s = 7.000 \text{ (m)}$

サイロ上面の幅 $b_u = 3.600 \text{ (m)}$

サイロ下面の幅 $b_l = 1.500 \text{ (m)}$

掘削勾配 $n = 0.3000$

サイロ上面での鉛直土圧 $p_o = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

$$ph = p \cdot Kh$$

$$p = C \cdot \{-A + z\}^{-D}$$

$$A = (b_u / n) = 12.0000$$

$$D = -2 \cdot Kh \cdot \tan \theta / n = -1.2830$$

$$z = 0.0 \text{ のとき } p = wl \text{ より、 } C = 0.412$$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)
0.200	0.000	3.33
0.300	0.100	3.30
0.700	0.500	3.16
1.200	1.000	2.98
1.700	1.500	2.81
2.200	2.000	2.64
2.700	2.500	2.47
3.200	3.000	2.30
3.700	3.500	2.14

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)
4.200	4.000	1.98
4.700	4.500	1.82
5.200	5.000	1.67
5.700	5.500	1.52
6.200	6.000	1.37
6.700	6.500	1.23
6.900	6.700	1.17
7.200	7.000	1.08

外力集計

項目		V (kN/m)	H (kN/m)	x (m)	y (m)	M (kN.m/m)
頂版	分布	72.00		3.600		259.20
左側壁	主働土圧		0.67		7.100	4.73
	サイロ土圧		15.15		4.108	62.22
右側壁	主働土圧		-0.67		7.100	-4.73
	サイロ土圧		-15.15		4.108	-62.22
合計		72.00				259.20

外力集計表では、全幅、全高に作用する全ての荷重を集計している。

地盤反力

(1) 合力の作用位置および偏心距離

$$X = \frac{\sum M}{\sum V} = 3.600 \text{ (m)}$$

$$e = \frac{B}{2} - X = 0.000 \text{ (m)}$$

(2) 地盤反力度 (算出方法: 全幅)

$$Me = V \times e = 0.00 \text{ (kN.m/m)}$$

$$q_l = \left(\frac{\sum V}{B} + \frac{6 \times Me}{B^2} \right) \times 0.800 = 8.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_r = \left(\frac{\sum V}{B} - \frac{6 \times Me}{B^2} \right) \times 0.800 = 8.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_l' = q_l + \frac{q_r - q_l}{B} \times \frac{T}{2} = 8.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_r' = q_r + \frac{q_l - q_r}{B} \times \frac{T}{2} = 8.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、T : 側壁厚

q_l : BOX全幅左端の地盤反力度

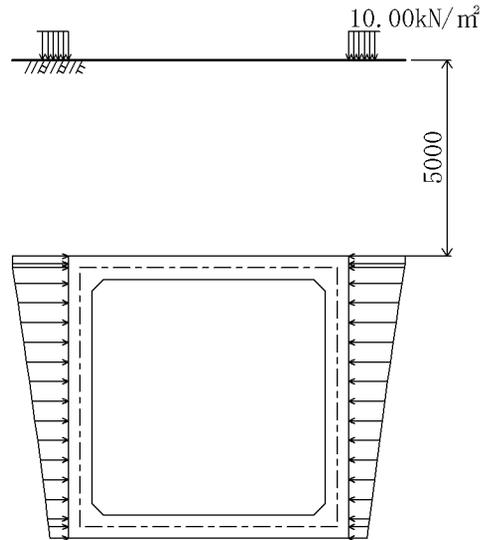
q_r : BOX全幅右端の地盤反力度

q_l' : 底版軸線左端の地盤反力度

q_r' : 底版軸線右端の地盤反力度

1.2.4 活荷重(case-2)

[定型2：側圧]



載荷荷重

側壁に作用する水平荷重（活荷重土圧）

両側壁に作用する水平土圧についてサイロ効果の影響を考慮する。

$$\phi = p_i \cdot K_h$$

$$p_i - \frac{2 \cdot K_h \cdot p_i \cdot \tan \phi \cdot dz}{b_i} = p_{i+1}$$

- ここに、 ϕ : 深さ z_i における水平土圧(kN/m²)
- p_i : 深さ z_i における切片の上面の鉛直荷重(kN/m²)
- dz : 切片の厚さ(m)
- K_h : 水平土圧係数

$$K_h = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = 0.3333$$

: 土のせん断抵抗角 = 30.0 (度)

b_i : 深さ z_i における切片の幅(m)

$$b_i = b_u - n \cdot z_i$$

b_u : サイロ土圧上端における幅(m)

n : 掘削勾配

$dp = p_{i+1} - p_i$ とすると、平衡条件式は次のように表すことができる。

$$\left(\frac{dp}{dz} \right) = \frac{D \cdot p}{A(1-z)}$$

ここに、 $A = (b_u / n)$

$$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n$$

上記微分方程式の一般解は次のように求められる。

$$p = C \cdot (1-A+z)^{-D}$$

サイロ土圧上端における鉛直荷重を w_l とすると、

積分定数 C は、 $z = 0.0$ のとき $p = w_l$ という境界条件から求まる。

1)左側壁

換算等分布荷重

$$w_l = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ上面より上の水平土圧 (BOX天端 ~ 0.200(m))

$$ph = Kh \times wl = 0.3333 \times 10.00 = 3.33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $Ds = 7.000 \text{ (m)}$

サイロ上面の幅 $bu = 3.600 \text{ (m)}$

サイロ下面の幅 $bl = 1.500 \text{ (m)}$

掘削勾配 $n = 0.3000$

サイロ上面での鉛直土圧 $po = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

$$ph = p \cdot Kh$$

$$p = C \cdot \{-A + z\}^{-D}$$

$$A = (bu / n) = 12.0000$$

$$D = -2 \cdot Kh \cdot \tan / n = -1.2830$$

$$z = 0.0\text{のとき } p = wl \text{ より、 } C = 0.412$$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)
0.200	0.000	3.33
0.300	0.100	3.30
0.700	0.500	3.16
1.200	1.000	2.98
1.700	1.500	2.81
2.200	2.000	2.64
2.700	2.500	2.47
3.200	3.000	2.30
3.700	3.500	2.14
4.200	4.000	1.98
4.700	4.500	1.82
5.200	5.000	1.67
5.700	5.500	1.52
6.200	6.000	1.37
6.700	6.500	1.23
6.900	6.700	1.17
7.200	7.000	1.08

2) 右側壁

換算等分布荷重

$$wl = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ上面より上の水平土圧 (BOX天端 ~ 0.200(m))

$$ph = Kh \times wl = 0.3333 \times 10.00 = 3.33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $D_s = 7.000$ (m)
 サイロ上面の幅 $b_u = 3.600$ (m)
 サイロ下面の幅 $b_l = 1.500$ (m)
 掘削勾配 $n = 0.3000$
 サイロ上面での鉛直土圧 $p_o = 10.00$ (kN/m²)

$ph = p \cdot Kh$

$p = C \cdot |-A + z|^{-D}$

$A = (b_u / n) = 12.0000$

$D = -2 \cdot Kh \cdot \tan \phi / n = -1.2830$

$z = 0.0$ のとき $p = w_l$ より、 $C = 0.412$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)
0.200	0.000	3.33
0.300	0.100	3.30
0.700	0.500	3.16
1.200	1.000	2.98
1.700	1.500	2.81
2.200	2.000	2.64
2.700	2.500	2.47
3.200	3.000	2.30
3.700	3.500	2.14
4.200	4.000	1.98
4.700	4.500	1.82
5.200	5.000	1.67
5.700	5.500	1.52
6.200	6.000	1.37
6.700	6.500	1.23
6.900	6.700	1.17
7.200	7.000	1.08

外力集計

項目		H (kN/m)	y (m)	M (kN.m/m)
左側壁	主働土圧	0.67	7.100	4.73
	サイロ土圧	15.15	4.108	62.22
右側壁	主働土圧	-0.67	7.100	-4.73
	サイロ土圧	-15.15	4.108	-62.22
合計				0.00

外力集計表では、全幅、全高に作用する全ての荷重を集計している。

地盤反力

(1) 地盤反力度 (算出方法: 全幅)

$$q_l = \pm \left(\frac{6 \times M_e}{B^2} \right) \times 0.800 = 0.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_r = 0.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_l' = q_l + \frac{q_r - q_l}{B} \times \frac{T}{2} = 0.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_r' = q_r + \frac{q_l - q_r}{B} \times \frac{T}{2} = 0.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、T : 側壁厚

