

マンホールの設計計算 サンプルデータ

出力例

現場打ち円形

現場打ち円形マンホールのサンプルデータ

目次

1章 設計条件	1
1.1 一般事項	1
1.2 設計対象	1
1.3 形式	1
1.4 形状寸法	1
1.5 部材	2
1.6 コンクリート材料	2
1.7 鉄筋材料	2
1.8 許容値	3
1.9 地下水位	3
1.10 地盤条件	3
2章 地震時の検討	5
2.1 耐震設計上の地盤種別	5
2.2 地盤の応答変位(レベル1)	6
2.2.1 地盤の固有周期	6
2.2.2 設計応答速度	6
2.2.3 地盤の変位振幅の計算	6
2.3 鉛直方向断面力の計算(レベル1)	8
2.3.1 解析モデル	8
2.3.2 地盤反力係数	8
2.3.3 地盤のバネ	11
2.3.4 断面力の計算	12
2.4 鉛直方向配筋データ	15
2.5 鉛直方向断面照査一覧表(レベル1)	16
2.6 水平方向断面力の計算(レベル1)	21
2.6.1 各節点深度における水平荷重の算出	21
2.6.2 照査断面が円形の場合	22
2.7 水平方向配筋データ	26
2.8 水平方向断面照査一覧表(レベル1)	27
2.9 マンホールと本管の接合部の照査(レベル1)	36
2.9.1 設計条件	36
2.9.2 地震動による屈曲角	36
2.9.3 地震動による抜き出し量の算定	37
2.9.4 安全性の検討	38
2.10 地盤の応答変位(レベル2)	39
2.10.1 地盤の固有周期	39
2.10.2 設計応答速度	39
2.10.3 地盤の変位振幅の計算	40
2.11 鉛直方向断面力の計算(レベル2)	41
2.11.1 解析モデル	41
2.11.2 地盤反力係数	41
2.11.3 地盤のバネ	44
2.11.4 断面力の計算	45
2.12 鉛直方向断面照査一覧表(レベル2)	48
2.13 水平方向断面力の計算(レベル2)	53
2.13.1 各節点深度における水平荷重の算出	53
2.13.2 照査断面が円形の場合	54
2.14 水平方向断面照査一覧表(レベル2)	58
2.15 マンホールと本管の接合部の照査(レベル2)	63

2.15.1 設計条件	63
2.15.2 地震動による屈曲角	63
2.15.3 地震動による拔出し量の算定	64
2.15.4 液状化に伴う永久ひずみによる拔出し量の算定	65
2.15.5 安全性の検討	66
3章 液状化	67
3.1 設計条件	67
3.1.1 基本条件	67
3.1.2 土質条件	67
3.2 液状化の判定	69
3.2.1 地盤条件と地盤定数の設定	69
3.2.2 地震時せん断応力比 L	69
3.2.3 動的せん断強度比 R	71
3.2.4 繰返し三軸強度比 RL	72
3.2.5 一覧表	74
3.3 土質定数に乗じる係数	75
3.3.1 N 値測定点	75
3.3.2 地層点	78
3.4 計算結果一覧表	80
3.4.1 液状化の判定	80
3.4.2 土質定数に乗じる係数	81

1章 設計条件

1.1 一般事項

データ名：現場打ち - 円形.f7m

タイトル：現場打ちマンホールのサンプルデータ1

コメント：下水道施設耐震設計例 12.現場打ちマンホール（円形）

1.2 設計対象

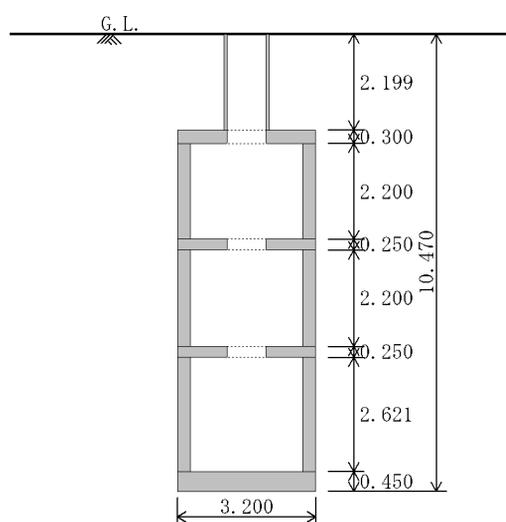
計算対象：レベル1地震動，レベル2地震動

地域区分：A

1.3 形式

現場打ちマンホール

1.4 形状寸法



部材番号	部材名称	タイプ	正面寸法			
			外径上縁 (m)	内径上縁 (m)	外径下縁 (m)	内径下縁 (m)
1	部材1	円形	1.050	0.900	1.050	0.900
2	部材2	円形	3.200	0.900	3.200	0.900
3	部材3	円形	3.200	2.600	3.200	2.600
4	部材4	円形	3.200	0.900	3.200	0.900
5	部材5	円形	3.200	2.600	3.200	2.600
6	部材6	円形	3.200	0.900	3.200	0.900
7	部材7	円形	3.200	2.600	3.200	2.600
8	部材8	円形	3.200	0.000	3.200	0.000

1.5 部材

部材番号	深度 (m)	部材高 (m)	断面照査有無	節点分割数
1	2.199	2.199	—	1
2	2.499	0.300	—	1
3	4.699	2.200		4
4	4.949	0.250	—	1
5	7.149	2.200		4
6	7.399	0.250	—	1
7	10.020	2.621		6
8	10.470	0.450	—	1

1.6 コンクリート材料

部材番号	材料名称	材料強度 f'_{ck} (N/mm ²)	ヤング係数 E_c $\times 10^4$ (N/mm ²)
1	21	21.0	2.350
2	21	21.0	2.350
3	21	21.0	2.350
4	21	21.0	2.350
5	21	21.0	2.350
6	21	21.0	2.350
7	21	21.0	2.350
8	21	21.0	2.350

単位重量 (大気中) $c_c = 24.50$ (kN/m³)

単位重量 (水中) $c'_c = 14.50$ (kN/m³)

1.7 鉄筋材料

部材番号	材質	材料強度 f_{yk} (N/mm ²)	ヤング係数 E_s $\times 10^5$ (N/mm ²)
1	SD295	295.0	2.000
2	SD295	295.0	2.000
3	SD295	295.0	2.000
4	SD295	295.0	2.000
5	SD295	295.0	2.000
6	SD295	295.0	2.000
7	SD295	295.0	2.000
8	SD295	295.0	2.000

1.8 許容値

レベル1地震時の許容応力度 (割り増し係数 : 1.5)

部材番号	R C (N/mm ²)				
	曲げ圧縮 応力度 ca	せん断 応力度 a1	付着 応力度 0a	引張応力度 sa	
				大気中	水中
3	10.50	0.630	2.10	270.00	270.00
5	10.50	0.630	2.10	270.00	270.00
7	10.50	0.630	2.10	270.00	270.00

安全係数

材料係数

曲げ耐力用

コンクリート c : 1.00

鉄筋 s : 1.00

せん断耐力用

コンクリート c : 1.00

鉄筋 s : 1.00

部材係数

曲げ耐力用 b : 1.00

せん断耐力用

コンクリート bc : 1.00

鉄筋 bs : 1.00

構造物係数

i : 1.00

1.9 地下水位

地表面からの深さH : 3.300(m)

単位重量 : 10.0(kN/m³)

1.10 地盤条件

鉛直方向の地盤反力係数Kvに対する水平方向せん断バネ係数Ksの比 : 0.30

レベル1の算出方法

地盤反力係数の推定係数 : 1.0

表層のTsの算出方法 : Ts = 1.25T₀

レベル2の算出方法

地盤反力係数の推定係数 : 1.0

表層のTsの算出方法 : Ts = 1.25T₀

設計応答速度S_v

S_vはグラフより算出

表層の地盤条件

土層番号	深度 Z (m)	層厚 h (m)	土質名	N値	単位重量 (大気中) (kN/m ³)	単位重量 (飽和) sat (kN/m ³)	静止土圧係数 K	変形係数 E ₀ (kN/m ³)	表層のせん断弾性波速度 Vs(m/s)
1	0.500	0.500	砂質土	2.000	18.000	19.000	0.5000	5600.000	100.794
2	3.300	2.800	砂質土	5.000	17.000	18.000	0.5000	14000.000	136.798
3	5.200	1.900	粘性土	3.000	16.000	17.000	0.5000	8400.000	144.225

