

基礎の設計サンプルデータ

詳細出力例

Kui_20

SP マイクロパイル
サンプルデータ

目次

1章 設計条件	1
1.1 一般事項	1
1.2 杭の条件	1
1.3 使用材料および許容応力度	1
1.4 杭配置図・側面図	2
1.5 地層データ	2
1.6 バネ定数および許容支持力・引抜力	2
1.7 作用力	3
2章 安定計算	4
2.1 杭軸直角方向バネ定数	4
2.2 杭基礎の剛性行列	5
2.3 杭反力及び変位の計算	6
3章 断面計算	8
3.1 杭体断面力	8
3.2 杭体モーメント図	10
3.3 杭体応力度	12
4章 基礎杭計算結果一覧表	13
5章 予備計算	14
5.1 水平方向地盤反力係数	14
5.2 杭軸方向鉛直バネ定数	15
5.3 最大周面摩擦力度	16
5.4 許容支持力・引抜力の計算	17
6章 杭頭結合計算	20
6.1 設計条件	20
6.2 杭頭とフーチング結合部の応力度照査	21
7章 基礎バネ計算	25
7.1 水平方向地盤反力係数	25
7.2 杭軸直角方向バネ定数，杭軸方向バネ定数	26
7.3 固有周期算定用地盤バネ定数	27

1章 設計条件

1.1 一般事項

- ・データファイル名 : Kui_20.F8F
- ・タイトル :
- ・コメント :

1.2 杭の条件

- ・杭種 : マイクロパイル
- ・施工工法 : SPマイクロパイル
- ・杭頭結合条件 : 剛結・ヒンジ
- ・杭先端条件 : ヒンジ
- ・杭の種類 : 支持杭
- ・杭の許容変位量 常時 : 15.0 (mm)
- 地震時 : 15.0 (mm)
- ・鋼材のヤング係数 : 2.00×10^5 (N/mm²)
- ・杭本数 : 40 (本)
- ・鋼管径 : 185.0 (mm)
- ・鋼管厚 : 15.00 (mm)
- ・鋼管外側錆代 : 1.0 (mm)
- ・鋼管の材質 : STKM13A
- ・SPボルト 外径 : 73.0 (mm)
- 内径 : 50.0 (mm)
- 見かけ直径 : 70.0 (mm)
- 降伏耐力 : 960.0 (kN)
- ・削孔径 : 200.0 (mm)
- ・非定着長 : 9.00 (m)
- ・鋼管定着長 : 2.50 (m)
- ・ボルト定着長 : 2.50 (m)

1.3 使用材料および許容応力度

- グラウトのヤング係数 : 1.90×10^4 (N/mm²)
- 設計基準強度 : 24.0 (N/mm²)

・ STKM13A

単位 : N/mm²

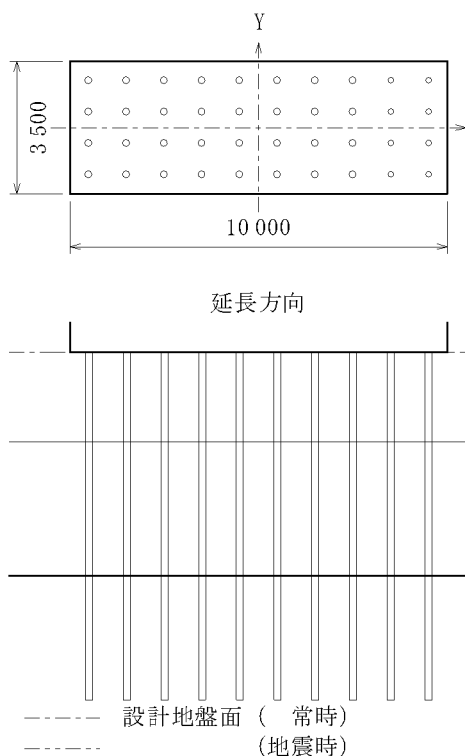
No	割増係数	許容曲げ圧縮応力度 ca	許容曲げ引張応力度 ta	許容せん断応力度 a
1	1.00	127.00	127.00	73.00
2	1.50	190.50	190.50	109.50

・ S45C-SH

単位 : N/mm²

No	割増係数	許容曲げ圧縮応力度 ca	許容曲げ引張応力度 ta	許容せん断応力度 a
1	1.00	201.00	201.00	116.00
2	1.50	301.50	301.50	174.00

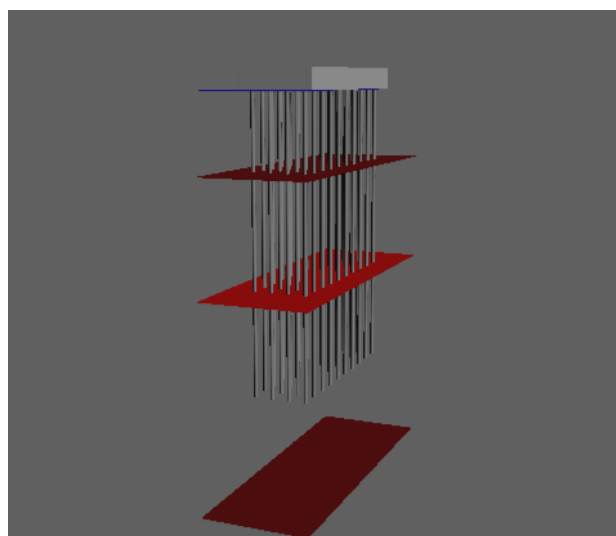
1.4 杭配置図・側面図



杭頭座標

No	X方向	Y方向
1	-4.500	1.250
2	-3.500	0.417
3	-2.500	-0.417
4	-1.500	-1.250
5	-0.500	——
6	0.500	——
7	1.500	——
8	2.500	——
9	3.500	——
10	4.500	——

杭1本ごとの座標ではなく
各方向の座標を示す。



1.5 地層データ

層No	層種	層厚(m)		平均 N 値	・ Eo(kN/m ²)		(kN/m ³)		f (kN/m ²)		DE
		常 時	地震時		常 時	地震時		'	f	fn	
1	砂質土	3.600	3.600	10.0	28000.0	56000.0	18.00	9.20	120.0	120.0	1.000
2	砂質土	5.400	5.400	23.0	64400.0	128800.0	18.00	9.20	200.0	200.0	1.000
3	砂質土	2.500	2.500	50.0	140000.0	280000.0	19.00	10.20	350.0	350.0	1.000

1.6 バネ定数および許容支持力・引抜力

・ 杭軸方向バネ定数 Kv(kN/m)

常 時	186619
地震時	186619

・許容支持力・引抜力 (kN/本)

許容支持力	常時	367
	地震時	550
許容引抜力	常時	367
	地震時	550

・水平方向地盤反力係数 $kH(kN/m^3)$

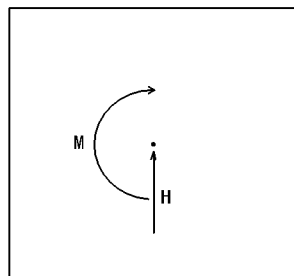
層No	層厚(m)		断面方向		延長方向	
	常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時
1	3.600	3.600	66904	133808	66904	133808
2	5.400	5.400	153879	307759	153879	307759
3	2.500	2.500	334520	669041	334520	669041