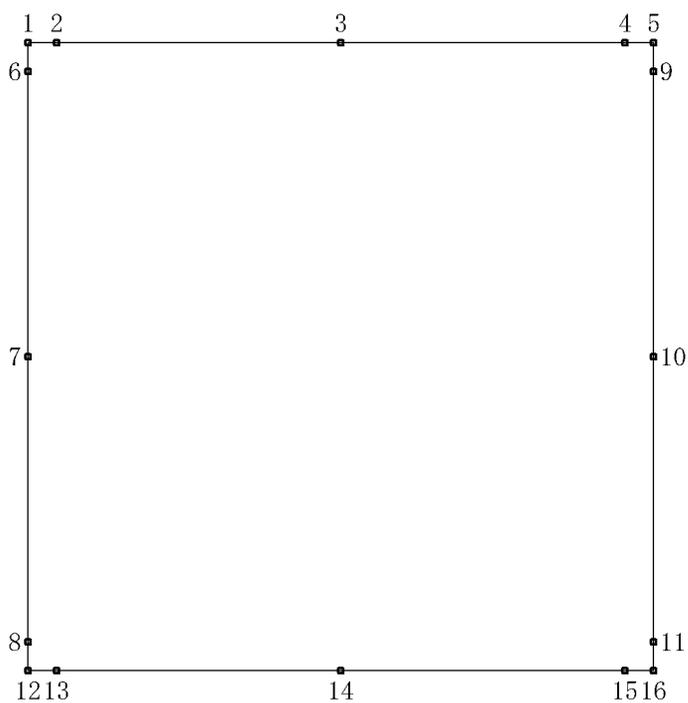
q_l : BOX全幅左端の地盤反力度q_r : BOX全幅右端の地盤反力度q_l' : 底版軸線左端の地盤反力度q_r' : 底版軸線右端の地盤反力度

1.3 検討ケース

No	荷 重 名 称
1	死荷重-1
2	死-1+活-1
3	死-1+活-2

1.4 構造解析モデル

1.4.1 骨組図



1.4.2 格点

No	X(m)	Y(m)
1	0.000	6.600
2	0.300	6.600
3	3.300	6.600
4	6.300	6.600
5	6.600	6.600
6	0.000	6.300
7	0.000	3.300
8	0.000	0.300
9	6.600	6.300
10	6.600	3.300
11	6.600	0.300
12	0.000	0.000
13	0.300	0.000
14	3.300	0.000
15	6.300	0.000
16	6.600	0.000

1.4.3 部材

$$A = 1.0 \times \text{部材厚}$$

$$I = 1.0 \times \text{部材厚}^3 / 12$$

No	始格点	終格点	A(m ²)	I(m ⁴)
1	1	2	剛域	剛域
2	2	3	0.6000	0.0180
3	3	4	0.6000	0.0180
4	4	5	剛域	剛域
5	1	6	剛域	剛域
6	6	7	0.6000	0.0180
7	7	8	0.6000	0.0180
8	8	12	剛域	剛域
9	5	9	剛域	剛域
10	9	10	0.6000	0.0180
11	10	11	0.6000	0.0180
12	11	16	剛域	剛域
13	12	13	剛域	剛域
14	13	14	0.6000	0.0180
15	14	15	0.6000	0.0180
16	15	16	剛域	剛域

1.4.4 材質

$$\text{ヤング係数 } E = 2.80 \times 10^7 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{線膨張係数 } = 1.00 \times 10^{-5} \text{ (1/)}$$

1.4.5 支点

(1) 支点ケース1

格点	水平 (kN/m)	鉛直 (kN/m)	回転 (kN.m/rad)
12	-1	-1	0
14	0	0	0
16	0	-1	0

注) -1 : 固定, 0 : 自由

(2) 支点ケース2

格点	水平 (kN/m)	鉛直 (kN/m)	回転 (kN.m/rad)
12	0	-1	0
14	0	0	0
16	-1	-1	0

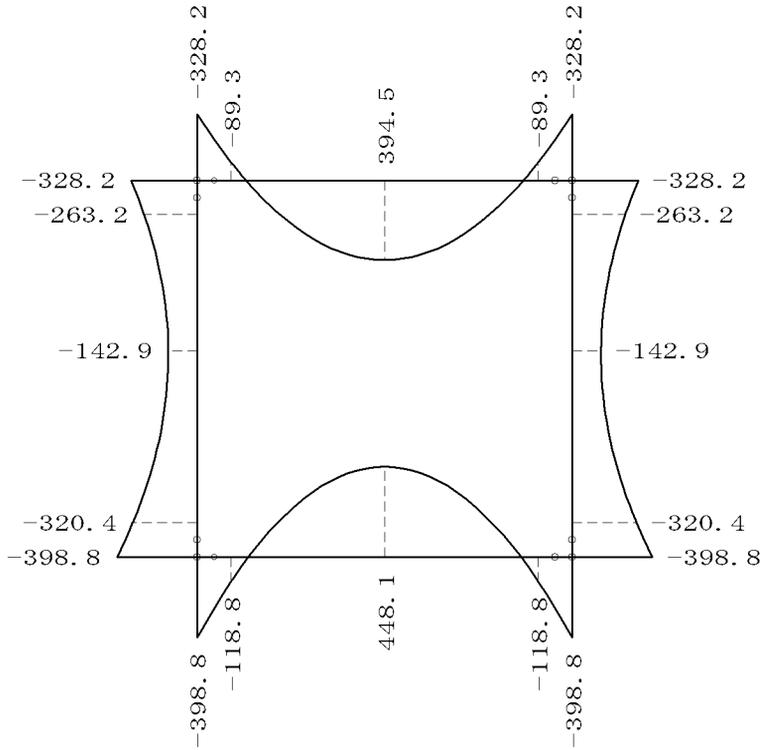
注) -1 : 固定, 0 : 自由

(3) 荷重ケースごとの支点ケース

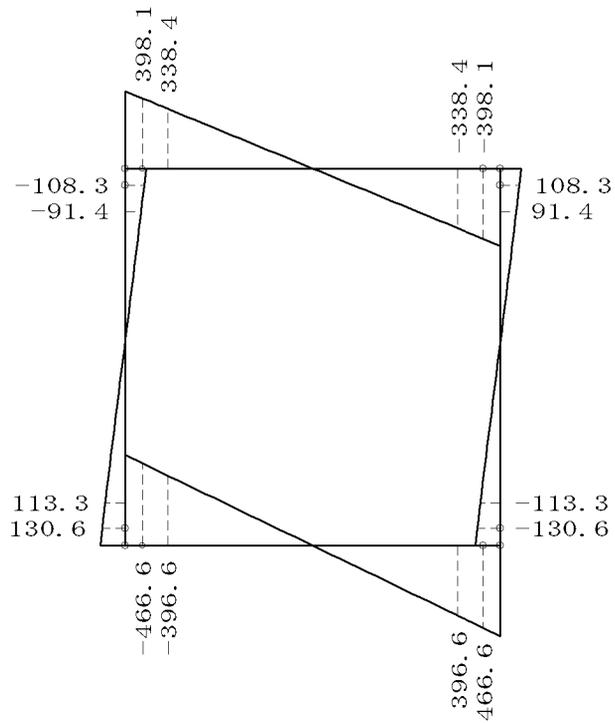
荷重 CASE	荷 重 名 称	支点 CASE
1	死荷重-1	1
2	死-1+活-1	1
3	死-1+活-2	1