土層番号	深度 Z (m)	層厚 h (m)	土質名	N値	単位重量 (大気中) (kN/m ³)	単位重量 (飽和) sat (kN/m ³)	静止土圧係数 K	変形係数 E ₀ (kN/m ³)	表層のせん断弾性波速度 Vs(m/s)
4	8.500	3.300	砂質土	10.000	17.000	18.000	0.5000	28000.000	172.355
5	20.700	12.200	粘性土	2.000	16.000	17.000	0.5000	5600.000	125.992
6	24.700	4.000	砂質土	12.000	17.000	18.000	0.5000	33600.000	183.154

2章 地震時の検討

2.1 耐震設計上の地盤種別

耐震設計上の地盤種別は、次式で算出される地盤の特性値 T_G をもとに区分する。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$$

ここに、

T_G : 地盤特性値(s)

H_i : i 番目の層厚(m)

V_{si} : i 番目のせん断弾性波速度(m/s)

ただし、実測値がない場合は次式から求めても良い。

粘性土層の場合 $V_{si} = 100N_i^{1/3}$ (1 N_i 25)

砂質土層の場合 $V_{si} = 80N_i^{1/3}$ (1 N_i 50)

土質に関わらず $N_i = 0$ のとき $V_{si} = 50$

N_i : 標準貫入試験による i 番目の地層のN値

i : 当該地盤が地表面から基盤面までの n 層に区分されるとき、地表面から i 番目の地層の番号

耐震設計上の地盤種別

地盤種別	地盤の特性値 T_G (s)
I種	$T_G < 0.2$
II種	$0.2 \leq T_G < 0.6$
III種	$T_G \geq 0.6$

ここで、設計条件の耐震設計上の地盤種別を判定すると次のようになる。

土層番号	深度(m)	土質名	H_i (m)	N値	V_{si} (m/s)	H_i / V_{si}
1	0.500	砂質土	0.500	2.000	100.794	0.00496
2	3.300	砂質土	2.800	5.000	136.798	0.02047
3	5.200	粘性土	1.900	3.000	144.225	0.01317
4	8.500	砂質土	3.300	10.000	172.355	0.01915
5	20.700	粘性土	12.200	2.000	125.992	0.09683
6	24.700	砂質土	4.000	12.000	183.154	0.02184
	—	—	—	—	—	0.17642

よって、地盤の特性値 T_G は次のようになる。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$$

$$= 4 \times 0.17642 = 0.7057(s)$$

ゆえに、表層地盤の種別はIII種とする。

2.2 地盤の応答変位(レベル1)

2.2.1 地盤の固有周期

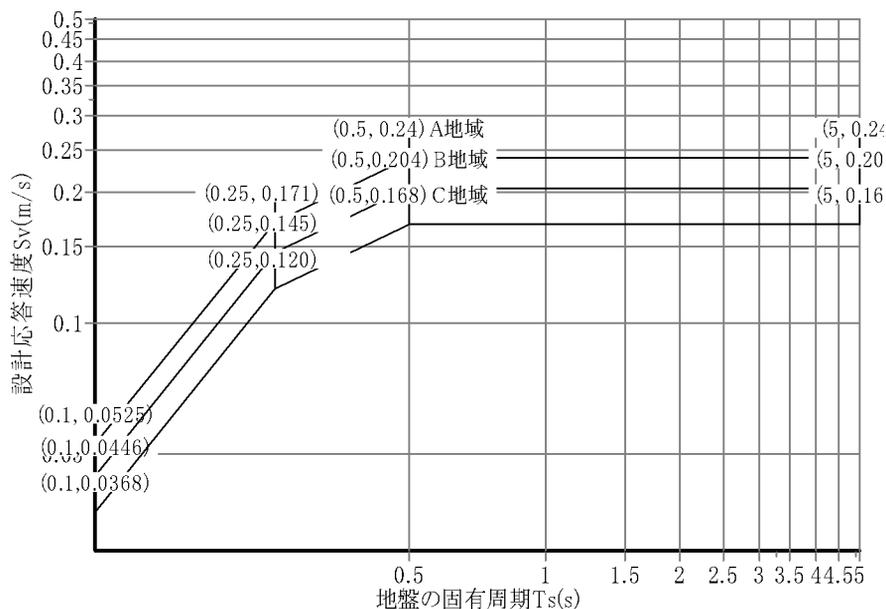
表層地盤の固有周期は、次のようになる。

$$T_s = 1.25T_0$$

$$= 1.25 \times 0.7057 = 0.8821(\text{s})$$

2.2.2 設計応答速度

表層の地震動レベル1の設計応答速度を次の図から求めると、 $S_v = 0.24000(\text{m/s})$ となる。



2.2.3 地盤の変位振幅の計算

応答変位法による耐震設計計算法では、地表面から深さ z における水平方向の変位振幅を次式により求める。

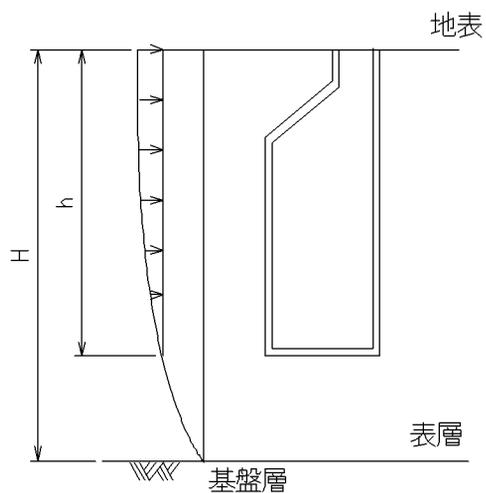
$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos \frac{\pi \cdot z}{2 \cdot H}$$

ここに、

- $U_h(z)$: 地表面からの深さ z (m)における水平方向の変位振幅(m)
- S_v : 設計応答速度(m/s)
- T_s : 表層地盤の固有周期(s)
地盤の特性値 T_0 を基準として地震時に生じるせん断ひずみの大きさを考慮して、次式により求める。
 $T_s = 1.25T_0$
- T_0 : 地盤の特性値(s)
- z : 地表面からの深さ(m)
- H : 表層地盤の厚さ(最終土質深度)(m)

地盤の変位振幅

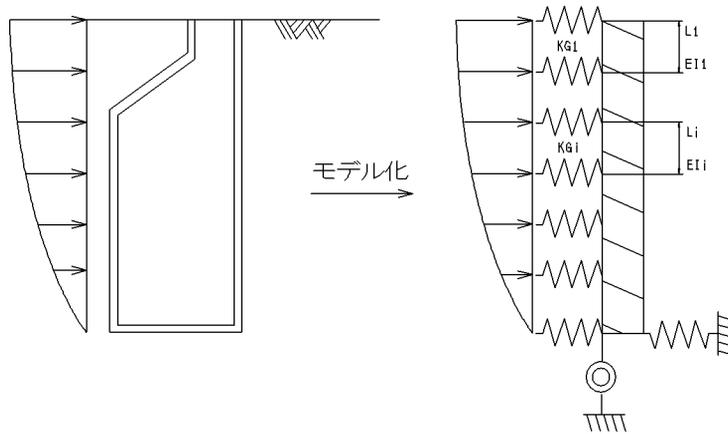
節点番号	深度z(m)	$U_h(z)$ (m)
1	0.000	0.042900
2	2.199	0.042481
3	2.499	0.042360
4	3.049	0.042096
5	3.599	0.041781
6	4.149	0.041416
7	4.699	0.040999
8	4.949	0.040793
9	5.499	0.040304
10	6.049	0.039765
11	6.599	0.039178
12	7.149	0.038542
13	7.399	0.038238
14	7.836	0.037683
15	8.273	0.037099
16	8.709	0.036486
17	9.146	0.035845
18	9.583	0.035177
19	10.020	0.034481
20	10.470	0.033737



2.3 鉛直方向断面力の計算(レベル1)

2.3.1 解析モデル

マンホールの鉛直断面を、図に示すようにはり要素としてモデル化する。このはりモデルに地盤の相対変位を地盤の水平バネを介して強制変位として作用させ、部材に発生する断面力を求める。



2.3.2 地盤反力係数

(1) 水平方向の地盤反力係数

水平方向の地盤反力係数は次式により求める。

$$K_{hi} = K_{h0} \left(\frac{B_h}{0.3} \right)^{\frac{5}{4}}$$

K_{hi} : 水平方向地盤反力係数(kN/m³)