1.7 作用力

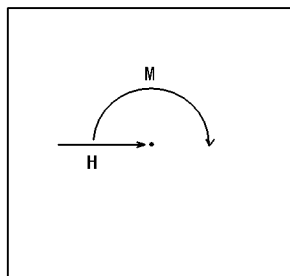
(1)断面方向

No	荷重ケース名称	割増係数	鉛直力 V(kN)	水平力 H(kN)	モーメント M(kN.m)
1	常時	1.00	4200.0	1520.0	2310.0
2	地震時	1.50	4200.0	1960.0	3970.0

断面方向



延長方向



2章 安定計算

2.1 杭軸直角方向バネ定数

(1) 断面方向

a) 杭頭剛結

	単位	常 時	地震時
K1	kN/m	14647	24617
K2	kN/rad	8651	12234
K3	kN.m/m	8651	12234
K4	kN.m/rad	10223	12157

(2) 延長方向

a) 杭頭剛結

	単位	常 時	地震時
K1	kN/m	14647	24617
K2	kN/rad	8651	12234
K3	kN.m/m	8651	12234
K4	kN.m/rad	10223	12157

2.2 杭基礎の剛性行列

1. 変位法による底板中心の変位と外力の関係

$$\begin{bmatrix} V \\ H \\ M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta z \\ \delta x \\ \alpha \end{bmatrix}$$

2. 剛性行列要素

$$\begin{aligned} A_{zz} &= (K_v \cdot \cos^2 + K_1 \cdot \sin^2) i \\ A_{zx} = A_{xz} &= (K_v \cdot \cos \cdot \sin - K_1 \cdot \sin \cdot \cos) i \\ A_{za} = A_{az} &= (K_v \cdot X \cdot \cos^2 + K_1 \cdot X \cdot \sin^2 + K_2 \cdot \sin) i \\ A_{xx} &= (K_v \cdot \sin^2 + K_1 \cdot \cos^2) i \\ A_{xa} = A_{ax} &= (K_v \cdot X \cdot \sin \cdot \cos - K_1 \cdot X \cdot \sin \cdot \cos - K_2 \cdot \cos) i \\ A_{aa} &= \{ K_v \cdot X^2 \cdot \cos^2 + K_1 \cdot X^2 \cdot \sin^2 + (K_2 + K_3) \cdot X \cdot \sin + K_4 \} i \end{aligned}$$

ここに、 A_{zz} : 鉛直方向バネ(kN/m)
 $A_{zx} = A_{xz}$: 鉛直と水平の連成バネ(kN/m)
 $A_{za} = A_{az}$: 鉛直と回転の連成バネ(kN/rad, kN.m/m)
 A_{xx} : 水平方向バネ(kN/m)
 $A_{xa} = A_{ax}$: 水平と回転の連成バネ(kN/rad, kN.m/m)
 A_{aa} : 回転バネ(kN.m/rad)

(1) 断面方向

a) 杭頭剛結

1) 常時

$$\begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7464760 & 0 & 0 \\ 0 & 585891 & -346048 \\ 0 & -346048 & 6889789 \end{bmatrix}$$

2) 地震時

$$\begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7464760 & 0 & 0 \\ 0 & 984674 & -489349 \\ 0 & -489349 & 6967144 \end{bmatrix}$$

(2) 延長方向

a) 杭頭剛結

1) 常時

$$\begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7464760 & 0 & 0 \\ 0 & 585891 & -346048 \\ 0 & -346048 & 61993195 \end{bmatrix}$$

2) 地震時

$$\begin{bmatrix} A_{zz} & A_{zx} & A_{za} \\ A_{xz} & A_{xx} & A_{xa} \\ A_{az} & A_{ax} & A_{aa} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7464760 & 0 & 0 \\ 0 & 984674 & -489349 \\ 0 & -489349 & 62070550 \end{bmatrix}$$

2.3 杭反力及び変位の計算

$$\begin{bmatrix} PN \\ PH \\ Mt \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} K_v \cdot \cos \theta & K_v \cdot \sin \theta & K_v \cdot X \cdot \cos \theta \\ -K_1 \cdot \sin \theta & K_1 \cdot \cos \theta & -K_1 \cdot X \cdot \sin \theta - K_2 \\ K_3 \cdot \sin \theta & -K_3 \cdot \cos \theta & K_3 \cdot X \cdot \sin \theta + K_4 \end{bmatrix}_i \begin{bmatrix} \delta z \\ \delta x \\ \alpha \end{bmatrix}$$

$$z_i = (z + X_i) \cdot \cos i + x \cdot \sin i$$

$$x_i = -(z + X_i) \cdot \sin i + x \cdot \cos i$$

ここに、 PN_i : 杭軸方向反力(kN/本)

PH_i : 杭軸直角方向反力(kN/本)

Mt_i : 杭頭モーメント(kN.m/本)

Kv_i : 杭軸方向バネ定数(kN/m)

K1_i ~ K4_i : 杭軸直角方向バネ定数(kN/m, kN/rad, kN.m/m, kN.m/rad)

X_i : 杭頭座標(m)

i : 杭軸が鉛直軸となす角度(rad)

z : 原点鉛直変位(m)

x : 原点水平変位(m)

: 原点回転角(rad)

z_i : 杭頭の杭軸方向変位(m)

x_i : 杭頭の杭軸直角方向変位(m)

杭頭での鉛直反力V_i , 及び水平反力H_iは、次式による。

$$V_i = PN_i \cdot \cos i - PH_i \cdot \sin i$$

$$H_i = PN_i \cdot \sin i + PH_i \cdot \cos i$$

注) 式中のiはi番目の杭を示す。

(1)断面方向

a)杭頭剛結

(1)常時

・ 原点作用力

$$V_o = 4200.0 \text{ (kN)}$$

$$H_o = 1520.0 \text{ (kN)}$$

$$M_o = 2310.0 \text{ (kN.m)}$$

・ 原点変位

$$z = 0.56 \text{ (mm)}$$

$$x = 2.88 \text{ (mm)}$$

$$= 0.00047982 \text{ (rad)}$$

・ 杭反力

No	Y(m)	本数	PN(kN)	PH(kN)	Mt(kN.m)	V _i (kN)	H _i (kN)	f _x (mm)
1	1.250	10	216.93	38.00	-19.99	216.93	38.00	2.88
2	0.417	10	142.34	38.00	-19.99	142.34	38.00	2.88
3	-0.417	10	67.66	38.00	-19.99	67.66	38.00	2.88
4	-1.250	10	-6.93	38.00	-19.99	-6.93	38.00	2.88

$$PN_{max} = 216.93 \text{ (kN)} \quad R_a = 367.00 \text{ (kN)} : \text{OK}$$

$$PN_{min} = -6.93 \text{ (kN)} \quad P_a = -367.00 \text{ (kN)} : \text{OK}$$

$$f = 2.88 \text{ (mm)} \quad a = 15.00 \text{ (mm)} : \text{OK}$$

(2)地震時

・ 原点作用力

$$V_o = 4200.0 \text{ (kN)}$$

$$H_o = 1960.0 \text{ (kN)}$$

$$M_o = 3970.0 \text{ (kN.m)}$$

・ 原点変位

$$z = 0.56 \text{ (mm)}$$

$$x = 2.36 \text{ (mm)}$$

$$= 0.00073529 \text{ (rad)}$$

・杭反力

No	Y(m)	本数	PN(kN)	PH(kN)	Mt(kN.m)	Vi(kN)	Hi(kN)	f _x (mm)
1	1.250	10	276.52	49.00	-19.88	276.52	49.00	2.36
2	0.417	10	162.22	49.00	-19.88	162.22	49.00	2.36
3	-0.417	10	47.78	49.00	-19.88	47.78	49.00	2.36
4	-1.250	10	-66.52	49.00	-19.88	-66.52	49.00	2.36