検討ケース 2

曲げモーメント図

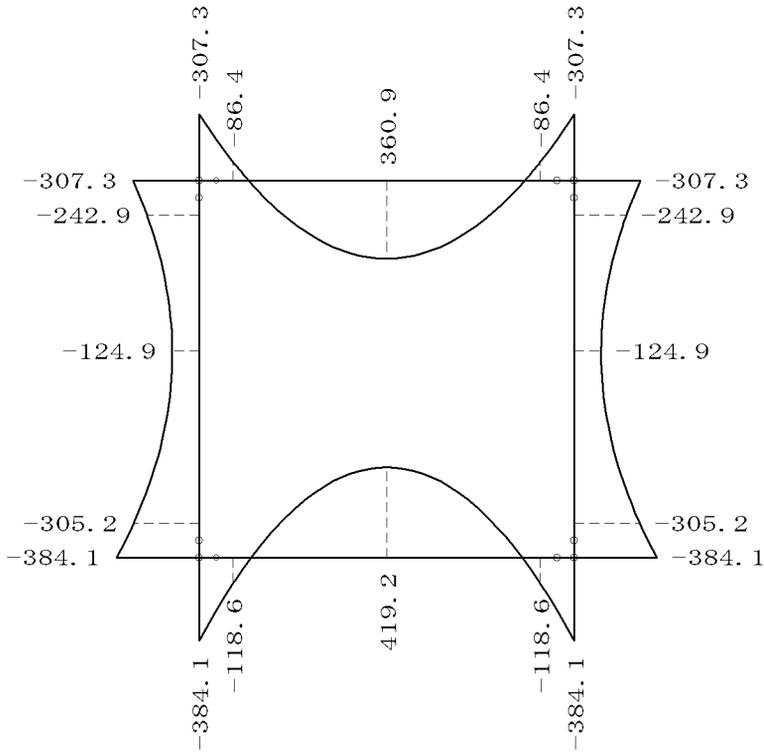


せん断力図

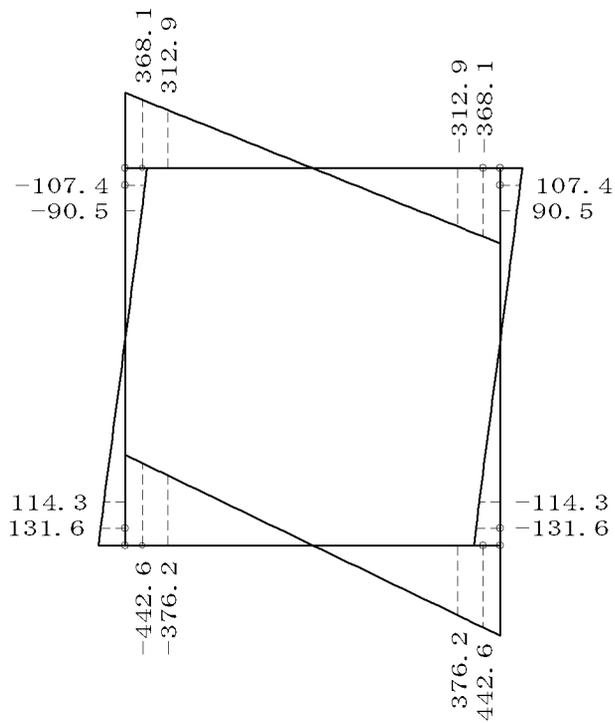


検討ケース 3

曲げモーメント図



せん断力図



1.6 応力度計算

1.6.1 曲げ応力度

頂 版

項 目		単 位	左隅角部	支 間 部	右隅角部
			外側引張	内側引張	外側引張
曲げモーメント	M	kN.m	-89.3	394.5	-89.3
軸 力	N	kN	119.4	119.4	119.4
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	60.00	60.00	60.00
有 効 高	d	cm	50.00	50.00	50.00
外側鉄筋かぶり	d1	cm	10.00	10.00	10.00
内側鉄筋かぶり	d2	cm	10.00	10.00	10.00
必要鉄筋量	外側	cm ²	7.07	0.00	7.07
	内側	cm ²	0.00	47.64	0.00
使用鉄筋	外側	cm ²	D22 @150 D— @— 25.807	D— @— D— @— ————	D22 @150 D— @— 25.807
	内側	cm ²	D— @— D— @— ————	D32 @150 D— @— 52.947	D— @— D— @— ————
中 立 軸	X	cm	20.487	22.356	20.487
応 力 度	c	N/mm ²	2.56	8.80	2.56
	s	N/mm ²	55.29	163.16	55.29
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	2	2

最小鉄筋量照査

項 目		単 位	左隅角部	支 間 部	右隅角部
			外側引張	内側引張	外側引張
曲げモーメント	M	kN.m	-89.3	394.5	-89.3
軸 力	N	kN	119.4	119.4	119.4
	Mu	kN.m	460.4	872.8	460.4
	Mc	kN.m	145.2	145.2	145.2
	1.7M	kN.m	151.8	670.6	151.8
	0.008・A1'	cm ²	0.95	0.95	0.95
全使用鉄筋量	As'	cm ²	25.81	52.95	25.81
引張側使用鉄筋量	As	cm ²	25.81	52.95	25.81
判 定	—	—	OK	OK	OK
検 討 ケ ー ス	—	—	2	2	2

1)Mu Mc, 2)1.7M Mc, 3)As 5(cm²), 4)As' 0.008・A1'
 1),2)のどちらかと3),4)を満足するときOK
 Mu: 最大抵抗曲げモーメント, Mc: ひびわれ曲げモーメント
 $A1' = N / (0.008 \cdot sa + ca)$
 sa: 鉄筋の許容圧縮応力度 = 200.00(N/mm²)
 ca: コンクリートの許容軸圧縮応力度 = 8.50(N/mm²)

左側壁

項 目		単 位	上隅角部	支 間 部	下隅角部
			外側引張	外側引張	外側引張
曲げモーメント	M	kN.m	-263.2	-142.9	-320.4
軸 力	N	kN	442.4	477.4	521.7
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	60.00	60.00	60.00
有 効 高	d	cm	50.00	50.00	50.00
外側鉄筋かぶり	d1	cm	10.00	10.00	10.00
内側鉄筋かぶり	d2	cm	10.00	10.00	10.00
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	20.57	3.40	26.18
	内側	cm ²	3.37	1.11	3.27
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D22 @150 D— @— 25.807	D22 @300 D— @— 12.903	D25 @150 D— @— 33.780
	内側	cm ²	D13 @300 D— @— 4.223	D13 @300 D— @— 4.223	D13 @300 D— @— 4.223
中 立 軸	X	cm	21.508	24.353	23.321
応 力 度	c	N/mm ²	7.42	4.54	8.38
	s	N/mm ²	147.36	71.75	143.80
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	2	2

最小鉄筋量照査

項 目		単 位	上隅角部	支 間 部	下隅角部
			外側引張	外側引張	外側引張
曲げモーメント	M	kN.m	-263.2	-142.9	-320.4
軸 力	N	kN	442.4	477.4	521.7
	Mu	kN.m	547.5	357.4	683.6
	Mc	kN.m	177.5	181.0	185.4
	1.7M	kN.m	447.4	243.0	544.7
	0.008・A1'	cm ²	3.50	3.78	4.13
全使用鉄筋量	As'	cm ²	30.03	17.13	38.00
引張側使用鉄筋量	As	cm ²	25.81	12.90	33.78
判 定	—	—	OK	OK	OK
検 討 ケ ー ス	—	—	2	2	2

1)Mu Mc, 2)1.7M Mc, 3)As 5(cm²), 4)As' 0.008・A1'
 1),2)のどちらかと3),4)を満足するときOK
 Mu: 最大抵抗曲げモーメント, Mc: ひびわれ曲げモーメント
 $A1' = N / (0.008 \cdot sa + ca)$
 sa: 鉄筋の許容圧縮応力度 = 200.00(N/mm²)
 ca: コンクリートの許容軸圧縮応力度 = 8.50(N/mm²)

右側壁

項 目		単 位	上隅角部	支 間 部	下隅角部
			外側引張	外側引張	外側引張
曲げモーメント	M	kN.m	-263.2	-142.9	-320.4
軸 力	N	kN	442.4	477.4	521.7
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	60.00	60.00	60.00
有 効 高	d	cm	50.00	50.00	50.00
外側鉄筋かぶり	d1	cm	10.00	10.00	10.00
内側鉄筋かぶり	d2	cm	10.00	10.00	10.00
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	20.57	3.40	26.18
	内側	cm ²	3.37	1.11	3.27
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D22 @150 D— @— 25.807	D22 @300 D— @— 12.903	D25 @150 D— @— 33.780
	内側	cm ²	D13 @300 D— @— 4.223	D13 @300 D— @— 4.223	D13 @300 D— @— 4.223
中 立 軸	X	cm	21.508	24.353	23.321
応 力 度	c	N/mm ²	7.42	4.54	8.38
	s	N/mm ²	147.36	71.75	143.80
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	2	2

最小鉄筋量照査

項 目		単 位	上隅角部	支 間 部	下隅角部
			外側引張	外側引張	外側引張
曲げモーメント	M	kN.m	-263.2	-142.9	-320.4
軸 力	N	kN	442.4	477.4	521.7
	Mu	kN.m	547.5	357.4	683.6
	Mc	kN.m	177.5	181.0	185.4
	1.7M	kN.m	447.4	243.0	544.7
	0.008・A1'	cm ²	3.50	3.78	4.13
全使用鉄筋量	As'	cm ²	30.03	17.13	38.00
引張側使用鉄筋量	As	cm ²	25.81	12.90	33.78
判 定	—	—	OK	OK	OK
検 討 ケ ー ス	—	—	2	2	2

1)Mu Mc, 2)1.7M Mc, 3)As 5(cm²), 4)As' 0.008・A1'
 1), 2)のどちらかと3), 4)を満足するときOK
 Mu: 最大抵抗曲げモーメント, Mc: ひびわれ曲げモーメント
 $A1' = N / (0.008 \cdot sa + ca)$
 sa: 鉄筋の許容圧縮応力度 = 200.00(N/mm²)
 ca: コンクリートの許容軸圧縮応力度 = 8.50(N/mm²)

底 版

項 目		単 位	左隅角部	支 間 部	右隅角部
			外側引張	内側引張	外側引張
曲げモーメント	M	kN.m	-118.8	448.1	-118.8
軸 力	N	kN	141.9	141.9	141.9
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	60.00	60.00	60.00
有 効 高	d	cm	50.00	50.00	50.00
外側鉄筋かぶり	d1	cm	10.00	10.00	10.00
内側鉄筋かぶり	d2	cm	10.00	10.00	10.00
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	10.15	0.00	10.15
	内側	cm ²	0.00	54.46	0.00
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D25 @150 D— @— 33.780	D— @— D— @— —	D25 @150 D— @— 33.780
	内側	cm ²	D— @— D— @— —	D35 @150 D— @— 63.773	D— @— D— @— —
中 立 軸	X	cm	21.969	23.894	21.969
応 力 度	c	N/mm ²	3.14	9.49	3.14
	s	N/mm ²	60.10	155.47	60.10
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	2	2

最小鉄筋量照査

項 目		単 位	左隅角部	支 間 部	右隅角部
			外側引張	内側引張	外側引張
曲げモーメント	M	kN.m	-118.8	448.1	-118.8
軸 力	N	kN	141.9	141.9	141.9
	Mu	kN.m	590.8	1032.1	590.8
	Mc	kN.m	147.4	147.4	147.4
	1.7M	kN.m	202.0	761.7	202.0
	0.008・A1'	cm ²	1.12	1.12	1.12
全使用鉄筋量	As'	cm ²	33.78	63.77	33.78
引張側使用鉄筋量	As	cm ²	33.78	63.77	33.78
判 定	—	—	OK	OK	OK
検 討 ケ ー ス	—	—	2	2	2