K_{h0} : 直径0.3m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)で次式により求める。

$$K_{h0} = \frac{1}{0.3} \alpha \cdot E_0$$

: 地盤反力係数の推定に用いる係数 $\alpha = 1$ (応答変位法に限る)

E_0 : 標準貫入試験のN値より $E_0 = 2800N$ で推定した変形係数(kN/m²)

B_h : 基礎の換算載荷幅(m)で次式により求める。

$$B_h = \sqrt{A_h}$$

A_h : 水平方向載荷面積(マンホール全面の面積)(m²)で、部材高×外径とする。

ただし、断面形状が円形の場合は、部材高×(0.8×外径)とする。

したがって、次のようになる。

水平方向載荷面積

土層番号	N値	部材番号	深度 (m)	部材高 (m)	外径 (m)	A _{hi} (m ²)
1	2.000	1	0.000 ~ 0.500	0.500	1.050	0.4200
2	5.000	1	0.500 ~ 2.199	1.699	1.050	1.4272
2	5.000	2	2.199 ~ 2.499	0.300	3.200	0.7680
2	5.000	3	2.499 ~ 3.300	0.801	3.200	2.0506
3	3.000	3	3.300 ~ 4.699	1.399	3.200	3.5814
3	3.000	4	4.699 ~ 4.949	0.250	3.200	0.6400
3	3.000	5	4.949 ~ 5.200	0.251	3.200	0.6426
4	10.000	5	5.200 ~ 7.149	1.949	3.200	4.9894
4	10.000	6	7.149 ~ 7.399	0.250	3.200	0.6400
4	10.000	7	7.399 ~ 8.500	1.101	3.200	2.8186
5	2.000	7	8.500 ~ 10.020	1.520	3.200	3.8912
5	2.000	8	10.020 ~ 10.470	0.450	3.200	1.1520
	—	—	—	—	—	23.0209

$$\begin{aligned}
 B_h &= \sqrt{A_h} \\
 &= \sqrt{23.0209} \\
 &= 4.7980
 \end{aligned}$$

水平方向地盤反力係数

土層番号	N値		E ₀ (kN/m ²)	K _{no} (kN/m ³)	K _{ni} (kN/m ³)
1	2.000	1	5600.0	18667	2334
2	5.000	1	14000.0	46667	5835
3	3.000	1	8400.0	28000	3501
4	10.000	1	28000.0	93333	11670
5	2.000	1	5600.0	18667	2334

(2)鉛直方向の地盤反力係数

鉛直方向の地盤反力係数は次式により求める。

$$K_v = K_{v0} \left(\frac{B_v}{0.3} \right)^{-\frac{2}{4}}$$

K_v : 鉛直方向地盤反力係数(kN/m³)

K_{v0} : 次式により求める。

$$K_{v0} = \frac{1}{0.3} \alpha \cdot E_0$$

: 地盤反力係数の推定に用いる係数 =1 (応答変位法に限る)

E₀ : 標準貫入試験のN値よりE₀ = 2800N で推定した変形係数(kN/m²)

B_v : 基礎の換算載荷幅(m)で次式により求める。

$$B_v = \sqrt{A_v}$$

ただし、断面形状が円形の場合は、B_v = D

A_v : 鉛直方向載荷面積 (マンホールの底面積) (m²)

D : マンホール底面の直径(m)

鉛直方向載荷面積

土層 番号	N値		E_0 (kN/m^2)	A_v (m^2)	B_v (m)	k_{v0} (kN/m^3)	k_v (kN/m^3)
5	2.000	1	5600.0	8.0425	3.20000	18667	3163

(3) 水平方向のせん断バネ係数

水平方向のせん断バネ係数は次式により求める。

$$k_s = \quad \cdot K_v$$

ここに、

K_a : 水平方向のせん断バネ係数(kN/m^3)

: 鉛直方向地盤反力係数 K_v に対する水平方向せん断バネ係数 k_s の比 = 0.3

K_v : 鉛直方向地盤反力係数(kN/m^3)

水平方向のせん断バネ係数

$$k_s = \quad \cdot K_v$$

$$= 0.30 \cdot 3163$$

$$= 948.8$$

2.3.3 地盤のバネ

(1)地盤の水平バネ

地盤の水平バネは次式により求める。

$$K_{Hi} = K_{hi} \cdot A_i$$

ここに、

K_{Hi} : 各節点の地盤の水平バネ(kN/m)

K_{hi} : 水平方向の地盤反力係数(kN/m³)

A_i : 各節点の分担面積(m²)

地盤の水平バネ

節点 番号	深さ Z (m)	分担高さ H _i (m)	分担幅 B _i (m)	分担面積 A _i (m ²)	地盤反力 係数K _{hi} (kN/m ³)	水平バネ K _{Hi} (kN/m)
1	0.000	1.099	1.050	1.1545	4243	4898
2	2.199	1.249	3.200	1.6345	5835	9537
3	2.499	0.425	3.200	1.3600	5835	7936
4	3.049	0.550	3.200	1.7600	5733	10091
5	3.599	0.550	3.200	1.7600	3501	6162
6	4.149	0.550	3.200	1.7600	3501	6162
7	4.699	0.400	3.200	1.2800	3501	4481
8	4.949	0.400	3.200	1.2800	3991	5109
9	5.499	0.550	3.200	1.7600	11670	20540
10	6.049	0.550	3.200	1.7600	11670	20540
11	6.599	0.550	3.200	1.7600	11670	20540
12	7.149	0.400	3.200	1.2800	11670	14938
13	7.399	0.343	3.200	1.0989	11670	12825
14	7.836	0.437	3.200	1.3979	11670	16314
15	8.273	0.437	3.200	1.3979	11670	16314
16	8.709	0.437	3.200	1.3979	2525	3529
17	9.146	0.437	3.200	1.3979	2334	3263
18	9.583	0.437	3.200	1.3979	2334	3263
19	10.020	0.443	3.200	1.4189	2334	3312
20	10.470	0.225	3.200	0.7200	2334	1681

(2)地盤の回転バネ

地盤の回転バネは次式により求める。

$$K = K_v \cdot I$$

ここに、

K : 地盤の回転バネ(kN.m/rad)

K_v : 鉛直方向の地盤反力係数(kN/m³)

I : マンホール底面の断面二次モーメント(m⁴)

$$I = \frac{\pi \times 3.200^4}{64}$$

$$= 5.147 \text{ (m}^4\text{)}$$

地盤の回転バネ

$$K = 3163 \times 5.147 = 16279 (\text{kN} \cdot \text{m} / \text{rad})$$

(3)底面のせん断バネ

底面のせん断バネは次式により求める。

$$K_s = k_s \cdot A_v$$

ここに、

- K_s : 地盤のせん断バネ (kN/m)
- k_s : 水平方向せん断バネ係数 (kN/m³)
- A_v : マンホール底面の底面積 (m²)

地盤のせん断バネ

$$K_s = 949 \times 8.0425 = 7631 (\text{kN} / \text{m})$$

2.3.4 断面力の計算

(1)フレーム入力データ

各部材のi端、j端における荷重は次式により求める。

$$P_i = D_i \cdot K_{Hi}$$

ここに、

- P_i : 節点iの水平方向荷重 (kN)
- D_i : 節点iの地盤の相対変位 (m)
- K_{Hi} : 節点iの水平バネ (kN/m)

節点番号	部材番号	断面二次モーメント (m ⁴)		部材長 (m)	水平バネ K_{Hi} (kN/m)		相対変位 (m)	荷重 P (kN)	
		i端	j端		i端	j端		i端	j端
1	1	0.027460	0.027460	2.199	4898.459	9537.400	0.009164	44.89	83.40
2	2	5.114979	5.114979	0.300	9537.400	7935.798	0.008745	83.40	68.43
3	3	2.904010	2.904010	0.550	7935.798	10090.601	0.008623	68.43	84.35
4	3	2.904010	2.904010	0.550	10090.601	6161.914	0.008360	84.35	49.57
5	3	2.904010	2.904010	0.550	6161.914	6161.914	0.008045	49.57	47.32
6	3	2.904010	2.904010	0.550	6161.914	4481.392	0.007679	47.32	32.55
7	4	5.114979	5.114979	0.250	4481.392	5108.787	0.007262	32.55	36.05
8	5	2.904010	2.904010	0.550	5108.787	20539.714	0.007056	36.05	134.88
9	5	2.904010	2.904010	0.550	20539.714	20539.714	0.006567	134.88	123.82
10	5	2.904010	2.904010	0.550	20539.714	20539.714	0.006028	123.82	111.76
11	5	2.904010	2.904010	0.550	20539.714	14937.973	0.005441	111.76	71.79
12	6	5.114979	5.114979	0.250	14937.973	12824.873	0.004806	71.79	57.73
13	7	2.904010	2.904010	0.437	12824.873	16313.512	0.004501	57.73	64.38
14	7	2.904010	2.904010	0.437	16313.512	16313.512	0.003946	64.38	54.85
15	7	2.904010	2.904010	0.437	16313.512	3529.096	0.003362	54.85	9.70
16	7	2.904010	2.904010	0.437	3529.096	3262.702	0.002750	9.70	6.88
17	7	2.904010	2.904010	0.437	3262.702	3262.702	0.002109	6.88	4.70