PNmax = 276.52 (kN) Ra = 550.00 (kN) : OK

PNmin = -66.52 (kN) Pa = -550.00 (kN) : OK

f = 2.36 (mm) a = 15.00 (mm) : OK

3章 断面計算

3.1 杭体断面力

1) 断面方向 常時

	杭頭剛結	杭頭ヒンジ				
H (kN)	38.00	38.00				
M (kN.m)	-19.99	0.00				
杭軸直角方向バネ定数						
K1 (kN/m)	14647	7326				
K2 (kN/rad)	8651	0				
K3 (kN.m/m)	8651	0				
K4 (kN.m/rad)	10223	0				
Mt, Mmax, 1/2Mmax						
Mt (kN.m)	-19.99	0.00				
Mmax (kN.m)	5.30	14.51				
Z (m)	1.734	0.933				
1/2Mmax (kN.m)	10.00	10.00				
S (kN)	27.54	-7.83				
Z (m)	0.306	1.784				
Mmax : 地中部最大モーメント		1/2Mmax = 1/2 · max(Mmax, Mt)				
Mt : 杭頭モーメント						
杭体断面力						
Z (m)	x(mm)	M (kN.m)	S (kN)	x(mm)	M (kN.m)	S (kN)
0.000	2.878	-19.99	38.00	5.187	0.00	38.00
0.500	2.340	-5.23	21.60	3.098	12.09	12.52
1.000	1.561	2.35	9.51	1.476	14.47	-1.33
1.500	0.863	5.07	2.10	0.437	12.13	-6.97
2.000	0.365	5.07	-1.59	-0.105	8.30	-7.78
2.500	0.072	3.88	-2.84	-0.302	4.71	-6.38
3.000	-0.060	2.44	-2.81	-0.301	2.01	-4.45
3.500	-0.091	1.15	-2.31	-0.214	0.21	-2.83
3.600	-0.090	0.93	-2.19	-0.193	-0.06	-2.58
4.000	-0.073	0.24	-1.25	-0.115	-0.71	-0.83
4.500	-0.043	-0.16	-0.43	-0.043	-0.81	0.26
5.000	-0.019	-0.25	0.00	-0.004	-0.59	0.56
5.500	-0.004	-0.20	0.15	0.011	-0.32	0.48
6.000	0.002	-0.12	0.16	0.013	-0.12	0.30
6.500	0.004	-0.05	0.11	0.009	-0.01	0.14
7.000	0.003	-0.01	0.06	0.005	0.03	0.04
7.500	0.002	0.01	0.02	0.002	0.04	-0.01
8.000	0.001	0.01	0.00	0.000	0.03	-0.02
8.500	0.000	0.01	-0.01	0.000	0.01	-0.02
9.000	0.000	0.01	-0.01	0.000	0.00	-0.02
9.500	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	-0.01
10.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
10.500	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
11.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
11.500	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00

2) 断面方向 地震時

		杭頭剛結		杭頭ヒンジ		
H (kN)		49.00		49.00		
M (kN.m)		-19.88		0.00		
杭軸直角方向バネ定数						
K1 (kN/m)		24617		12306		
K2 (kN/rad)		12234		0		
K3 (kN.m/m)		12234		0		
K4 (kN.m/rad)		12157		0		
Mt , Mmax , 1/2Mmax						
Mt (kN.m)		-19.88		0.00		
Mmax (kN.m)		6.19		15.71		
Z (m)		1.385		0.783		
1/2Mmax (kN.m)		9.94		9.94		
S (kN)		35.88		-10.16		
Z (m)		0.236		1.582		
Mmax : 地中部最大モーメント				1/2Mmax = 1/2 · max(Mmax, Mt)		
Mt : 杭頭モーメント						
杭体断面力						
Z (m)	x(mm)	M (kN.m)	S (kN)	x(mm)	M (kN.m)	S (kN)
0.000	2.356	-19.88	49.00	3.982	0.00	49.00
0.500	1.722	-2.13	23.35	2.109	14.20	11.69
1.000	0.963	5.02	6.83	0.779	15.06	-5.52
1.500	0.391	6.12	-1.29	0.055	10.77	-10.12
2.000	0.064	4.66	-3.86	-0.225	5.92	-8.71
2.500	-0.072	2.71	-3.66	-0.255	2.34	-5.57
3.000	-0.094	1.15	-2.55	-0.183	0.29	-2.81
3.500	-0.067	0.14	-1.52	-0.094	-0.65	-1.11
3.600	-0.060	0.00	-1.37	-0.079	-0.75	-0.89
4.000	-0.032	-0.32	-0.34	-0.031	-0.83	0.32
4.500	-0.009	-0.33	0.21	0.000	-0.54	0.68
5.000	0.002	-0.19	0.28	0.009	-0.23	0.50
5.500	0.004	-0.07	0.18	0.008	-0.05	0.24
6.000	0.003	-0.01	0.08	0.004	0.03	0.07
6.500	0.001	0.01	0.02	0.001	0.04	-0.01
7.000	0.000	0.01	-0.01	0.000	0.02	-0.03
7.500	0.000	0.01	-0.01	0.000	0.01	-0.02
8.000	0.000	0.00	-0.01	0.000	0.00	-0.01
8.500	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
9.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
9.500	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
10.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
10.500	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
11.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
11.500	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00