1)Mu Mc, 2)1.7M Mc, 3)As 5(cm²), 4)As' 0.008・A1'
 1),2)のどちらかと3),4)を満足するときOK
 Mu: 最大抵抗曲げモーメント, Mc: ひびわれ曲げモーメント
 $A1' = N / (0.008 \cdot sa + ca)$
 sa: 鉄筋の許容圧縮応力度 = 200.00(N/mm²)
 ca: コンクリートの許容軸圧縮応力度 = 8.50(N/mm²)

対角線断面の照査

項 目	単 位	左 上	右 上	左 下	右 下	
曲げモーメント	M	kN.m	-328.2	-328.2	-398.8	-398.8
軸 力	N	kN	397.2	397.2	469.3	469.3
部 材 幅	b	cm	100.00	100.00	100.00	100.00
部 材 高	h	cm	78.94	78.94	78.94	78.94
有 効 高	d	cm	68.94	68.94	68.94	68.94
	d1	cm	0.00	0.00	0.00	0.00
内側鉄筋かぶり	d2	cm	10.00	10.00	10.00	10.00
必 要 鉄 筋 量	外側	cm ²	18.41	18.41	23.26	23.26
	内側	cm ²	0.00	0.00	0.00	0.00
使 用 鉄 筋	外側	cm ²	D22 @150 D— @— 25.807	D22 @150 D— @— 25.807	D25 @150 D— @— 33.780	D25 @150 D— @— 33.780
	内側	cm ²	D— @— D— @— —	D— @— D— @— —	D— @— D— @— —	D— @— D— @— —
中 立 軸	X	cm	26.585	26.585	28.984	28.984
応 力 度	c	N/mm ²	5.57	5.57	6.25	6.25
	s	N/mm ²	133.23	133.23	129.27	129.27
許 容 応 力 度	ca	N/mm ²	10.00	10.00	10.00	10.00
	sa	N/mm ²	180.00	180.00	180.00	180.00
検 討 ケ ー ス	—	—	2	2	2	2

最小鉄筋量照査

項 目	単 位	左 上	右 上	左 下	右 下	
曲げモーメント	M	kN.m	-328.2	-328.2	-398.8	-398.8
軸 力	N	kN	397.2	397.2	469.3	469.3
	Mu	kN.m	737.2	737.2	934.8	934.8
	Mc	kN.m	282.9	282.9	292.4	292.4
	1.7M	kN.m	557.9	557.9	677.9	677.9
	0.008・A1'	cm ²	3.15	3.15	3.72	3.72
全使用鉄筋量	As'	cm ²	25.81	25.81	33.78	33.78
引張側使用鉄筋量	As	cm ²	25.81	25.81	33.78	33.78
判 定	—	—	OK	OK	OK	OK
検 討 ケ ー ス	—	—	2	2	2	2

1)Mu Mc, 2)1.7M Mc, 3)As 5(cm²), 4)As' 0.008・A1'
 1),2)のどちらかと3),4)を満足するときOK
 Mu: 最大抵抗曲げモーメント, Mc: ひびわれ曲げモーメント
 $A1' = N / (0.008 \cdot sa + ca)$
 sa: 鉄筋の許容圧縮応力度 = 200.00(N/mm²)
 ca: コンクリートの許容軸圧縮応力度 = 8.50(N/mm²)

1.6.2 せん断応力度

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

b = 100.0 (cm)

部材	照査位置	S (kN)	d (cm)	m (N/mm ²)	a (N/mm ²)	検討ケース	L (m)
頂版	左 点	338.4	50.00	0.677	0.514	2	0.750
	右 点	-338.4	50.00	0.677	0.514	2	0.750
左側壁	上 点	-91.4	50.00	0.183	0.458	2	0.750
	下 点	114.3	50.00	0.229	0.491	3	0.750
右側壁	上 点	91.4	50.00	0.183	0.458	2	0.750
	下 点	-114.3	50.00	0.229	0.491	3	0.750
底版	左 点	-396.6	50.00	0.793	0.523	2	0.750
	右 点	396.6	50.00	0.793	0.523	2	0.750

注) 点 : せん断応力度照査位置

L : 隅角部格点からの距離

許容せん断応力度の割増

部材	照査位置	M (kN.m)	N (kN)	Ac (m ²)	Ic (m ⁴)	y (m)	Mo (kN.m)	CN
頂版	左 点	-37.0	119.4	0.600	0.0180	0.300	11.9	1.32
	右 点	-37.0	119.4	0.600	0.0180	0.300	11.9	1.32
左側壁	上 点	-249.0	444.6	0.600	0.0180	0.300	44.5	1.18
	下 点	-287.6	486.5	0.600	0.0180	0.300	48.7	1.17
右側壁	上 点	-249.0	444.6	0.600	0.0180	0.300	44.5	1.18
	下 点	-287.6	486.5	0.600	0.0180	0.300	48.7	1.17
底版	左 点	-57.6	141.9	0.600	0.0180	0.300	14.2	1.25
	右 点	-57.6	141.9	0.600	0.0180	0.300	14.2	1.25

部材	照査位置	d (cm)	Ce	pt (%)	Cpt
頂版	左 点	50.00	1.286	0.52	1.210
	右 点	50.00	1.286	0.52	1.210
左側壁	上 点	50.00	1.286	0.52	1.210
	下 点	50.00	1.286	0.68	1.305
右側壁	上 点	50.00	1.286	0.52	1.210
	下 点	50.00	1.286	0.68	1.305
底版	左 点	50.00	1.286	0.68	1.305
	右 点	50.00	1.286	0.68	1.305

$$\tau_a = C_e \times C_{pt} \times CN \times \tau_{a1}$$

ここに τ_a : 許容せん断応力度

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

τ_{a1} : 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

CN : 軸方向圧縮力による補正係数

$$CN = 1 + \frac{M_o}{M} \leq 2.0$$

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

$$M_o = \frac{N}{A_c} \times \frac{I_c}{y}$$

M : 部材断面に作用する曲げモーメント

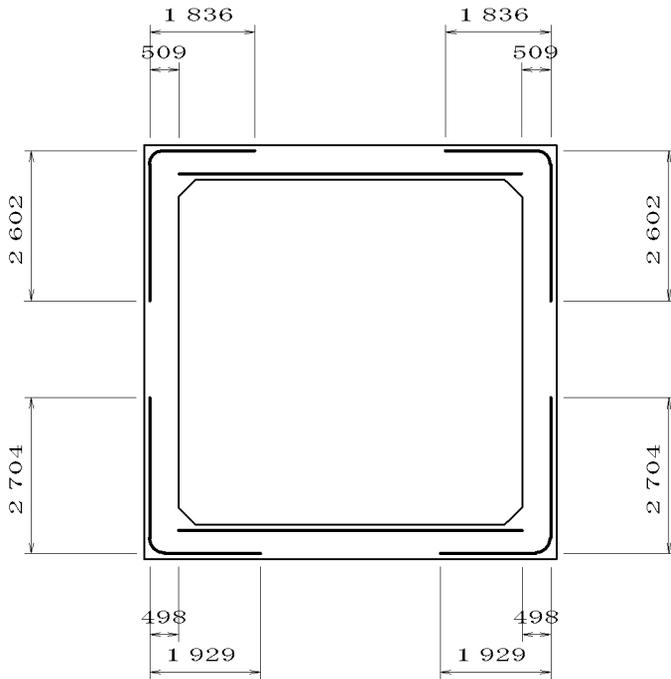
N : 部材断面に作用する軸圧縮力

I_c : 部材断面の図心軸に関する断面二次モーメント

A_c : 部材断面積

y : 部材断面の図心より部材引張縁までの距離

1.7 主鉄筋定着位置



1.7.1 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	D22	D22	D22	D25	D22	D25	D25	D25
ピ ッ チ	mm	@300	@300	@300	@300	@300	@300	@300	@300
(鉄筋径)	mm	(D22)	(D22)	(D22)	(D25)	(D22)	(D25)	(D25)	(D25)
(1) Lm	cm	47.6	47.6	124.2	125.4	124.2	125.4	47.9	47.9
(2) d	cm	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
(3) Lap	cm	66.0	66.0	66.0	75.0	66.0	75.0	75.0	75.0
定着位置	cm	163.6	163.6	240.2	250.4	240.2	250.4	172.9	172.9
Lr	cm	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Le	cm	183.6	183.6	260.2	270.4	260.2	270.4	192.9	192.9
検討ケース	—	—	—	—	—	—	—	—	—

- 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

1.7.2 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	D35	D35
ピ ッ チ	mm	@300	@300	@300	@300
（鉄筋径）	mm	(D32)	(D32)	(D35)	(D35)
(1) Lm	cm	176.9	176.9	184.8	184.8
(2) d	cm	50.0	50.0	50.0	50.0
(3) Lap	cm	96.0	96.0	105.0	105.0
定着位置	cm	30.9	30.9	29.8	29.8
Lr	cm	20.00	20.00	20.00	20.00
Le	cm	50.9	50.9	49.8	49.8
検討ケース	—	—	—	—	—