節点番号	部材番号	断面二次モーメント(m ⁴)		部材長(m)	水平バネK _{ni} (kN/m)		相対変位(m)	荷重P(kN)	
		i端	j端		i端	j端		i端	j端
18	7	2.904010	2.904010	0.437	3262.702	3311.873	0.001440	4.70	2.47
19	8	5.147185	5.147185	0.450	3311.873	9311.080	0.000744	2.47	0.00

(2)断面力の算出

鉛直方向断面力計算結果

$S_v = 0.24000(m/s)$

$T_s = 0.88210(s)$

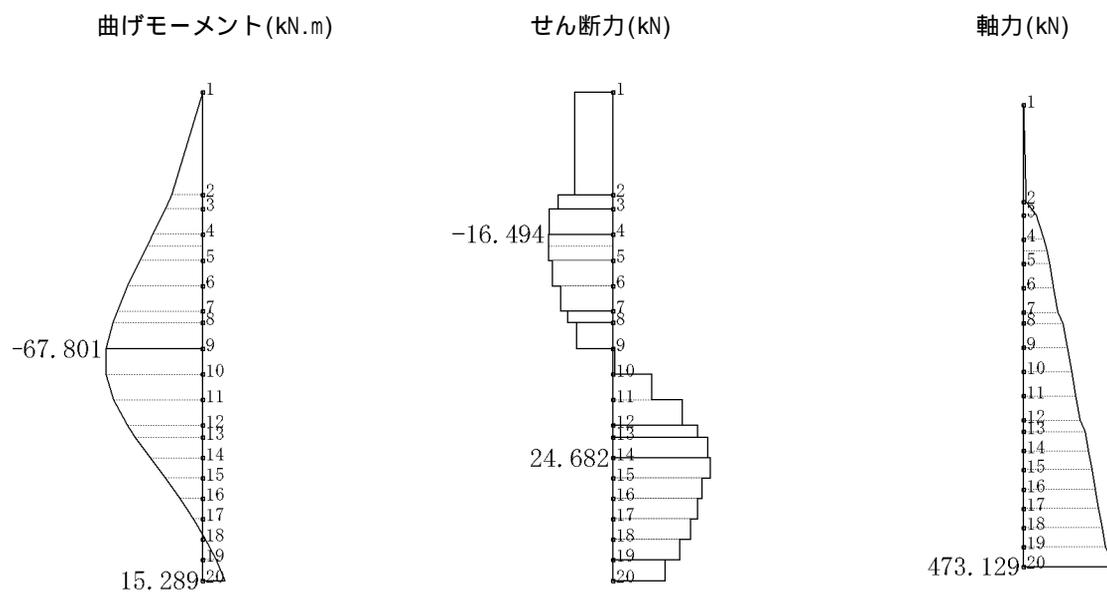
節点番号	軸力(kN)		曲げモーメント Mi (kN.m)	せん断力 Si (kN)
	Ni (上)	Ni (下)		
1	0.0000	0.0000	0.0000	-9.8855
2	12.3768	12.3768	-21.7382	-14.0380
3	66.8131	66.8131	-25.9496	-16.2341
4	103.6428	103.6428	-34.8784	-16.4941
5	132.3002	132.3002	-43.9502	-15.4230
6	154.0974	154.0974	-52.4328	-13.4355
7	175.8946	175.8946	-59.8223	-11.5498
8	202.7424	202.7424	-62.7098	-9.2563
9	224.5396	224.5396	-67.8008	0.4952
10	246.3367	246.3367	-67.5284	9.7710
11	268.1339	268.1339	-62.1544	17.5778
12	289.9310	289.9310	-52.4866	21.4753
13	316.7789	316.7789	-47.1177	23.9273
14	334.0911	334.0911	-36.6655	24.6821
15	351.4034	351.4034	-25.8836	22.6001
16	368.7156	368.7156	-16.0111	21.4352
17	386.0278	386.0278	-6.6475	19.6060
18	403.3400	403.3400	1.9171	16.9344
19	420.6523	420.6523	9.3146	13.2775
20	473.1294	473.1294	15.2894	13.2775

節点番号	深さ(m)	相対変位(m)	部材変位(m)	変位差(m)	地盤反力係数 kh(kN/m ³)	地盤反力 q(kN/m ²)
1	0.000	0.009164	0.011182	0.002018	4243	8.5628
2	2.199	0.008745	0.009180	0.000435	5835	2.5406
3	2.499	0.008623	0.008900	0.000277	5835	1.6147
4	3.049	0.008360	0.008385	0.000026	5733	0.1478
5	3.599	0.008045	0.007871	-0.000174	3501	-0.6086
6	4.149	0.007679	0.007356	-0.000323	3501	-1.1292

節点番号	深さ (m)	相対変位 (m)	部材変位 (m)	変位差 (m)	地盤反力係数 kh (kN/m ³)	地盤反力 q (kN/m ²)
7	4.699	0.007262	0.006841	-0.000421	3501	-1.4733
8	4.949	0.007056	0.006607	-0.000449	3991	-1.7918
9	5.499	0.006567	0.006092	-0.000475	11670	-5.5407
10	6.049	0.006028	0.005577	-0.000452	11670	-5.2703
11	6.599	0.005441	0.005061	-0.000380	11670	-4.4357
12	7.149	0.004806	0.004545	-0.000261	11670	-3.0450
13	7.399	0.004501	0.004310	-0.000191	11670	-2.2312
14	7.836	0.003946	0.003900	-0.000046	11670	-0.5400
15	8.273	0.003362	0.003490	0.000128	11670	1.4894
16	8.709	0.002750	0.003080	0.000330	2525	0.8333
17	9.146	0.002109	0.002669	0.000561	2334	1.3086
18	9.583	0.001440	0.002259	0.000819	2334	1.9112
19	10.020	0.000744	0.001849	0.001104	2334	2.5772
20	10.470	0.000000	0.001426	0.001426	2334	3.3283

地盤反力は、地盤の相対変位とフレーム解析で得られた部材変位との差に、地盤反力係数を乗じて算出

(3) 断面力の分布

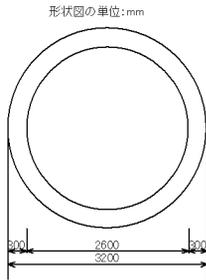


2.4 鉛直方向配筋データ

節点番号3下(変化部)~7

部材番号3

地表面からの深度 2.499~4.699(m)



主鉄筋(全周分)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm ²)
1	80.00	398.0	D16	24.000	4766.400
2	220.00	361.0	D16	24.000	4766.400

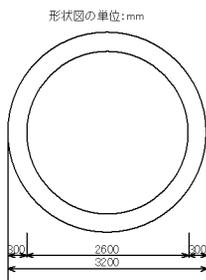
せん断補強筋

ピッチ (mm)	鉄筋量 (mm ²)
250.0	794.400

節点番号8下(変化部)~12

部材番号5

地表面からの深度 4.949~7.149(m)



主鉄筋(全周分)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm ²)
1	80.00	398.0	D16	24.000	4766.400
2	220.00	361.0	D16	24.000	4766.400

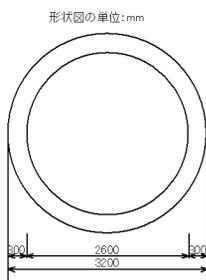
せん断補強筋

ピッチ (mm)	鉄筋量 (mm ²)
250.0	794.400

節点番号13下(変化部)~19

部材番号7

地表面からの深度 7.399~10.020(m)



主鉄筋(全周分)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm ²)
1	80.00	398.0	D16	24.000	4766.400
2	220.00	361.0	D16	24.000	4766.400