3.2 杭体モーメント図

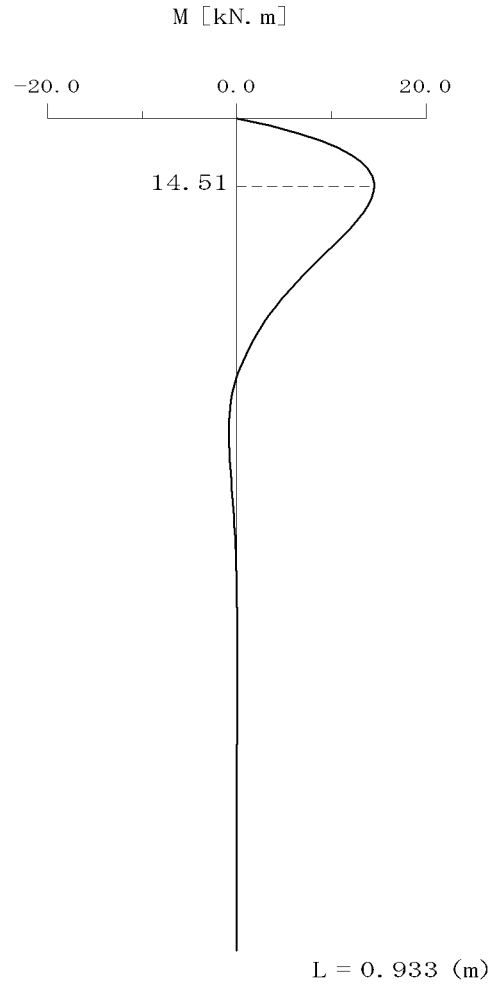
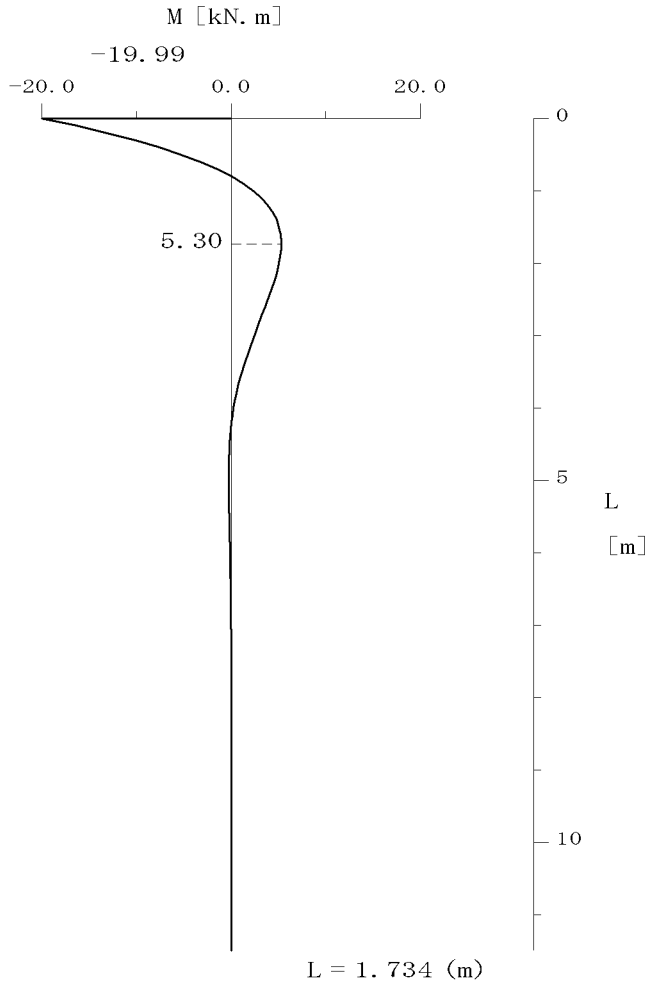
1) 断面方向 常時

杭 径 $D = 200.0$ (mm) 杭 長 $L = 11.50$ (m)

$H = 38.00$ $M = -19.99$ (kN.m) $H = 38.00$ (kN)

【杭頭剛結】

【杭頭ヒンジ】



2) 断面方向

地震時

杭 径 $D = 200.0$ (mm)

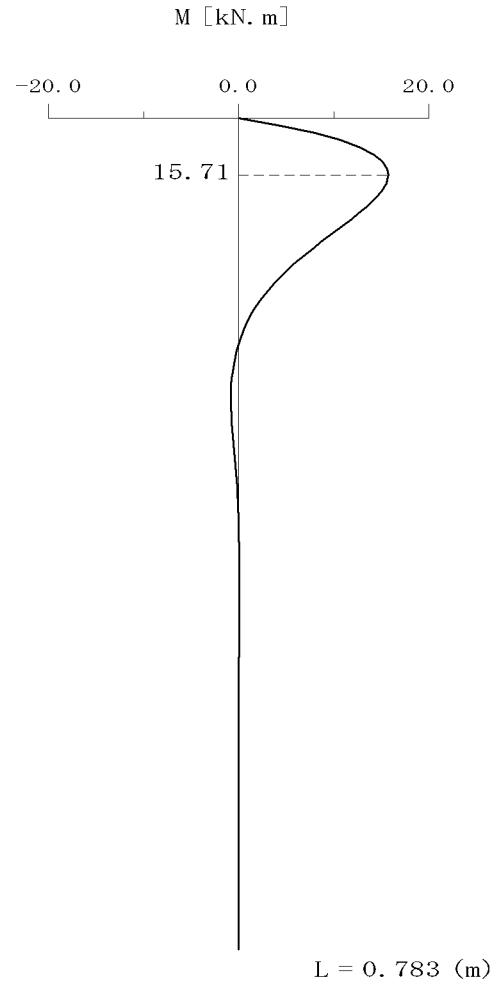
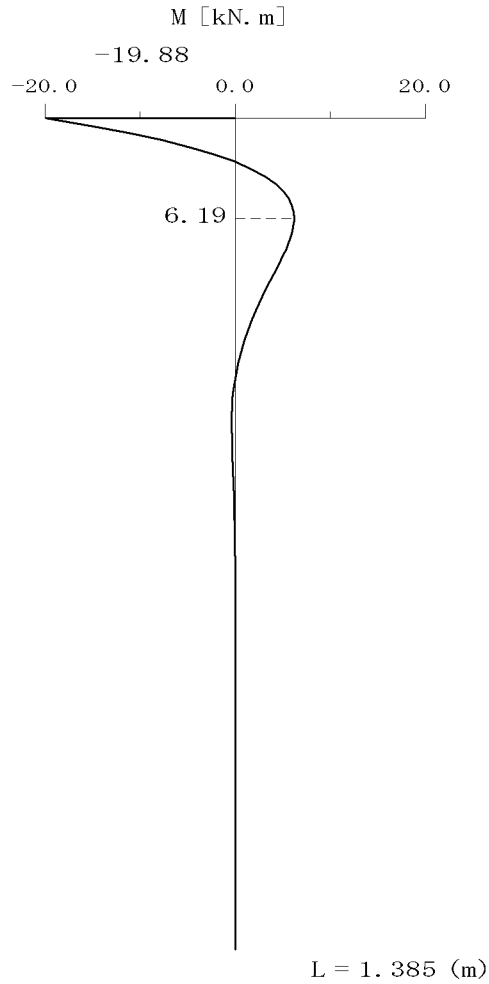
杭 長 $L = 11.50$ (m)

$H = 49.00$ $M = -19.88$ (kN.m)

$H = 49.00$ (kN)

【杭頭剛結】

【杭頭ヒンジ】



3.3 杭体応力度

マイクロパイル

第1断面

材質：STKM13A

鋼管径 D = 185.0(mm)

鋼管厚 t = 15.00(mm)

外側錆代 = 1.0(mm)

断面積 A = 7433 (mm²)

断面2次モーメント I = 26718878 (mm⁴)

Ys = 91.5(mm)