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

1.7.3 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 (kN.m)	Mr (kN.m)	M (kN.m)
0.300	-135.0	-202.7	236.5	-186.8
0.458	-135.0	-141.5	236.5	-130.2
0.600	-135.0	-89.3	236.5	-81.9
0.616	-135.0	-83.6	236.5	-76.7
0.750	-134.8	-38.1	236.5	-33.6
0.774	-134.8	-30.7	236.5	-26.2
0.932	-134.8	16.7	238.6	22.3
1.089	-134.8	61.0	238.6	70.2
1.247	-134.8	102.3	238.6	114.9
1.405	-134.8	140.6	238.6	156.3
1.563	-134.8	175.8	238.6	194.3
1.721	-134.8	207.9	238.6	229.0
1.879	-134.8	237.0	238.6	260.5
2.037	-134.8	263.0	238.6	288.6
2.195	-134.8	285.9	238.6	313.4
2.353	-134.8	305.8	238.6	334.9
2.511	-134.8	322.6	238.6	353.1
2.668	-134.8	336.4	238.6	368.0
2.826	-134.8	347.1	238.6	379.6
2.984	-134.8	354.7	238.6	387.9
3.142	-134.8	359.3	238.6	392.8
3.300	-134.8	360.9	238.6	394.5
3.300	-134.8	360.9	238.6	394.5
3.458	-134.8	359.3	238.6	392.8
3.616	-134.8	354.7	238.6	387.9
3.774	-134.8	347.1	238.6	379.6
3.932	-134.8	336.4	238.6	368.0
4.089	-134.8	322.6	238.6	353.1
4.247	-134.8	305.8	238.6	334.9
4.405	-134.8	285.9	238.6	313.4
4.563	-134.8	263.0	238.6	288.6
4.721	-134.8	237.0	238.6	260.5
4.879	-134.8	207.9	238.6	229.0
5.037	-134.8	175.8	238.6	194.3
5.195	-134.8	140.6	238.6	156.3
5.353	-134.8	102.3	238.6	114.9
5.511	-134.8	61.0	238.6	70.2
5.668	-134.8	16.7	238.6	22.3
5.826	-134.8	-30.7	236.5	-26.2
5.850	-134.8	-38.1	236.5	-33.6
5.984	-135.0	-83.6	236.5	-76.7
6.000	-135.0	-89.3	236.5	-81.9
6.142	-135.0	-141.5	236.5	-130.2
6.300	-135.0	-202.7	236.5	-186.8

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 (kN.m)	Mr (kN.m)	M (kN.m)
0.300	-205.7	-294.0	117.1	-271.3
0.458	-206.2	-277.3	117.6	-256.0
0.600	-206.7	-263.2	118.0	-242.9
0.616	-206.7	-261.6	118.1	-241.4
0.750	-207.2	-249.0	118.5	-228.9
0.774	-207.2	-246.9	118.6	-226.8
0.932	-207.7	-233.1	119.1	-213.1
1.089	-208.2	-220.2	119.7	-200.4
1.247	-208.7	-208.3	120.2	-188.7
1.405	-209.2	-197.4	120.7	-177.9
1.563	-209.7	-187.5	121.2	-168.1
1.721	-210.2	-178.5	121.8	-159.3
1.879	-210.7	-170.6	122.3	-151.5
2.037	-211.2	-163.6	122.8	-144.7
2.195	-211.7	-157.6	123.3	-138.8
2.353	-212.2	-152.7	123.8	-134.0
2.511	-212.7	-148.7	124.4	-130.2
2.668	-213.2	-145.8	124.9	-127.4
2.826	-213.6	-143.8	125.4	-125.7
2.984	-214.1	-142.9	125.9	-124.9
3.142	-214.6	-143.0	126.4	-125.1
3.300	-215.1	-144.2	126.9	-126.4
3.300	-244.6	-144.2	126.9	-126.4
3.458	-245.1	-146.3	127.5	-128.7
3.616	-245.5	-149.5	128.0	-132.0
3.774	-246.0	-153.7	128.5	-136.4
3.932	-246.5	-158.9	129.0	-141.7
4.089	-247.0	-165.1	129.5	-148.1
4.247	-247.5	-172.4	130.0	-155.5
4.405	-248.0	-180.6	130.6	-163.9
4.563	-248.4	-189.9	131.1	-173.3
4.721	-248.9	-200.2	131.6	-183.8
4.879	-249.4	-211.5	132.1	-195.2
5.037	-249.9	-223.8	132.6	-207.7
5.195	-250.4	-237.1	133.1	-221.2
5.353	-250.9	-251.5	133.6	-235.6
5.511	-251.3	-266.7	134.2	-251.1
5.668	-251.8	-283.0	134.7	-267.5
5.826	-252.3	-300.3	135.2	-284.9
5.850	-252.4	-303.0	135.3	-287.6
5.984	-252.8	-318.5	135.7	-302.6
6.000	-252.8	-320.4	135.8	-304.4
6.142	-253.3	-337.7	136.2	-321.1
6.300	-253.7	-357.9	136.7	-340.6

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 (kN.m)	Mr (kN.m)	M (kN.m)
0.300	-205.7	-294.0	117.1	-271.3
0.458	-206.2	-277.3	117.6	-256.0
0.600	-206.7	-263.2	118.0	-242.9
0.616	-206.7	-261.6	118.1	-241.4
0.750	-207.2	-249.0	118.5	-228.9
0.774	-207.2	-246.9	118.6	-226.8
0.932	-207.7	-233.1	119.1	-213.1
1.089	-208.2	-220.2	119.7	-200.4
1.247	-208.7	-208.3	120.2	-188.7
1.405	-209.2	-197.4	120.7	-177.9
1.563	-209.7	-187.5	121.2	-168.1
1.721	-210.2	-178.5	121.8	-159.3
1.879	-210.7	-170.6	122.3	-151.5
2.037	-211.2	-163.6	122.8	-144.7
2.195	-211.7	-157.6	123.3	-138.8
2.353	-212.2	-152.7	123.8	-134.0
2.511	-212.7	-148.7	124.4	-130.2
2.668	-213.2	-145.8	124.9	-127.4
2.826	-213.6	-143.8	125.4	-125.7
2.984	-214.1	-142.9	125.9	-124.9
3.142	-214.6	-143.0	126.4	-125.1
3.300	-215.1	-144.2	126.9	-126.4
3.300	-244.6	-144.2	126.9	-126.4
3.458	-245.1	-146.3	127.5	-128.7
3.616	-245.5	-149.5	128.0	-132.0
3.774	-246.0	-153.7	128.5	-136.4
3.932	-246.5	-158.9	129.0	-141.7
4.089	-247.0	-165.1	129.5	-148.1
4.247	-247.5	-172.4	130.0	-155.5
4.405	-248.0	-180.6	130.6	-163.9
4.563	-248.4	-189.9	131.1	-173.3
4.721	-248.9	-200.2	131.6	-183.8
4.879	-249.4	-211.5	132.1	-195.2
5.037	-249.9	-223.8	132.6	-207.7
5.195	-250.4	-237.1	133.1	-221.2
5.353	-250.9	-251.5	133.6	-235.6
5.511	-251.3	-266.7	134.2	-251.1
5.668	-251.8	-283.0	134.7	-267.5
5.826	-252.3	-300.3	135.2	-284.9
5.850	-252.4	-303.0	135.3	-287.6
5.984	-252.8	-318.5	135.7	-302.6
6.000	-252.8	-320.4	135.8	-304.4
6.142	-253.3	-337.7	136.2	-321.1
6.300	-253.7	-357.9	136.7	-340.6

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 (kN.m)	Mr (kN.m)	M (kN.m)
0.300	-170.9	-251.8	282.7	-240.6
0.458	-170.9	-180.1	282.7	-172.5
0.600	-170.9	-118.8	282.7	-114.4
0.616	-171.1	-112.3	282.7	-108.2
0.750	-171.1	-60.5	282.7	-56.4
0.774	-171.1	-51.6	282.7	-47.5
0.932	-171.1	5.4	283.8	11.9
1.089	-171.1	58.7	283.8	68.1
1.247	-171.1	108.4	283.8	120.4
1.405	-171.1	154.4	283.8	168.9
1.563	-171.1	196.7	283.8	213.5
1.721	-171.1	235.3	283.8	254.2
1.879	-171.1	270.2	283.8	291.0
2.037	-171.1	301.5	283.8	324.0
2.195	-171.1	329.1	283.8	353.1
2.353	-171.1	353.0	283.8	378.3
2.511	-171.1	373.2	283.8	399.6
2.668	-171.1	389.7	283.8	417.0
2.826	-171.1	402.6	283.8	430.6
2.984	-171.1	411.8	283.8	440.3
3.142	-171.1	417.3	283.8	446.1
3.300	-171.1	419.2	283.8	448.1
3.300	-171.1	419.2	283.8	448.1
3.458	-171.1	417.3	283.8	446.1
3.616	-171.1	411.8	283.8	440.3
3.774	-171.1	402.6	283.8	430.6
3.932	-171.1	389.7	283.8	417.0
4.089	-171.1	373.2	283.8	399.6
4.247	-171.1	353.0	283.8	378.3
4.405	-171.1	329.1	283.8	353.1
4.563	-171.1	301.5	283.8	324.0
4.721	-171.1	270.2	283.8	291.0
4.879	-171.1	235.3	283.8	254.2
5.037	-171.1	196.7	283.8	213.5
5.195	-171.1	154.4	283.8	168.9
5.353	-171.1	108.4	283.8	120.4
5.511	-171.1	58.7	283.8	68.1
5.668	-171.1	5.4	283.8	11.9
5.826	-171.1	-51.6	282.7	-47.5
5.850	-171.1	-60.5	282.7	-56.4
5.984	-171.1	-112.3	282.7	-108.2
6.000	-170.9	-118.8	282.7	-114.4
6.142	-170.9	-180.1	282.7	-172.5
6.300	-170.9	-251.8	282.7	-240.6