せん断補強筋

ピッチ (mm)	鉄筋量 (mm ²)
250.0	794.400

2.5 鉛直方向断面照査一覧表(レベル1)

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点3	節点4	節点5	節点6
曲げモーメント	M_d	kN.m	-25.9496	-34.8784	-43.9502	-52.4328
軸力	N_d	kN	66.8131	103.6428	132.3002	154.0974
せん断力	V_d	kN	-16.2341	-16.4941	-15.4230	-13.4355
部材幅	B	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
部材高	H	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7	531.7	531.7	531.7
有効高	d	mm	2723.4	2723.4	2723.4	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm ²	D16 × 24.00 D16 × 24.00 9532.800			
	A_s'	mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	4334.515	4755.970	4797.056	4721.350
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.0368	0.0543	0.0690	0.0810
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.0000	270.0000	270.0000	270.0000
判定						
全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面図心までの距離と有効高の比	J		—	—	—	—
最大せん断応力度		N/mm ²	0.0118	0.0120	0.0112	0.0098
許容せん断応力度	a_t	N/mm ²	0.6300	0.6300	0.6300	0.6300
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点7	節点8(下)	節点9	節点10
曲げモーメント	M_d	kN.m	-59.8223	-62.7098	-67.8008	-67.5284
軸力	N_d	kN	175.8946	202.7424	224.5396	246.3367
せん断力	V_d	kN	-11.5498	-9.2563	0.4952	9.7710
部材幅	B	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
部材高	H	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7	531.7	531.7	531.7
有効高	d	mm	2723.4	2723.4	2723.4	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm ²	D16 × 24.00 D16 × 24.00 9532.800			
	A_s'	mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	4722.764	5033.677	5117.292	5474.297
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.0925	0.1033	0.1136	0.1210
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.0000	270.0000	270.0000	270.0000
判定						
全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面図心までの距離と有効高の比	J		—	—	—	—
最大せん断応力度		N/mm ²	0.0084	0.0067	0.0004	0.0071
許容せん断応力度	a_t	N/mm ²	0.6300	0.6300	0.6300	0.6300
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点11	節点12	節点13(下)	節点14
曲げモーメント	M_d	kN.m	-62.1544	-52.4866	-47.1177	-36.6655
軸力	N_d	kN	268.1339	289.9310	316.7789	334.0911
せん断力	V_d	kN	17.5778	21.4753	23.9273	24.6821
部材幅	B	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
部材高	H	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7	531.7	531.7	531.7
有効高	d	mm	2723.4	2723.4	2723.4	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm ²	D16 × 24.00 D16 × 24.00 9532.800			
	A_s'	mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	6181.738	7466.737	8740.390	11277.367
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.1258	0.1283	0.1348	0.1354
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.0000	270.0000	270.0000	270.0000
判定						
全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面図心までの距離と有効高の比	J		—	—	—	—
最大せん断応力度		N/mm ²	0.0128	0.0156	0.0174	0.0179
許容せん断応力度	a_t	N/mm ²	0.6300	0.6300	0.6300	0.6300
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点15	節点16	節点17	節点18
曲げモーメント	M_d	kN.m	-25.8836	-16.0111	-6.6475	1.9171
軸力	N_d	kN	351.4034	368.7156	386.0278	403.3400
せん断力	V_d	kN	22.6001	21.4352	19.6060	16.9344
部材幅	B	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
部材高	H	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7	531.7	531.7	531.7
有効高	d	mm	2723.4	2723.4	2723.4	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm ²	D16 × 24.00 D16 × 24.00 9532.800			
	A_s'	mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	16018.890	26057.960	63275.226	225051.319
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.1357	0.1366	0.1377	0.1412
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.0000	270.0000	270.0000	270.0000
判定						
全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面図心までの距離と有効高の比	J		—	—	—	—
最大せん断応力度		N/mm ²	0.0164	0.0156	0.0142	0.0123
許容せん断応力度	a_t	N/mm ²	0.6300	0.6300	0.6300	0.6300
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点19
曲げモーメント	M_d	kN.m	9.3146
軸力	N_d	kN	420.6523
せん断力	V_d	kN	13.2775
部材幅	B	mm	2835.9
部材高	H	mm	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7
有効高	d	mm	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm^2	D16 × 24.00 D16 × 24.00 9532.800
	A_s'	mm^2	0.000
ヤング係数比	n		15
中立軸	X	mm	49563.385
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm^2	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm^2	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm^2	0.1511
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm^2	10.5000
判定			
鉄筋引張応力度	s	N/mm^2	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm^2	270.0000
判定			
全圧縮応力の作用点から引張鉄筋断面図心までの距離と有効高の比	J		—
最大せん断応力度		N/mm^2	0.0096
許容せん断応力度	a_t	N/mm^2	0.6300
判定			

2.6 水平方向断面力の計算(レベル1)

2.6.1 各節点深度における水平荷重の算出

各節点深度における水平荷重を算出し、常時荷重として作用させる。

節点 番号	深度 Z(m)	層厚 h(m)	土の単位重量 (kN/m ³)	静止土圧 係数K	h (kN/m ²)	水平土圧 P ₁ (kN/m ²)	水圧 P ₂ (kN/m ²)
1	0.000	0.000	18.00	0.500	0.000	0.000	0.000
土	0.500	0.500	18.00	0.500	9.000	4.500	0.000
2	2.199	1.699	17.00	0.500	37.883	18.941	0.000
3	2.499	0.300	17.00	0.500	42.983	21.491	0.000
4	3.049	0.550	17.00	0.500	52.333	26.166	0.000
水	3.300	0.251	17.00	0.500	56.600	28.300	0.000
土	3.300	0.000	8.00	0.500	56.600	28.300	0.000
5	3.599	0.299	7.00	0.500	58.693	29.346	2.990
6	4.149	0.550	7.00	0.500	62.543	31.271	8.490
7	4.699	0.550	7.00	0.500	66.393	33.196	13.990
8	4.949	0.250	7.00	0.500	68.143	34.071	16.490
土	5.200	0.251	7.00	0.500	69.900	34.950	19.000
9	5.499	0.299	8.00	0.500	72.292	36.146	21.990
10	6.049	0.550	8.00	0.500	76.692	38.346	27.490
11	6.599	0.550	8.00	0.500	81.092	40.546	32.990
12	7.149	0.550	8.00	0.500	85.492	42.746	38.490
13	7.399	0.250	8.00	0.500	87.492	43.746	40.990
14	7.836	0.437	8.00	0.500	90.987	45.493	45.358
15	8.273	0.437	8.00	0.500	94.481	47.241	49.727
土	8.500	0.227	8.00	0.500	96.300	48.150	52.000
16	8.709	0.209	7.00	0.500	97.766	48.883	54.095
17	9.146	0.437	7.00	0.500	100.824	50.412	58.463
18	9.583	0.437	7.00	0.500	103.882	51.941	62.832
19	10.020	0.437	7.00	0.500	106.940	53.470	67.200
20	10.470	0.450	7.00	0.500	110.090	55.045	71.700

2.6.2 照査断面が円形の場合

(1) 計算仮定

[1] 常時

断面力の計算は、4方向より荷重を受ける条件により行う。

常時の軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$N = P \cdot r$$

ここに、

N : 軸力(kN)

P : 常時荷重(kN/m²)

r : 管厚中心半径(m)

荷重Pは、

$$P = P_1 + P_2$$

$$P_1 = K \cdot (\gamma \cdot Z)$$

$$P_2 = \gamma_w \cdot Z_w$$

ここに、

P₁ : 水平土圧(kN/m²)

P₂ : 水圧(kN/m²)

K : 静止土圧係数

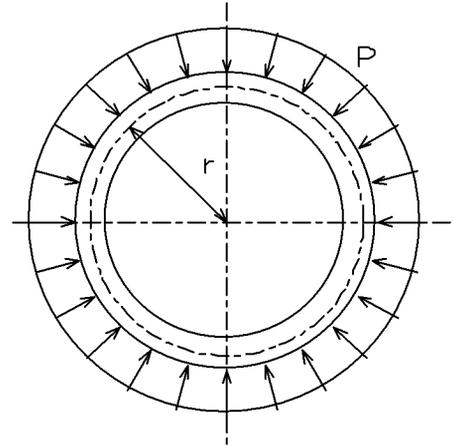
γ : 土の単位重量(kN/m³)