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{I} \cdot Ys$$

$$\tau = \frac{S}{A}$$

応力度

(1)断面方向

No	荷重名略称	着目杭 行 列		M (kN.m)	N (kN)	c, ca (N/mm ²)	t, ta (N/mm ²)	S (kN)	a (N/mm ²)	Mr(kN.m) Mr_L(m)
1	常時	1	1	19.99	216.93	-97.64 -127.00	39.27 127.00	38.00	5.112 73.000	28.56
		4	1	19.99	-6.93	-67.53 -127.00	69.39 127.00	38.00	5.112 73.000	36.81
2	地震時	1	1	19.88	276.52	-105.29 -190.50	30.89 190.50	49.00	6.592 109.500	44.76
		4	1	19.88	-66.52	-59.14 -190.50	77.04 190.50	49.00	6.592 109.500	53.01

上段がNmax, 下段がNminを示す。Mr_LはMrと実モーメントとの交点深度を示す。

4章 基礎杭計算結果一覧表

(1)断面方向

荷重ケースNo. 略称		1 常時		2 地震時		
原点作用力						
Vo	kN	4200.0		4200.0		
Ho	kN	1520.0		1960.0		
Mo	kN.m	2310.0		3970.0		
原点変位						
x	mm	2.88		2.36		
z	mm	0.56		0.56		
	rad	0.00047982		0.00073529		
f, a	mm	2.88	15.00	2.36	15.00	
鉛直反力						
PNmax, Ra	kN	216.93	367.00	276.52	550.00	
PNmin, Pa	kN	-6.93	-367.00	-66.52	-550.00	
水平反力						
PH	kN	38.00		49.00		
杭作用モーメント						
杭頭 Mt	kN.m	-19.99		-19.88		
地中部 Mm	kN.m	14.51		15.71		
杭体応力度						
上杭	c, ca	N/mm ²	-97.64	-127.00	-105.29	-190.50
	t, ta	N/mm ²	69.39	127.00	77.04	190.50
	, a	N/mm ²	5.112	73.000	6.592	109.500
判定		OK		OK		

杭 種 : マイクロパイル

杭 径 : 鋼管径 = 185.0 (mm)

設計杭長 : L = 11.50 (m)

鋼管厚 : t = 15.00 (mm)

5章 予備計算

5.1 水平方向地盤反力係数

杭外径 (鋼管径)	D =	0.1850	(m)
杭体ヤング係数 (鋼材ヤング係数)	E =	2.00×10^8	(kN/m ²)
杭体断面二次モーメント	I =	0.000030200	(m ⁴)
$I = I_s + I_b + E_c \cdot I_c / E$			
I _s : 鋼管の断面二次モーメント	=	0.000026719	(m ⁴)
I _b : SPボルトの断面二次モーメント	=	0.000000872	(m ⁴)
I _c : グラウトの断面二次モーメント	=	0.000027461	(m ⁴)
E _c : グラウトのヤング係数	=	1.90×10^7	(kN/m ²)
杭の特性値(換算載荷幅算出) 常時	=	0.846026	(m ⁻¹)
地震時	=	0.846026	(m ⁻¹)
水平抵抗に関する 常時 1/	=	1.1820	(m)
地盤の深さ 地震時 1/	=	1.1820	(m)

$$\frac{1}{\beta} \text{の範囲の平均 } \alpha \cdot E_o = \frac{\sum (\alpha \cdot E_{oi} \cdot L_i)}{1/\beta} = 28000.0 \text{ (kN/m}^2\text{) (常時)}$$

$$= 28000.0 \text{ (kN/m}^2\text{) (地震時)}$$

杭の換算載荷幅 $BH = \sqrt{\frac{D}{\beta}} = 0.4676 \text{ (m) (常時)}$

$= 0.4676 \text{ (m) (地震時)}$

$$kH_o = \frac{1}{0.3} \cdot \alpha \cdot E_o = 93333.3 \text{ (kN/m}^3\text{) (常時)}$$

$$= 93333.3 \text{ (kN/m}^3\text{) (地震時)}$$

$$kH = kH_o \cdot \left(\frac{BH}{0.3}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kH \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}} = 0.846026 \text{ (m}^{-1}\text{) (常時), } 0.846026 \text{ (m}^{-1}\text{) (地震時)}$$

地震時BH算出時の $\alpha \cdot E_o$ の取扱い : 常時

層No	層厚(m)		$\alpha \cdot E_o$ (kN/m ²)		kH (kN/m ³)	
	常時	地震時	常時	地震時	常時	地震時
1	3.600	3.600	28000	56000	66904	133808
2	5.400	5.400	64400	128800	153879	307759
3	2.500	2.500	140000	280000	334520	669041

5.2 杭軸方向鉛直バネ定数

$$K_v = a \cdot \frac{A \cdot E}{L}$$

杭 種 : マイクロパイル
工 法 : SPマイクロパイル

$$a = 0.010 \cdot (L/D) + 0.360 = 0.9816$$

$$L : \text{鋼管の長さ} = 11.500 \text{ (m)}$$

$$D : \text{鋼管径} = 0.1850 \text{ (m)}$$

$$E : \text{鋼材のヤング係数} = 2.00 \times 10^8 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$A : \text{換算断面積} = 0.010931 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A = A_s + A_b + E_c \cdot A_c / E$$

$$A_s : \text{鋼管の断面積} = 0.007433 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_b : \text{SPボルトの断面積} = 0.001885 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_c : \text{グラウトの断面積} = 0.016984 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$E_c : \text{グラウトのヤング係数} = 1.90 \times 10^7 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$K_v = 186619 \text{ (kN/m)}$$

5.3 最大周面摩擦力度

杭周面に働く最大周面摩擦力度を以下に示す。

1) 最大周面摩擦力度の推定方法

SPマイクロパイル工法

砂質土	N < 10	0
	10 N < 20	120
	20 N < 30	200
	30 N < 40	250
	40 N < 50	320
	50 N	350
砂礫土	N < 10	0
	10 N < 20	150
	20 N < 30	210
	30 N < 40	300
	40 N < 50	400
	50 N	570
粘性土		1・c

Nは各層のN値、cは地盤の粘着力を示す。

2) 最大周面摩擦力度

層 No	標高 (m)	層厚 (m)	土質	平均 N値	粘着力c (kN/m ²)	f _i (kN/m ²)
1	0.000 -3.600	3.600	砂質	10.0	0.0	120.0
2	-3.600 -9.000	5.400	砂質	23.0	0.0	200.0
3	-9.000 -19.000	10.000	砂質	50.0	0.0	350.0

現地盤面から全層の最大周面摩擦力度を示す。

5.4 許容支持力・引抜力の計算

1) 杭の諸元

杭種 : マイクロパイル 200.0 (mm)
 工法 : SPマイクロパイル
 定着長 : L = 5.000 (m)
 削孔径 : D = 0.2000 (m)
 杭の種類 : 支持杭

2) 軸方向許容押し込み支持力

$$R_a = \frac{\gamma}{n} \cdot R_u$$

$$R_u = U \cdot (L_i \cdot f_i) \quad (\text{常時}), (\text{地震時(液無)})$$

$$R_u = U \cdot (L_i \cdot f_i \cdot DE_i) \quad (\text{地震時(液有)})$$

R_a : 杭頭における杭の軸方向許容押し込み支持力 (kN)

n : 安全率 3.0 (常時)