1.8 スターラップ

$$S_c = a \times b \times d$$

a : 許容せん断応力度 (N/mm²)

b : 部材幅 = 1000 (mm)

d : 有効高 (mm)

S_c : コンクリートが負担するせん断力 (N)

$$S' h = S - S_c$$

S' h : スターラップが負担するせん断力 (N)

S : せん断力 (N)

$$A_w = \frac{1.15 \times S' h \times a}{\sigma_{sa} \times d \times 10}$$

A_w : スターラップの断面積 (cm²)

a : スターラップの間隔 (cm)

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

部材	照査位置	S _c (kN)	S' h (kN)	(N/mm ²)	a (N/mm ²)	スターラップの断面積 (cm ²)			
						スターラップの間隔 (cm)			
						12.5	15.0	25.0	30.0
頂版	左 点	257.1	81.3	0.677	0.514	1.30	1.56	2.60	3.12
	右 点	257.1	81.3	0.677	0.514	1.30	1.56	2.60	3.12
左側壁	上 点	——	——	0.183	0.458	0.00	0.00	0.00	0.00
	下 点	——	——	0.229	0.491	0.00	0.00	0.00	0.00
右側壁	上 点	——	——	0.183	0.458	0.00	0.00	0.00	0.00
	下 点	——	——	0.229	0.491	0.00	0.00	0.00	0.00
底版	左 点	261.5	135.1	0.793	0.523	2.16	2.59	4.32	5.18
	右 点	261.5	135.1	0.793	0.523	2.16	2.59	4.32	5.18

1.9 安定計算

1.9.1 死荷重時の計算

躯体自重

部 位	計 算 式	V (kN/m)	X (m)	M (kN.m/m)
頂 版	$7.200 \times 0.600 \times 24.50$	105.84	3.600	381.02
左側壁	$6.000 \times 0.600 \times 24.50$	88.20	0.300	26.46
右側壁	$6.000 \times 0.600 \times 24.50$	88.20	6.900	608.58
底 版	$7.200 \times 0.600 \times 24.50$	105.84	3.600	381.02
ハンチ	$1/2 \times 0.300 \times 0.300 \times 24.50$	1.10	0.700	0.77
	$1/2 \times 0.300 \times 0.300 \times 24.50$	1.10	6.500	7.17
	$1/2 \times 0.300 \times 0.300 \times 24.50$	1.10	0.700	0.77
	$1/2 \times 0.300 \times 0.300 \times 24.50$	1.10	6.500	7.17
合 計		392.49	—	1412.96

上載荷重

(1) 路面上載荷重

$$\text{雪荷重} = 0.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{歩道荷重} = 0.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{その他} = 0.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$qd = 0.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(2) 舗装および盛土

$$\text{舗装} = 1.137 \times 0.000 \times 22.50 = 0.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{盛土} = 1.137 \times 5.000 \times 19.00 = 108.01 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$wd = 108.01 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(3) 荷重集計

$$V = (0.000 + 108.01) \times 7.200 = 777.708 \text{ (kN/m)}$$

$$X = \frac{7.200}{2} = 3.600 \text{ (m)}$$

$$M = V \times X = 2799.75 \text{ (kN.m/m)}$$

土圧

両側壁に作用する水平土圧についてサイロ効果の影響を考慮する。

$$p_h = p_i \cdot K_h$$

$$p_{i+1} + \gamma \cdot dz - \frac{2 \cdot K_h \cdot p_i \cdot \tan \phi \cdot dz}{b_i} = p_{i+1}$$

ここに、 p_h : 深さ z_i における水平土圧(kN/m²)

: 土の単位体積重量(kN/m³)

p_i : 深さ z_i における切片の上面の鉛直土圧(kN/m²)

: 土の単位体積重量(kN/m³)

dz : 切片の厚さ(m)

K_h : 水平土圧係数

$$K_h = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = 0.3333$$

: 土のせん断抵抗角 = 30.0 (度)

b_i : 深さ z_i における切片の幅(m)

$$b_i = b_u - n \cdot z_i$$

b_u : サイロ土圧上端における幅(m)

n : 掘削勾配

$dp = p_{i+1} - p_i$ とすると、平衡条件式は次のように表すことができる。

$$\left(\frac{dp}{dz} \right) = \gamma + \frac{D \cdot p}{A(1-z)}$$

ここに、 $A = (b_u / n)$

$$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n$$

上記微分方程式の一般解は次のように求められる。

$$p = \gamma \cdot \frac{-A+z}{1+D} + C \cdot | -A+z |^D$$

サイロ土圧上端における鉛直土圧を p_0 とすると、

積分定数 C は、 $z = 0.0$ のとき $p = p_0$ という境界条件から求まる。

[case-1]

a) 左側壁

サイロ上面より上の土圧

$$p_h = K_h \cdot (q_d + \gamma_0 \cdot a + \gamma_s \cdot z_0)$$

$$K_h : \text{水平土圧係数} = 0.3333$$

$$q_d : \text{路面上載荷重} = 0.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\gamma_0 : \text{舗装厚} = 0.000 \text{ (m)}$$

$$a : \text{舗装の単位重量} = 22.50 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$z_0 : \text{着目位置での土砂深さ BOX天端} = 5.000 \text{ (m)}$$

$$\text{サイロ上面} = 5.200 \text{ (m)}$$

$$\gamma_s : \text{土砂の単位重量} = 19.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

BOX天端 $ph1 = 31.67 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

サイロ上面 $ph2 = 32.93 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

BOX天端からサイロ上面までの高さ $h1 = 0.200 \text{ (m)}$

サイロ上面からBOX底面までの高さ $h2 = 7.000 \text{ (m)}$

$$H1 = \frac{1}{2} \cdot (ph1 + ph2) \cdot h1 = 6.46 \text{ (kN/m)}$$

$$M1 = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot ph1 + ph2) \cdot h1^2 + H \cdot h2 = 45.86 \text{ (kN.m/m)}$$

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $Ds = 7.000 \text{ (m)}$

サイロ上面の幅 $bu = 3.600 \text{ (m)}$

サイロ下面の幅 $bl = 1.500 \text{ (m)}$

掘削勾配 $n = 0.3000$

サイロ上面での鉛直土圧 $po = 98.80 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

$$ph = p \cdot Kh$$

$$p = \gamma \cdot \frac{-A+z}{1+D} + C \cdot |-A+z|^D$$

$$A = (bu / n) = 12.0000$$

$$D = -2 \cdot Kh \cdot \tan / n = -1.2830$$

$$z = 0.0\text{のとき } p = po \text{ より、 } C = -29.157$$

$$\text{水平力 } H2i = \frac{1}{2} \cdot (phi-1 + phi) \cdot (zi - zi-1)$$

$$\text{モーメント } M2i = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot phi-1 + phi) \cdot (zi - zi-1)^2 + H2i \cdot (Ds- zi)$$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)	H2 (kN/m)	M2 (kN.m/m)
0.200	0.000	32.93	—————	—————
0.300	0.100	33.21	3.31	22.99
0.700	0.500	34.26	13.50	90.40
1.200	1.000	35.44	17.43	108.89
1.700	1.500	36.46	17.98	103.34
2.200	2.000	37.32	18.45	96.82
2.700	2.500	38.01	18.83	89.43
3.200	3.000	38.52	19.13	81.29
3.700	3.500	38.85	19.34	72.52
4.200	4.000	38.98	19.46	63.23
4.700	4.500	38.92	19.48	53.56
5.200	5.000	38.66	19.39	43.64
5.700	5.500	38.17	19.21	33.62
6.200	6.000	37.45	18.90	23.65
6.700	6.500	36.49	18.48	13.88