Z : 地表面からの深さ(m)

γ_w : 水の単位重量(kN/m³)

Z_w : 水位からの深さ(m)

この場合は曲げモーメントとせん断力は生じない。



[2] 地震時増分

断面力の計算は、地盤反力qを地震時増分荷重として行い、1方向より偏荷重を受ける場合を考える。

図のA~C各点のモーメントは次式に地盤反力の絶対値を与え、単位長さを乗じて求める。

図のA~C各点の軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$M_A = 0.163 q \cdot r^2$$

$$M_B = -0.125 q \cdot r^2$$

$$M_C = 0.087 q \cdot r^2$$

$$N_A = 0.212 q \cdot r$$

$$N_B = q \cdot r$$

$$N_C = -0.212 q \cdot r$$

ここに、

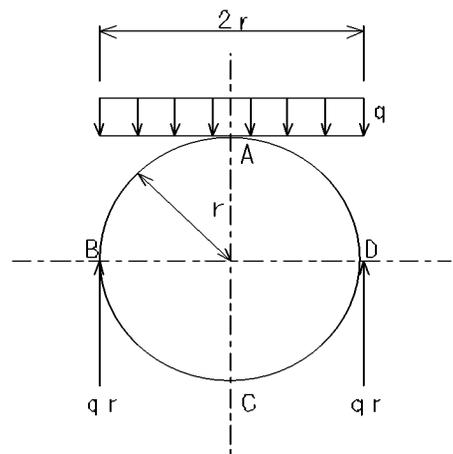
M : 曲げモーメント(kN.m)

q : 応答変位による地盤反力(kN/m²)

r : 管厚中心半径(m)

N : 軸力(kN)

この場合はせん断力は生じない。



(2)円形断面の荷重と断面力

常時

節点番号	水平土圧 P_1 (kN/m ²)	水圧 P_2 (kN/m ²)	常時土圧 P (kN/m ²)	管厚中心 半径 r (m)	軸力 N (kN)
3(下)	21.4915	0.0000	21.4915	1.450	31.1627
4	26.1665	0.0000	26.1665	1.450	37.9414
5	29.3465	2.9900	32.3365	1.450	46.8879
6	31.2715	8.4900	39.7615	1.450	57.6542
7(上)	33.1965	13.9900	47.1865	1.450	68.4204
8(下)	34.0715	16.4900	50.5615	1.450	73.3142
9	36.1460	21.9900	58.1360	1.450	84.2972
10	38.3460	27.4900	65.8360	1.450	95.4622
11	40.5460	32.9900	73.5360	1.450	106.6272
12(上)	42.7460	38.4900	81.2360	1.450	117.7922
13(下)	43.7460	40.9900	84.7360	1.450	122.8672
14	45.4933	45.3583	90.8517	1.450	131.7349
15	47.2407	49.7267	96.9673	1.450	140.6026
16	48.8832	54.0950	102.9782	1.450	149.3185
17	50.4122	58.4633	108.8755	1.450	157.8695
18	51.9411	62.8317	114.7727	1.450	166.4205
19(上)	53.4700	67.2000	120.6700	1.450	174.9715

地震時

前後方向地震動

節点番号	地盤反力 q (kN/m ²)	管厚中心 半径 r (m)	曲げモーメントM(kN.m)			軸力(kN)		
			M_A	M_B	M_C	N_A	N_B	N_C
3(下)	1.6147	1.450	0.5534	-0.4244	0.2954	0.4964	2.3414	-0.4964
4	0.1478	1.450	0.0506	-0.0388	0.0270	0.0454	0.2143	-0.0454
5	0.6086	1.450	0.2086	-0.1600	0.1113	0.1871	0.8825	-0.1871
6	1.1292	1.450	0.3870	-0.2968	0.2066	0.3471	1.6374	-0.3471
7(上)	1.4733	1.450	0.5049	-0.3872	0.2695	0.4529	2.1362	-0.4529
8(下)	1.7918	1.450	0.6141	-0.4709	0.3277	0.5508	2.5981	-0.5508
9	5.5407	1.450	1.8988	-1.4562	1.0135	1.7032	8.0339	-1.7032
10	5.2703	1.450	1.8062	-1.3851	0.9640	1.6201	7.6419	-1.6201
11	4.4357	1.450	1.5201	-1.1658	0.8114	1.3635	6.4318	-1.3635
12(上)	3.0450	1.450	1.0435	-0.8003	0.5570	0.9360	4.4152	-0.9360
13(下)	2.2312	1.450	0.7646	-0.5864	0.4081	0.6859	3.2352	-0.6859
14	0.5400	1.450	0.1851	-0.1419	0.0988	0.1660	0.7830	-0.1660
15	1.4894	1.450	0.5104	-0.3914	0.2724	0.4578	2.1596	-0.4578
16	0.8333	1.450	0.2856	-0.2190	0.1524	0.2562	1.2083	-0.2562

節点番号	地盤反力 q (kN/m ²)	管厚中心 半径 r (m)	曲げモーメントM(kN.m)			軸力(kN)		
			M _A	M _B	M _C	N _A	N _B	N _C
17	1.3086	1.450	0.4485	-0.3439	0.2394	0.4022	1.8974	-0.4022
18	1.9112	1.450	0.6550	-0.5023	0.3496	0.5875	2.7713	-0.5875
19(上)	2.5772	1.450	0.8832	-0.6773	0.4714	0.7922	3.7370	-0.7922

以上より、円形断面に作用する断面力をまとめる。

曲げモーメント(kN.m)

節点番号	A点	B点	C点
3(下)	0.5534	-0.4244	0.2954
4	0.0506	-0.0388	0.0270
5	0.2086	-0.1600	0.1113
6	0.3870	-0.2968	0.2066
7(上)	0.5049	-0.3872	0.2695
8(下)	0.6141	-0.4709	0.3277
9	1.8988	-1.4562	1.0135
10	1.8062	-1.3851	0.9640
11	1.5201	-1.1658	0.8114
12(上)	1.0435	-0.8003	0.5570
13(下)	0.7646	-0.5864	0.4081
14	0.1851	-0.1419	0.0988
15	0.5104	-0.3914	0.2724
16	0.2856	-0.2190	0.1524
17	0.4485	-0.3439	0.2394
18	0.6550	-0.5023	0.3496
19(上)	0.8832	-0.6773	0.4714

軸力(kN)

節点番号	A点	B点	C点
3(下)	31.6590	33.5041	30.6663
4	37.9869	38.1557	37.8960
5	47.0750	47.7704	46.7008
6	58.0013	59.2915	57.3071
7(上)	68.8733	70.5566	67.9675
8(下)	73.8650	75.9122	72.7634
9	86.0004	92.3311	82.5940
10	97.0823	103.1041	93.8421

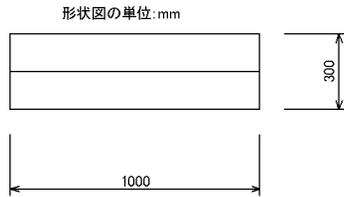
節点番号	A点	B点	C点
11	107.9907	113.0590	105.2637
12(上)	118.7282	122.2074	116.8562
13(下)	123.5531	126.1024	122.1813
14	131.9009	132.5179	131.5689
15	141.0605	142.7623	140.1448
16	149.5746	150.5268	149.0623
17	158.2717	159.7669	157.4672
18	167.0080	169.1917	165.8330
19(上)	175.7637	178.7085	174.1793

2.7 水平方向配筋データ

節点番号3下(変化部) ~ 7上(変化部)

部材番号3

地表面からの深度 2.499 ~ 4.699(m)



主鉄筋(外側)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm ²)
1	100.00	250.0	D16	4.000	794.400

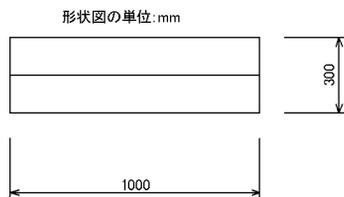
主鉄筋(内側)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm ²)
1	100.00	250.0	D16	4.000	794.400

節点番号8下(変化部) ~ 12上(変化部)

部材番号5

地表面からの深度 4.949 ~ 7.149(m)



主鉄筋(外側)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm ²)
1	100.00	250.0	D16	4.000	794.400