2.0 (地震時)

: 安全率の補正係数 = 1.0

R_u : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

U : 定着部の周長(m)

$$U = \pi \cdot 0.2000 = 0.628 \text{ (m)}$$

L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚(m)

f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m²)

DE_i : 土質定数の低減係数 (地震時のみ)

周面摩擦力

・常時

層No	土質	平均N値	粘着力 (kN/m ²)	層厚 Li (m)	fi (kN/m ²)	Li・fi (kN/m)
1	砂質	10.0	0.0	3.600	0.0	0.0
2	砂質	23.0	0.0	5.400	0.0	0.0
3	砂質	50.0	0.0	2.500	350.0	875.0
3	砂質	50.0	0.0	2.500	350.0	875.0
計				14.000		1750.0

・地震時(液無)

層No	土質	平均N値	粘着力 (kN/m ²)	層厚 Li (m)	fi (kN/m ²)	Li・fi (kN/m)
1	砂質	10.0	0.0	3.600	0.0	0.0
2	砂質	23.0	0.0	5.400	0.0	0.0
3	砂質	50.0	0.0	2.500	350.0	875.0
3	砂質	50.0	0.0	2.500	350.0	875.0
計				14.000		1750.0

地盤から決まる極限支持力

常時

$$R_u = U \cdot (L_i \cdot f_i) \\ = 0.628 \cdot 1750.0 = 1100 \text{ (kN)}$$

地震時(液無)

$$R_u = U \cdot (L_i \cdot f_i) \\ = 0.628 \cdot 1750.0 = 1100 \text{ (kN)}$$

軸方向許容押し込み支持力

常時 $R_a = \frac{1.0}{3.0} \cdot 1100 = 367 \text{ (kN)}$

地震時(液無) $R_a = \frac{1.0}{2.0} \cdot 1100 = 550 \text{ (kN)}$

3) 軸方向許容引抜き支持力

$$P_a = \frac{1}{n} \cdot P_u$$

$$P_u = U \cdot (L_i \cdot f_i) \quad (\text{常時}), (\text{地震時(液無)})$$

$$P_u = U \cdot (L_i \cdot f_i \cdot DE_i) \quad (\text{地震時(液有)})$$

P_a : 杭頭における杭の軸方向許容引抜き力 (kN)

n : 安全率 3.0 (常時)

2.0 (地震時)

P_u : 地盤から決まる杭の極限引抜き力 (kN)

$$P_u = 0.628 \cdot 1750.0 = 1100 \text{ (kN)} \quad (\text{常時})$$

$$P_u = 0.628 \cdot 1750.0 = 1100 \text{ (kN)} \quad (\text{地震時(液無)})$$

軸方向許容引抜き支持力

常時 $P_a = \frac{1}{3.0} \cdot 1100 = 367 \text{ (kN)}$

地震時(液無) $P_a = \frac{1}{2.0} \cdot 1100 = 550 \text{ (kN)}$

4) 計算結果一覧

(kN/本)

許容支持力	常時	367
	地震時(液無)	550
許容引抜き力	常時	367
	地震時(液無)	550

5) 定着部の照査

極限支持力 R_u ，極限引抜き力 P_u に相当する軸力が作用した場合において、ボルト定着部に生じる軸力が当該部位の耐力以下となることを照査する。

また、SPボルトに作用する引抜き力が、グラウトの付着応力度から決まる定着長以上であることを照査する。

$N_{Pcu} \leq C_u$

$N_{Puu} \leq U_u$

$L_a \leq L_a'$

$$N_{Pcu} = 0.85 \cdot c_k \cdot A_c + P_y$$

$$N_{Puu} = P_y$$

$$C_u = R_u - U \cdot (L_{pipe_i} \cdot f_{pipe_i})$$

$$U_u = P_u - U \cdot (L_{pipe_i} \cdot f_{pipe_i})$$

$$L_{a'} = \frac{P_a}{\pi \cdot dA \cdot f_c}$$

NP_{cu} : ボルト定着部の軸方向圧縮耐力(kN)

NP_{uu} : ボルト定着部の軸方向引張耐力(kN)

C_u : ボルト定着部の照査に用いる軸方向圧縮力(kN)

U_u : ボルト定着部の照査に用いる軸方向引張力(kN)

L_a : 必要定着長 (ボルト定着長) = 2.500 (m)

L_{a'} : グラウトの付着応力度から決まる定着長(m)

ck : グラウトの設計基準強度 = 24000 (kN/m²)

A_c : ボルト定着部におけるグラウト部の断面積(m²)

$$A_c = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 - A_b = 0.0295310 \text{ (m}^2\text{)}$$

D : 削孔径 = 0.2000 (m)

A_b : SPボルトの断面積(m²)

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot (dA^2 - d'^2) = 0.0018850 \text{ (m}^2\text{)}$$

dA : SPボルトの見かけ直径 = 0.0700 (m)

d' : SPボルトの内径 = 0.0500 (m)

P_y : SPボルトの降伏耐力 = 960.0 (kN)

R_u : 地盤から決まる極限支持力 = 1100 (kN)

P_u : 地盤から決まる極限引抜き力 = 1100 (kN)

U : 定着部の周長(m)

$$U = \pi \cdot D = 0.628 \text{ (m)}$$

L_{pipe_i} : 鋼管定着部の厚さ(m)

f_{pipe_i} : 鋼管定着部における最大周面摩擦力度(kN/m²)

P_a : 杭頭に作用する許容引抜き力 = 367 (kN)

f_c : グラウトとSPボルトの許容付着応力度 = 1600 (kN/m²)

No	土質	平均 N値	層厚(m) L _{pipe_i}	f _{pipe_i} (kN/m ²)	L _{pipe_i} · f _{pipe_i} (kN/m)
3	砂質	50.0	2.500	350.0	875.0

ボルト定着部およびSPボルトとグラウトの照査結果

	単位	計算値	判定
C _u	kN	550	
NP _{cu}	kN	1562	NP _{cu} C _u OK
U _u	kN	550	
NP _{uu}	kN	960	NP _{uu} U _u OK
L _{a'}	m	1.042	
L _a	m	2.500	L _a L _{a'} OK

6章 杭頭結合計算

6.1 設計条件

1) 杭頭結合方法および諸元

杭 種 : マイクロパイル (材質 S45C-SH)

鋼 管 径 : $D = 185.0$ (mm)

支圧板幅 : $W = 300$ (mm)

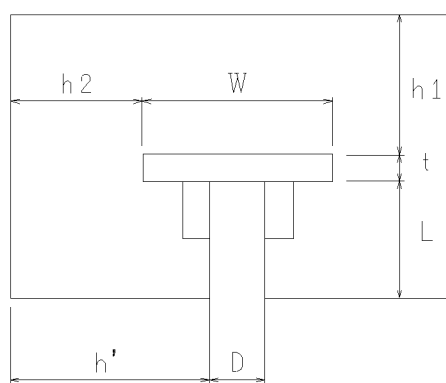
支圧板厚 : $t = 13$ (mm)