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)	H2 (kN/m)	M2 (kN.m/m)
6.900	6.700	36.03	7.25	2.90
7.200	7.000	35.27	10.69	1.61
合計			260.82	901.79

$$H = (H_i) = 267.28 \text{ (kN/m)}$$

$$M = (M_i) = 947.66 \text{ (kN.m/m)}$$

b) 右側壁

サイロ上面より上の土圧

$$p_h = K_h \cdot (q_d + Y_o \cdot a + Z_o \cdot \gamma)$$

$$K_h : \text{水平土圧係数} = 0.3333$$

$$q_d : \text{路面上載荷重} = 0.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$Y_o : \text{舗装厚} = 0.000 \text{ (m)}$$

$$a : \text{舗装の単位重量} = 22.50 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$Z_o : \text{着目位置での土砂深さ BOX天端} = 5.000 \text{ (m)}$$

$$\text{サイロ上面} = 5.200 \text{ (m)}$$

$$\gamma : \text{土砂の単位重量} = 19.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$\text{BOX天端 } p_{h1} = 31.67 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{サイロ上面 } p_{h2} = 32.93 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{BOX天端からサイロ上面までの高さ } h_1 = 0.200 \text{ (m)}$$

$$\text{サイロ上面からBOX底面までの高さ } h_2 = 7.000 \text{ (m)}$$

$$H_1 = \frac{1}{2} \cdot (p_{h1} + p_{h2}) \cdot h_1 = -6.46 \text{ (kN/m)}$$

$$M_1 = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot p_{h1} + p_{h2}) \cdot h_1^2 + H_1 \cdot h_2 = -45.86 \text{ (kN.m/m)}$$

サイロ土圧

$$\text{サイロ土圧を考慮する高さ } D_s = 7.000 \text{ (m)}$$

$$\text{サイロ上面の幅 } b_u = 3.600 \text{ (m)}$$

$$\text{サイロ下面の幅 } b_l = 1.500 \text{ (m)}$$

$$\text{掘削勾配 } n = 0.3000$$

$$\text{サイロ上面での鉛直土圧 } p_o = 98.80 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$p_h = p \cdot K_h$$

$$p = \gamma \cdot \frac{-A+z}{1+D} + C \cdot | -A+z |^D$$

$$A = (b_u / n) = 12.0000$$

$$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n = -1.2830$$

$$z = 0.0 \text{ のとき } p = p_o \text{ より、 } C = -29.157$$

$$\text{水平力 } H_{2i} = \frac{1}{2} \cdot (p_{hi-1} + p_{hi}) \cdot (z_i - z_{i-1})$$

$$\text{モーメント } M_{2i} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot p_{hi-1} + p_{hi}) \cdot (z_i - z_{i-1})^2 + H_{2i} \cdot (D_s - z_i)$$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)	H2 (kN/m)	M2 (kN.m/m)
0.200	0.000	32.93	—	—
0.300	0.100	33.21	-3.31	-22.99
0.700	0.500	34.26	-13.50	-90.40
1.200	1.000	35.44	-17.43	-108.89
1.700	1.500	36.46	-17.98	-103.34
2.200	2.000	37.32	-18.45	-96.82
2.700	2.500	38.01	-18.83	-89.43
3.200	3.000	38.52	-19.13	-81.29
3.700	3.500	38.85	-19.34	-72.52
4.200	4.000	38.98	-19.46	-63.23
4.700	4.500	38.92	-19.48	-53.56
5.200	5.000	38.66	-19.39	-43.64
5.700	5.500	38.17	-19.21	-33.62
6.200	6.000	37.45	-18.90	-23.65
6.700	6.500	36.49	-18.48	-13.88
6.900	6.700	36.03	-7.25	-2.90
7.200	7.000	35.27	-10.69	-1.61
合 計			-260.82	-901.79

H = (Hi) = -267.28 (kN/m)

M = (Mi) = -947.66 (kN.m/m)

揚圧・浮力

1) [case-1]

外水位 = 0.000 (m)

集計

(1) [CASE-1]

1) [case-1]

部 位	V (kN/m)	H (kN/m)	M (kN.m/m)
躯体自重	392.49	—	1412.96
上載荷重	777.71	—	2799.75
土 圧	左	—	267.28
	右	—	-267.28
合 計	1170.20	0.00	4212.71

1.9.2 活荷重の計算

(1) 定型1

分布荷重

1) 頂版に作用する鉛直荷重

$$w = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$v = 10.00 \times 7.20 = 72.00 \text{ (kN/m)}$$

$$X = \frac{7.200}{2} = 3.600 \text{ (m)}$$

$$M = V \times X = 259.20 \text{ (kN.m/m)}$$

2) 側壁に作用する水平荷重

両側壁に作用する水平土圧についてサイロ効果の影響を考慮する。

$$p_{hi} = p_i \cdot K_h$$

$$p_i - \frac{2 \cdot K_h \cdot p_i \cdot \tan \phi \cdot dz}{b_i} = p_{i+1}$$

ここに、 p_{hi} : 深さ z_i における水平土圧(kN/m²) p_i : 深さ z_i における切片の上面の鉛直荷重(kN/m²) dz : 切片の厚さ(m) K_h : 水平土圧係数

$$K_h = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = 0.3333$$

: 土のせん断抵抗角 = 30.0 (度)

 b_i : 深さ z_i における切片の幅(m)

$$b_i = b_u - n \cdot z_i$$

 b_u : サイロ土圧上端における幅(m) n : 掘削勾配 $dp = p_{i+1} - p_i$ とすると、平衡条件式は次のように表すことができる。

$$\left(\frac{dp}{dz} \right) = \frac{D \cdot p}{A(1-z)}$$

ここに、 $A = (b_u / n)$

$$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n$$

上記微分方程式の一般解は次のように求められる。

$$p = C \cdot \{1 - A + z\}^{-D}$$

サイロ土圧上端における鉛直荷重を w_l とすると、積分定数 C は、 $z = 0.0$ のとき $p = w_l$ という境界条件から求まる。

a) 左側壁

換算等分布荷重

$$w_l = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ上面より上の水平土圧 (BOX天端 ~ 0.200(m))

$$p_h = K_h \times w_l = 0.3333 \times 10.00 = 3.33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

BOX天端からサイロ上面までの高さ $h = 0.200$ (m)

$$H_1 = p_h \times h = 0.67 \text{ (kN/m)}$$

$$M_1 = H_1 \times (D_s + h/2) = 4.73 \text{ (kN.m/m)}$$

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $D_s = 7.000$ (m)
 サイロ上面の幅 $b_u = 3.600$ (m)
 サイロ下面の幅 $b_l = 1.500$ (m)
 掘削勾配 $n = 0.3000$
 サイロ上面での鉛直土圧 $p_o = 10.00$ (kN/m²)

$p_h = p \cdot K_h$

$p = C \cdot \{ -A + z \}^{-D}$

$A = (b_u / n) = 12.0000$

$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n = -1.2830$

$z = 0.0$ のとき $p = w_l$ より、 $C = 0.412$

水平力 $H_{2i} = \frac{1}{2} \cdot (\phi_{i-1} + \phi_i) \cdot (z_i - z_{i-1})$

モーメント $M_{2i} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot \phi_{i-1} + \phi_i) \cdot (z_i - z_{i-1})^2 + H_{2i} \cdot (D_s - z_i)$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	p_h (kN/m ²)	H_2 (kN/m)	M_2 (kN.m/m)
0.200	0.000	3.33	—	—
0.300	0.100	3.30	0.33	2.30
0.700	0.500	3.16	1.29	8.65
1.200	1.000	2.98	1.53	9.59
1.700	1.500	2.81	1.45	8.33
2.200	2.000	2.64	1.36	7.15
2.700	2.500	2.47	1.28	6.07
3.200	3.000	2.30	1.19	5.08
3.700	3.500	2.14	1.11	4.17
4.200	4.000	1.98	1.03	3.35
4.700	4.500	1.82	0.95	2.62
5.200	5.000	1.67	0.87	1.97
5.700	5.500	1.52	0.80	1.40
6.200	6.000	1.37	0.72	0.91
6.700	6.500	1.23	0.65	0.49
6.900	6.700	1.17	0.24	0.10
7.200	7.000	1.08	0.34	0.05
合計			15.15	62.22

b) 右側壁

換算等分布荷重

$w_l = 10.00$ (kN/m²)

サイロ上面より上の水平土圧 (BOX天端 ~ 0.200(m))

$p_h = K_h \times w_l = 0.3333 \times 10.00 = 3.33$ (kN/m²)

BOX天端からサイロ上面までの高さ $h = 0.200$ (m)

$H_1 = p_h \times h = -0.67$ (kN/m)

$M_1 = H_1 \times (D_s + h/2) = -4.73$ (kN.m/m)

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $D_s = 7.000$ (m)
 サイロ上面の幅 $b_u = 3.600$ (m)
 サイロ下面の幅 $b_l = 1.500$ (m)
 掘削勾配 $n = 0.3000$
 サイロ上面での鉛直土圧 $p_o = 10.00$ (kN/m²)