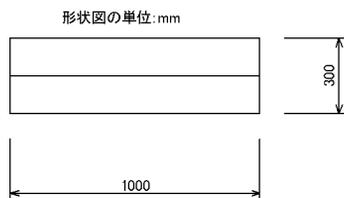
主鉄筋(内側)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm ²)
1	100.00	250.0	D16	4.000	794.400

節点番号13下(変化部) ~ 19上(変化部)

部材番号7

地表面からの深度 7.399 ~ 10.020(m)



主鉄筋(外側)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm ²)
1	100.00	250.0	D16	4.000	794.400

主鉄筋(内側)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm ²)
1	100.00	250.0	D16	4.000	794.400

2.8 水平方向断面照査一覧表(レベル1)

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点 3(下)		節点 4	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	0.5534	-0.4244	0.0506	-0.0388
軸力	N_d	kN	31.6590	33.5041	37.9869	38.1557
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	558.021	713.066	5499.646	7156.945
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.1337	0.1310	0.1206	0.1203
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.000	270.000	270.000	270.000
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点 5		節点 6	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	0.2086	-0.1600	0.3870	-0.2968
軸力	N_d	kN	47.0750	47.7704	58.0013	59.2915
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	1759.656	2279.998	1218.929	1574.891
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.1589	0.1579	0.2042	0.2024
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.000	270.000	270.000	270.000
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点 7(上)		節点 8(下)	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	0.5049	-0.3872	0.6141	-0.4709
軸力	N_d	kN	68.8733	70.5566	73.8650	75.9122
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	1122.888	1449.653	1007.918	1299.732
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.2455	0.2430	0.2680	0.2650
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.000	270.000	270.000	270.000
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点 9		節点10	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	1.8988	-1.4562	1.8062	-1.3851
軸力	N_d	kN	86.0004	92.3311	97.0823	103.1041
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	473.020	602.225	533.349	680.895
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.3889	0.3797	0.4171	0.4083
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.000	270.000	270.000	270.000
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点11		節点12(上)	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	1.5201	-1.1658	1.0435	-0.8003
軸力	N_d	kN	107.9907	113.0590	118.7282	122.2074
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	656.657	841.688	961.447	1239.134
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.4322	0.4248	0.4344	0.4294
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.000	270.000	270.000	270.000
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点13(下)		節点14	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	0.7646	-0.5864	0.1851	-0.1419
軸力	N_d	kN	123.5531	126.1024	131.9009	132.5179
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	1302.419	1683.761	5233.549	6809.955
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.4312	0.4275	0.4193	0.4184
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.000	270.000	270.000	270.000
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点15		節点16	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	0.5104	-0.3914	0.2856	-0.2190
軸力	N_d	kN	141.0605	142.7623	149.5746	150.5268
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	2120.977	2751.161	3885.423	5051.999
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	σ_c	N/mm ²	0.4687	0.4663	0.4804	0.4791
コンクリート許容圧縮応力度	σ_{ca}	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	σ_s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	σ_{sa}	N/mm ²	270.000	270.000	270.000	270.000
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点17		節点18	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	0.4485	-0.3439	0.6550	-0.5023
軸力	N_d	kN	158.2717	159.7669	167.0080	169.1917
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
ヤング係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	2667.109	3463.318	1968.518	2552.354
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.5179	0.5157	0.5583	0.5551
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000	10.5000	10.5000
判定						
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.000	270.000	270.000	270.000
判定						

設計対象地震動レベル1 (前後方向地震動)

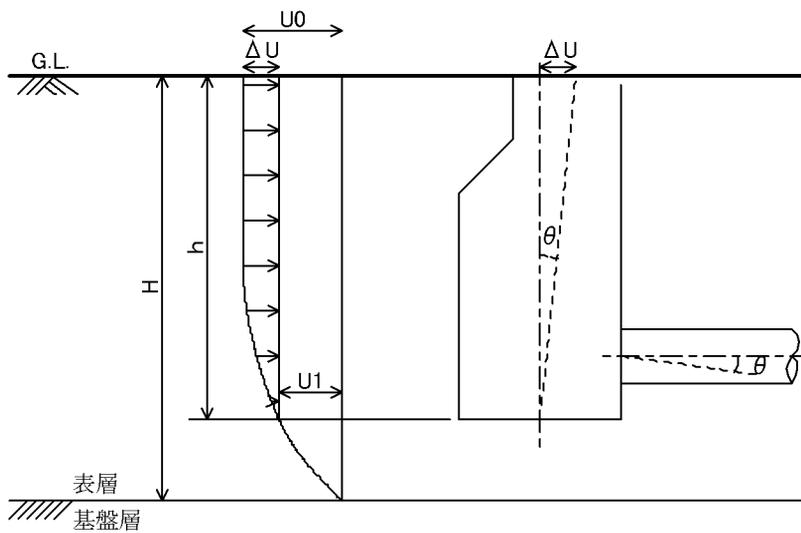
項目	記号	単位	節点19(上)	
			A点	B点
着目位置	曲げ			
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	0.8832	-0.6773
軸力	N_d	kN	175.7637	178.7085
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
ヤング係数比	n		15	15
中立軸	X	mm	1569.262	2031.725
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm ²	0.6001	0.5958
コンクリート許容圧縮応力度	c_a	N/mm ²	10.5000	10.5000
判定				
鉄筋引張応力度	s	N/mm ²	0.000	0.000
鉄筋許容引張応力度	s_a	N/mm ²	270.000	270.000
判定				

2.9 マンホールと本管の接合部の照査(レベル1)

2.9.1 設計条件

コメント	下水道推進工法用鉄筋コンクリート管(1000mm)
有効長 l	2430(mm)
許容屈曲角 θ	0.02545(rad) (1° 27' 30")
許容拔出し量 ΔU	30.0(mm)
マンホール深さ	10.470(m)
マンホールスパン長 L_0	20.000(m)
基盤のせん断弾性波速度	300.000(m/s)

2.9.2 地震動による屈曲角



地震動による屈曲角は、次式より求める。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta U}{h} \right)$$

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos \frac{\pi \cdot z}{2 \cdot H}$$

$$\Delta U = U_h(0) - U_h(h) = U_0 - U_1$$

ここに、

θ : 地震動による屈曲角(rad)

$U_h(z)$: 地表面からの深さzにおける最大変位振幅(m)

S_v : 設計応答速度 $S_v = 0.2400$ (m/s)

T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.8821$ (s)

H : 表層地盤の厚さ $H = 24.700$ (m)

地表面における最大変位振幅

$$U_h(0) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.2400 \times 0.8821 \times \cos\left(\frac{\pi \times 0}{2 \times 24.700}\right) = 0.042900 \text{ (m)}$$

マンホール下端における最大変位振幅 (マンホール深さ = 10.470(m))

$$U_h(10.470) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.2400 \times 0.8821 \times \cos\left(\frac{\pi \times 10.470}{2 \times 24.700}\right) = 0.033737 \text{ (m)}$$

$$U = U_h(0) - U_h(10.470) = 0.042900 - 0.033737 = 0.009164 \text{ (m)}$$

よって、地震動による屈曲角は、次のようになる。

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.009164}{10.470}\right) = 0.00088 \text{ (rad)}$$

2.9.3 地震動による抜出し量の算定

(1) 表層地盤のせん断弾性波速度

表層地盤のせん断弾性波速度は、次式より求める。

$$V_{DS} = \frac{4H}{T_s}$$

V_{DS} : 表層地盤のせん断弾性波速度 (m/s)

H : 表層地盤の厚さ $H = 24.700$ (m)

T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.8821$ (s)

よって、表層地盤のせん断弾性波速度 V_{DS} は、次のようになる。

$$V_{DS} = \frac{4 \times 24.700}{0.8821} = 112.005 \text{ (m/s)}$$

(2) 地盤振動の波長

地盤振動の波長は、次式より求める。

$$L = \frac{2L_1 L_2}{L_1 + L_2}, \quad L_1 = T_s V_{DS}, \quad L_2 = T_s V_{BS}$$

L : 地盤振動の波長 (m)

T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.8821$ (s)

V_{DS} : 表層地盤のせん断弾性波速度 $V_{DS} = 112.005$ (m/s)

V_{BS} : 基盤面のせん断弾性波速度 $V_{BS} = 300.000$ (m/s)

ここで、

$$L_1 = 0.8821 \times 112.005 = 98.800 \text{ (m)}$$

$$L_2 = 0.8821 \times 300.000 = 264.630 \text{ (m)}$$

よって、地盤振動の波長 L は、次のようになる。

$$L = \frac{2 \times 98.800 \times 264.630}{98.800 + 264.630} = 143.882 \text{ (m/s)}$$