材 料 : フーチングコンクリート設計基準強度 $ck = 24.00$ (N/mm²)

支圧板の材質 SM490

スチフナの材質 SM490

2) 杭頭部形状図



鋼管の埋込み長さ $l = 500$ (mm)

水平有効厚さ $h' = 408$ (mm)

垂直有効厚さ $hc = \min(h_1, h_2) = 287$ (mm)

引抜き抵抗厚さ $ht = \min(l, h_2) = 500$ (mm)

スチフナの肉厚 $ts = 9$ (mm)

スチフナの溶接有効幅 $lb' = 65$ (mm)

スチフナの溶接有効高さ $lh' = 100$ (mm)

3) 杭頭作用力

断面方向

case	荷重名略称	割増係数	鉛直反力(kN)		水平反力(kN)		モーメント(kN.m)		
			PNmax	PNmin	PHmax	水平端部	1:杭頭	2:地中部	SW
1	常時	1.00	216.9	-6.9	38.0	38.0	20.0	14.5	1
2	地震時	1.50	276.5	-66.5	49.0	49.0	19.9	15.7	1

SWは下記算出に用いるモーメント(1:杭頭, 2:地中部)を示す

・フーチングコンクリートの水平支圧応力度

6.2 杭頭とフーチング結合部の応力度照査

(1) 押込み力に対する照査

1) フーチングコンクリートの垂直支圧応力度

$$\sigma_{cv} = \frac{PN_{max}}{A_p} \leq \sigma_{cva}$$

PN_{max} : 軸方向最大押込み力 (N)

A_p : 支圧板の面積 (mm²)

$$A_p = W^2 = 90000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

W : 支圧板の幅 = 300 (mm)

断面方向

case	荷重名略称	PN _{max} (kN)	c _v (N/mm ²)	c _{va} (N/mm ²)	判定
1	常時	216.9	2.41	12.00	OK
2	地震時	276.5	3.07	18.00	OK

2) フーチングコンクリートの押抜きせん断応力度

$$\tau_v = \frac{PN_{max}}{4(W+hc) \cdot hc} \leq \tau_a$$

hc : 垂直方向の押抜きせん断に抵抗するフーチングの有効厚さ = 287 (mm)

断面方向

case	荷重名略称	PN _{max} (kN)	v (N/mm ²)	a (N/mm ²)	判定
1	常時	216.9	0.322	0.900	OK
2	地震時	276.5	0.410	0.900	OK

(2) 引抜き力に対する照査

1) フーチングコンクリートの垂直支圧応力度

$$\sigma_{tv} = \frac{PN_{min}}{A_p - \pi \cdot D^2 / 4} \leq \sigma_{cva}$$

PN_{min} : 軸方向最小引抜き力 (N) 引抜き力が生じているケースのみ照査する。

D : 鋼管径 = 185.0 (mm)

断面方向

case	荷重名略称	PN _{min} (kN)	t _v (N/mm ²)	c _{va} (N/mm ²)	判定
1	常時	-6.9	0.11	12.00	OK
2	地震時	-66.5	1.05	18.00	OK

2) フーチングコンクリートの引抜きせん断応力度

$$\tau_{vt} = \frac{PN_{min}}{4(W+ht) \cdot ht} \leq \tau_{at}$$

PN_{min} : 軸方向最小引抜き力 (N) 引抜き力が生じているケースのみ照査する。

ht : 垂直方向の引抜きせん断に抵抗するフーチングの有効厚さ = 500 (mm)

断面方向

case	荷重名略称	PNmin (kN)	vt (N/mm ²)	at (N/mm ²)	判定
1	常時	-6.9	0.004	0.900	OK
2	地震時	-66.5	0.042	0.900	OK

(3) 水平力および曲げモーメントに対する照査

1) フーチングコンクリートの水平支圧応力度

$$\sigma_{ch} = \frac{PH_{max}}{D \cdot L} + \frac{6 \cdot M_{max}}{D \cdot L^2} \leq \sigma_{cha}$$

PH_{max} : 軸直角方向力 (N)

M_{max} : モーメント (N.mm)

L : 鋼管のフーチングへの埋込み長さ = 500 (mm)

断面方向

case	荷重名略称	PHmax (kN)	Mmax (kN.m)	ch (N/mm ²)	cha (N/mm ²)	判定
1	常時	38.0	20.0	3.01	12.00	OK
2	地震時	49.0	19.9	3.11	18.00	OK

2) フーチング端部の杭に対する水平方向の押抜きせん断応力度

$$\tau_h = \frac{PH}{h' \cdot (2 \cdot L + D + 2 \cdot h')} \leq \tau_a$$

PH : 水平端部杭の軸直角方向力 (N)

h' : 水平方向の押抜きせん断力に抵抗するフーチングの有効厚さ = 408 (mm)

断面方向

case	荷重名略称	PH (kN)	h (N/mm ²)	a (N/mm ²)	判定
1	常時	38.0	0.047	0.900	OK
2	地震時	49.0	0.060	0.900	OK

(4) 支圧板の設計、溶接部の照査

1) 支圧板の設計

支圧板を鋼管に支持された片持ち梁として曲げモーメントを算出し、この曲げモーメントに対して支圧板の厚さが必要厚さ以上であることを照査する。

$$M_{max} = \frac{1}{2} \left(\frac{W-D}{2} \right)^2 \cdot p$$

M_{max} : 支圧板に生じる単位幅当りの最大曲げモーメント (N・mm/mm)

W : 支圧板の幅 = 300 (mm)

D : 鋼管径 = 185.0 (mm)

p : 支圧板単位幅当りに作用する分布荷重 (N/mm²)

押込み杭頭反力に対して

$$p = \frac{PN_{max}}{W^2}$$

引抜き杭頭反力に対して

$$p = \frac{PN_{min}}{W^2 - \pi \cdot D^2 / 4}$$

支圧板の必要厚さ

$$t_p = \sqrt{\frac{M_{max}}{\sigma_{sa}}} \cdot 6 \leq t$$

σ_{sa} : 支圧板の許容曲げ引張応力度 (N/mm²)

t : 支圧板の厚さ = 13.0 (mm)

断面方向

case	荷重名略称	PN _{max} (kN)	M _{max} (kN・m/m)	t _p (mm)	PN _{min} (kN)	M _{max} (kN・m/m)	t _p (mm)	判定
1	常時	216.9	4.0	11.4	-6.9	0.2	2.4	OK
2	地震時	276.5	5.1	10.5	-66.5	1.7	6.1	OK

2) 溶接部の検討

支圧板とスチフナの溶接部に生じる垂直支圧応力度

$$\sigma = \frac{N'}{4 \cdot t_s \cdot l_b'} \leq \sigma_a$$

N' : 支圧板張出部が負担する軸方向荷重 (N)