$p_h = p \cdot K_h$

$p = C \cdot (1 - A + z)^{-D}$

$A = (b_u / n) = 12.0000$

$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n = -1.2830$

$z = 0.0$ のとき $p = \gamma z$ より、 $C = 0.412$

水平力 $H_{2i} = \frac{1}{2} \cdot (\phi_{i-1} + \phi_i) \cdot (z_i - z_{i-1})$

モーメント $M_{2i} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot \phi_{i-1} + \phi_i) \cdot (z_i - z_{i-1})^2 + H_{2i} \cdot (D_s - z_i)$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	p_h (kN/m ²)	H_2 (kN/m)	M_2 (kN.m/m)
0.200	0.000	3.33	—	—
0.300	0.100	3.30	-0.33	-2.30
0.700	0.500	3.16	-1.29	-8.65
1.200	1.000	2.98	-1.53	-9.59
1.700	1.500	2.81	-1.45	-8.33
2.200	2.000	2.64	-1.36	-7.15
2.700	2.500	2.47	-1.28	-6.07
3.200	3.000	2.30	-1.19	-5.08
3.700	3.500	2.14	-1.11	-4.17
4.200	4.000	1.98	-1.03	-3.35
4.700	4.500	1.82	-0.95	-2.62
5.200	5.000	1.67	-0.87	-1.97
5.700	5.500	1.52	-0.80	-1.40
6.200	6.000	1.37	-0.72	-0.91
6.700	6.500	1.23	-0.65	-0.49
6.900	6.700	1.17	-0.24	-0.10
7.200	7.000	1.08	-0.34	-0.05
合計			-15.15	-62.22

3) 集計

	V (kN/m)	H (kN/m)	M (kN.m/m)
頂版	72.00	—	259.20
側壁	—	0.00	0.00
合計	72.00	0.00	259.20

(2) 側圧

定型[2]

1) 側壁に作用する水平荷重

両側壁に作用する水平土圧についてサイロ効果の影響を考慮する。

$$p_i = p_{i+1} \cdot K_h$$

$$p_i - \frac{2 \cdot K_h \cdot p_i \cdot \tan \phi \cdot dz}{b_i} = p_{i+1}$$

ここに、 p_i : 深さ z_i における水平土圧(kN/m²)

p_{i+1} : 深さ z_i における切片の上面の鉛直荷重(kN/m²)

dz : 切片の厚さ(m)

K_h : 水平土圧係数

$$K_h = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = 0.3333$$

: 土のせん断抵抗角 = 30.0 (度)

b_i : 深さ z_i における切片の幅(m)

$$b_i = b_u - n \cdot z_i$$

b_u : サイロ土圧上端における幅(m)

n : 掘削勾配

$dp = p_{i+1} - p_i$ とすると、平衡条件式は次のように表すことができる。

$$\left(\frac{dp}{dz} \right) = \frac{D \cdot p}{A(1-z)}$$

ここに、 $A = (b_u / n)$

$$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n$$

上記微分方程式の一般解は次のように求められる。

$$p = C \cdot (1-A+z)^{-D}$$

サイロ土圧上端における鉛直荷重を w_1 とすると、

積分定数 C は、 $z = 0.0$ のとき $p = w_1$ という境界条件から求まる。

a) 左側壁

換算等分布荷重

$$w_1 = 10.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

サイロ上面より上の水平土圧 (BOX天端 ~ 0.200(m))

$$p_h = K_h \times w_1 = 0.3333 \times 10.00 = 3.33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

BOX天端からサイロ上面までの高さ $h = 0.200$ (m)

$$H_1 = p_h \times h = 0.67 \text{ (kN/m)}$$

$$M_1 = H_1 \times (D_s + h/2) = 4.73 \text{ (kN.m/m)}$$

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $D_s = 7.000$ (m)
 サイロ上面の幅 $b_u = 3.600$ (m)
 サイロ下面の幅 $b_l = 1.500$ (m)
 掘削勾配 $n = 0.3000$
 サイロ上面での鉛直土圧 $p_o = 10.00$ (kN/m²)

$p_h = p \cdot K_h$

$p = C \cdot \{ -A + z \}^{-D}$

$A = (b_u / n) = 12.0000$

$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n = -1.2830$

$z = 0.0$ のとき $p = w_l$ より、 $C = 0.412$

水平力 $H_{2i} = \frac{1}{2} \cdot (\phi_{i-1} + \phi_i) \cdot (z_i - z_{i-1})$

モーメント $M_{2i} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot \phi_{i-1} + \phi_i) \cdot (z_i - z_{i-1})^2 + H_{2i} \cdot (D_s - z_i)$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	p_h (kN/m ²)	H_2 (kN/m)	M_2 (kN.m/m)
0.200	0.000	3.33	—	—
0.300	0.100	3.30	0.33	2.30
0.700	0.500	3.16	1.29	8.65
1.200	1.000	2.98	1.53	9.59
1.700	1.500	2.81	1.45	8.33
2.200	2.000	2.64	1.36	7.15
2.700	2.500	2.47	1.28	6.07
3.200	3.000	2.30	1.19	5.08
3.700	3.500	2.14	1.11	4.17
4.200	4.000	1.98	1.03	3.35
4.700	4.500	1.82	0.95	2.62
5.200	5.000	1.67	0.87	1.97
5.700	5.500	1.52	0.80	1.40
6.200	6.000	1.37	0.72	0.91
6.700	6.500	1.23	0.65	0.49
6.900	6.700	1.17	0.24	0.10
7.200	7.000	1.08	0.34	0.05
合計			15.15	62.22

b) 右側壁

換算等分布荷重

$w_l = 10.00$ (kN/m²)

サイロ上面より上の水平土圧 (BOX天端 ~ 0.200(m))

$p_h = K_h \times w_l = 0.3333 \times 10.00 = 3.33$ (kN/m²)

BOX天端からサイロ上面までの高さ $h = 0.200$ (m)

$H_1 = p_h \times h = -0.67$ (kN/m)

$M_1 = H_1 \times (D_s + h/2) = -4.73$ (kN.m/m)

サイロ土圧

サイロ土圧を考慮する高さ $D_s = 7.000$ (m)
 サイロ上面の幅 $b_u = 3.600$ (m)
 サイロ下面の幅 $b_l = 1.500$ (m)
 掘削勾配 $n = 0.3000$
 サイロ上面での鉛直土圧 $p_o = 10.00$ (kN/m²)

$p_h = p \cdot K_h$

$p = C \cdot (1 - A + z)^{-D}$

$A = (b_u / n) = 12.0000$

$D = -2 \cdot K_h \cdot \tan \phi / n = -1.2830$

$z = 0.0$ のとき $p = w_l$ より、 $C = 0.412$

水平力 $H_{2i} = \frac{1}{2} \cdot (\phi_{i-1} + \phi_i) \cdot (z_i - z_{i-1})$

モーメント $M_{2i} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot \phi_{i-1} + \phi_i) \cdot (z_i - z_{i-1})^2 + H_{2i} \cdot (D_s - z_i)$

頂版天端からの深さ(m)	サイロ上面からの深さ z(m)	ph (kN/m ²)	H2 (kN/m)	M2 (kN.m/m)
0.200	0.000	3.33	—————	—————
0.300	0.100	3.30	-0.33	-2.30
0.700	0.500	3.16	-1.29	-8.65
1.200	1.000	2.98	-1.53	-9.59
1.700	1.500	2.81	-1.45	-8.33
2.200	2.000	2.64	-1.36	-7.15
2.700	2.500	2.47	-1.28	-6.07
3.200	3.000	2.30	-1.19	-5.08
3.700	3.500	2.14	-1.11	-4.17
4.200	4.000	1.98	-1.03	-3.35
4.700	4.500	1.82	-0.95	-2.62
5.200	5.000	1.67	-0.87	-1.97
5.700	5.500	1.52	-0.80	-1.40
6.200	6.000	1.37	-0.72	-0.91
6.700	6.500	1.23	-0.65	-0.49
6.900	6.700	1.17	-0.24	-0.10
7.200	7.000	1.08	-0.34	-0.05
合計			-15.15	-62.22

1.9.3 荷重組合せケースの安定計算

(1) 死荷重時(1)

	V (kN/m)	H (kN/m)	M (kN.m/m)
死荷重[case-1]	1170.20	0.00	4212.71
合計	1170.20	0.00	4212.71

・合力の作用位置および偏心距離

$$X = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} = 3.600 \text{ (m)}$$

$$e = \frac{B}{2} - X = 0.000 \text{ (m)}$$

・底面中心におけるモーメント

$$Me = V \times e = 0.00 \text{ (kN.m/m)}$$

・地盤反力度

$$q = \frac{\Sigma V}{B} \pm \frac{6 \times Me}{B^2} = 162.53 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq qa=300.0 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{OK}$$

$$= 162.53 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(2) 死-1+活-1

	V (kN/m)	H (kN/m)	M (kN.m/m)
死荷重[case-1]	1170.20	0.00	4212.71
活荷重[1]	72.00	0.00	259.20
合 計	1242.20	0.00	4471.91

・合力の作用位置および偏心距離

$$X = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} = 3.600 \text{ (m)}$$

$$e = \frac{B}{2} - X = 0.000 \text{ (m)}$$

・底面中心におけるモーメント

$$Me = V \times e = 0.00 \text{ (kN.m/m)}$$

・地盤反力度

$$q = \frac{\Sigma V}{B} \pm \frac{6 \times Me}{B^2} = 172.53 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq qa=300.0 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{OK}$$

$$= 172.53 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

1.9.4 結果一覧

許容支持力度 $qa = 300.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

No	荷重名称	作用力			偏心量	地盤反力度 (kN/m ²)		判定
		V (kN)	H (kN)	M(kN.m)	e (m)	qmax	qmin	
1	死荷重時(1)	1170.2	0.0	0.0	0.000	162.528	162.527	OK
2	死-1+活-1	1242.2	0.0	0.0	0.000	172.528	172.528	OK