押込み杭頭反力に対して

$$N' = \frac{PN_{max}}{W^2} \cdot (W^2 - \pi \cdot D^2 / 4)$$

引抜き杭頭反力に対して

$$N' = PN_{min}$$

t_s : スチフナの肉厚 = 9 (mm)

l_{b'} : スチフナの溶接有効幅 = 65 (mm)

a : 鋼材の溶接部の許容垂直応力度 (N/mm²)

断面方向

・ 押込み杭頭反力

case	荷重名略称	PN _{max} (kN)	N' (kN)	(N/mm ²)	σ _a (N/mm ²)	判定
1	常時	216.9	152.1	65.01	185.00	OK
2	地震時	276.5	193.9	82.87	277.50	OK

・引抜き杭頭反力

case	荷重名略称	PNmin (kN)	N' (kN)	(N/mm ²)	a (N/mm ²)	判定
1	常時	-6.9	6.9	2.95	185.00	OK
2	地震時	-66.5	66.5	28.42	277.50	OK

鋼管とスチフナの溶接部に生じるせん断応力度

$$\tau = \frac{N'}{4 \cdot t_s \cdot l_h'} \leq \tau_a$$

lh' : スチフナの溶接有効高さ = 100 (mm)

a : 鋼材の溶接部の許容せん断応力度 (N/mm²)

断面方向

・押込み杭頭反力

case	荷重名略称	PNmax (kN)	N' (kN)	(N/mm ²)	a (N/mm ²)	判定
1	常時	216.9	152.1	42.26	105.00	OK
2	地震時	276.5	193.9	53.87	157.50	OK

・引抜き杭頭反力

case	荷重名略称	PNmin (kN)	N' (kN)	(N/mm ²)	a (N/mm ²)	判定
1	常時	-6.9	6.9	1.92	105.00	OK
2	地震時	-66.5	66.5	18.47	157.50	OK

7章 基礎バネ計算

7.1 水平方向地盤反力係数

杭外径 (鋼管径)	D = 0.1850	(m)
杭体ヤング係数 (鋼材ヤング係数)	E = 2.00 × 10 ⁸	(kN/m ²)
杭体断面二次モーメント	I = 0.000030200	(m ⁴)
I = I _s + I _b + E _c · I _c / E		
I _s : 鋼管の断面二次モーメント	= 0.000026719	(m ⁴)
I _b : SPボルトの断面二次モーメント	= 0.000000872	(m ⁴)
I _c : グラウトの断面二次モーメント	= 0.000027461	(m ⁴)
E _c : グラウトのヤング係数	= 1.90 × 10 ⁷	(kN/m ²)
杭の特性値 (換算載荷幅算出)	= 1.217456	(m ⁻¹)
水平抵抗に関する地盤の深さ	1 /	= 0.8214 (m)

$$\frac{1}{\beta} \text{の範囲の平均 ED} = \frac{\sum (ED_i \cdot L_i)}{1/\beta} = 104754.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\text{杭の換算載荷幅 BH} = \sqrt{\frac{D}{\beta}} = 0.3898 \text{ (m)}$$

$$kH_0 = \frac{1}{0.3} \cdot ED = 349180.0 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$kH = kH_0 \cdot \left(\frac{BH}{0.3}\right)^{-\frac{2}{4}}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kH \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}} = 1.217456 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

ここに、kH₀ : 直径0.3(m)の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する
 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)
 BH : 基礎前面の換算載荷幅 (m)
 kH : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

層No	土質	層厚 (m)	N値	V _{si} (m/s)	動的変形係数 ED (kN/m ²)	動的ポアソン比 D	kH (kN/m ³)
1	砂質土	3.600	10.0	172.35	104754	0.50	286900
2	砂質土	5.400	23.0	227.51	182536	0.50	499930
3	砂質土	2.500	50.0	294.72	323331	0.50	885540

7.2 杭軸直角方向バネ定数，杭軸方向バネ定数

(1) 断面方向

K1	kN/m	43598
K2	kN/rad	17906
K3	kN.m/m	17906
K4	kN.m/rad	14708
Kv	kN/m	186619

(2) 延長方向

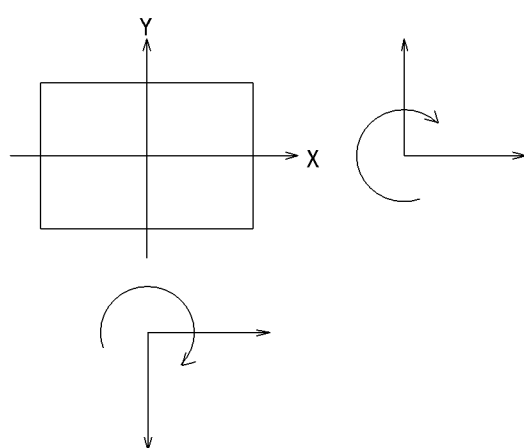
K1	kN/m	43598
K2	kN/rad	17906
K3	kN.m/m	17906
K4	kN.m/rad	14708
Kv	kN/m	186619

7.3 固有周期算定用地盤バネ定数

$$\begin{aligned}
 A_{ss} &= (K_v \cdot \sin^2 + K_1 \cdot \cos^2) i \\
 A_{sr} = A_{rs} &= (K_v \cdot X \cdot \sin \cdot \cos - K_1 \cdot X \cdot \sin \cdot \cos - K_2 \cdot \cos) i \\
 A_{rr} &= \{ K_v \cdot X^2 \cdot \cos^2 + K_1 \cdot X^2 \cdot \sin^2 + (K_2 + K_3) \cdot X \cdot \sin + K_4 \} i \\
 A_{sv} = A_{vs} &= (K_v \cdot \cos \cdot \sin - K_1 \cdot \sin \cdot \cos) i \\
 A_{rv} = A_{vr} &= (K_v \cdot X \cdot \cos^2 + K_1 \cdot X \cdot \sin^2 + K_2 \cdot \sin) i \\
 A_{vv} &= (K_v \cdot \cos^2 + K_1 \cdot \sin^2) i
 \end{aligned}$$

ここに、 A_{ss} : 水平方向バネ (kN/m)
 $A_{sr} = A_{rs}$: 水平と回転の連成バネ (kN/rad, kN.m/m)
 A_{rr} : 回転バネ (kN.m/rad)
 $A_{sv} = A_{vs}$: 鉛直と水平の連成バネ (kN/m)
 $A_{rv} = A_{vr}$: 鉛直と回転の連成バネ (kN.m/m, kN/rad)
 A_{vv} : 鉛直バネ (kN/m)

		断面方向	延長方向
A_{ss}	kN/m	1.743928E+006	1.743928E+006
A_{sr}	kN/rad	-7.162400E+005	-7.162400E+005
A_{rs}	kN.m/m	-7.162400E+005	-7.162400E+005
A_{rr}	kN.m/rad	7.069172E+006	6.217258E+007
A_{sv}	kN/m	0.000000E+000	0.000000E+000
A_{rv}	kN.m/m	0.000000E+000	0.000000E+000
A_{vs}	kN/m	0.000000E+000	0.000000E+000
A_{vr}	kN/rad	0.000000E+000	0.000000E+000
A_{vv}	kN/m	7.464760E+006	7.464760E+006



Y方向 : 断面方向
X方向 : 延長方向