(3) 検討位置での最大変位振幅

検討位置での最大変位振幅は、次式より求める。

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos \frac{\pi \cdot z}{2 \cdot H}$$

- $U_h(z)$: 検討位置での最大変位振幅(m)
- z : 検討位置の地表面からの深さ $z = 9.200$ (m)
- S_v : 設計応答速度 $S_v = 0.2400$ (m/s)
- T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.8821$ (s)
- H : 表層地盤の厚さ $H = 24.700$ (m)

よって、検討位置での最大変位振幅 $U_h(9.200)$ は、次のようになる。

$$U_h(9.200) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.2400 \times 0.8821 \times \cos \left(\frac{\pi \times 9.200}{2 \times 24.700} \right) = 0.035765 \text{ (m)}$$

(4) 地震動により地盤に生じるひずみ

地震動により地盤に生じるひずみは、次式より求める。

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{L} U_h(z)$$

- ε_{gd} : 地震動により地盤に生じるひずみ
- L : 地盤振動の波長 $L = 143.882$ (m)
- $U_h(z)$: 検討位置での最大変位振幅 0.035765 (m)

よって、地震動により地盤に生じるひずみ ε_{gd} は、次のようになる。

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{143.882} \times 0.035765 = 0.000781$$

(5) 地震動による拔出し量

地震動による拔出し量は、次式より求める。

$$= \varepsilon_{gd} \cdot l$$

- ε_{gd} : 地震動による拔出し量(m)
- ε_{gd} : 地震動により地盤に生じるひずみ $\varepsilon_{gd} = 0.000781$
- l : 管の有効長 $l = 2.430$ (m)

よって、地震動による拔出し量 は、次のようになる。

$$= 0.000781 \times 2.430 = 0.00190 \text{ (m)}$$

2.9.4 安全性の検討

	計算値	許容値	判定
地震動による屈曲角	0.00088(rad)	0.02545(rad)	
地震動による拔出し量	1.90(mm)	30.0(mm)	

2.10 地盤の応答変位(レベル2)

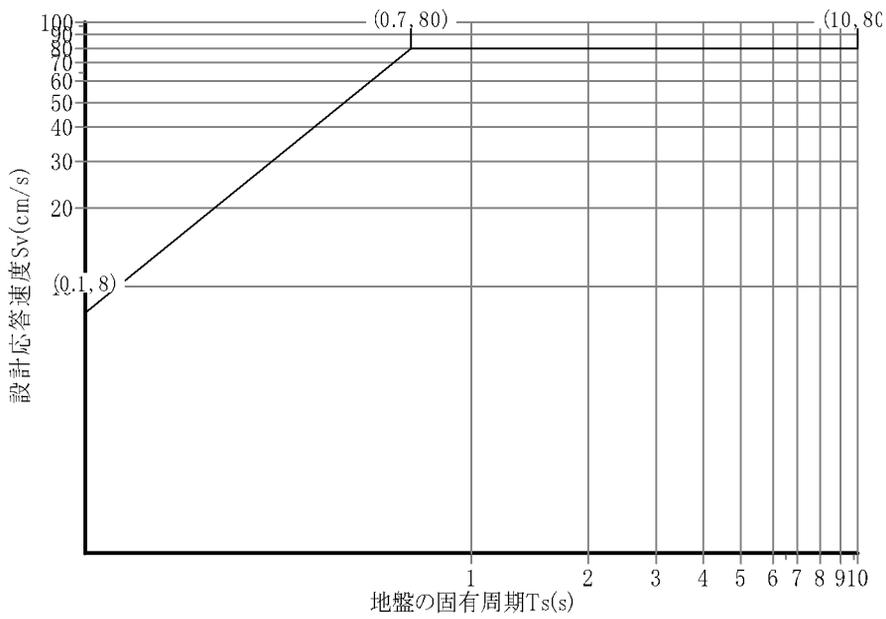
2.10.1 地盤の固有周期

表層地盤の固有周期は、次のようになる。

$$\begin{aligned} T_s &= 1.25T_0 \\ &= 1.25 \times 0.7057 = 0.8821(\text{s}) \end{aligned}$$

2.10.2 設計応答速度

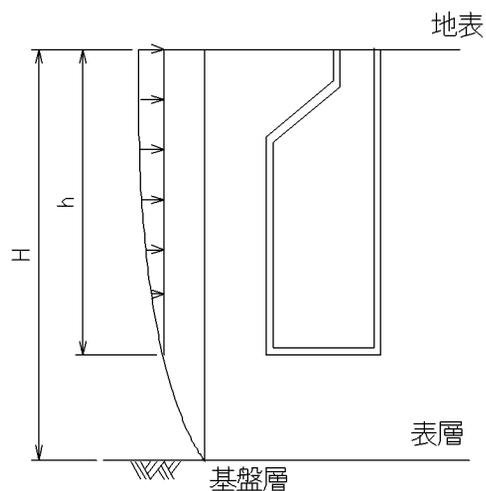
表層の地震動レベル2の設計応答速度を次の図から求めると、 $S_v = 0.80000(\text{m/s})$ となる。



2.10.3 地盤の変位振幅の計算

地盤の変位振幅

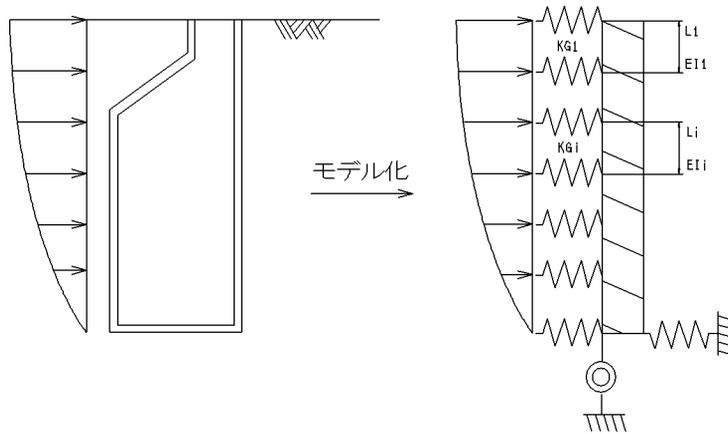
節点番号	深度z(m)	$U_n(z)$ (m)
1	0.000	0.143001
2	2.199	0.141605
3	2.499	0.141199
4	3.049	0.140321
5	3.599	0.139272
6	4.149	0.138052
7	4.699	0.136663
8	4.949	0.135977
9	5.499	0.134345
10	6.049	0.132550
11	6.599	0.130592
12	7.149	0.128475
13	7.399	0.127460
14	7.836	0.125610
15	8.273	0.123663
16	8.709	0.121621
17	9.146	0.119485
18	9.583	0.117256
19	10.020	0.114937
20	10.470	0.112456



2.11 鉛直方向断面力の計算(レベル2)

2.11.1 解析モデル

マンホールの鉛直断面を、図に示すようにはり要素としてモデル化する。このはりモデルに地盤の相対変位を地盤の水平バネを介して強制変位として作用させ、部材に発生する断面力を求める。



2.11.2 地盤反力係数

(1) 水平方向の地盤反力係数

水平方向の地盤反力係数は次式により求める。

$$K_{hi} = K_{h0} \left(\frac{B_h}{0.3} \right)^{\frac{5}{4}}$$

K_{hi} : 水平方向地盤反力係数(kN/m³)

K_{h0} : 直径0.3m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)で次式により求める。

$$K_{h0} = \frac{1}{0.3} \alpha \cdot E_0$$

: 地盤反力係数の推定に用いる係数 $\alpha = 1$ (応答変位法に限る)

E_0 : 標準貫入試験のN値より $E_0 = 2800N$ で推定した変形係数(kN/m²)

B_h : 基礎の換算載荷幅(m)で次式により求める。

$$B_h = \sqrt{A_h}$$

A_h : 水平方向載荷面積(マンホール全面の面積)(m²)で、部材高×外径とする。

ただし、断面形状が円形の場合は、部材高×(0.8×外径)とする。

したがって、次のようになる。

水平方向載荷面積

土層番号	N値	部材番号	深度(m)	部材高(m)	外径(m)	A _{hi} (m ²)
1	2.000	1	0.000 ~ 0.500	0.500	1.050	0.4200
2	5.000	1	0.500 ~ 2.199	1.699	1.050	1.4272
2	5.000	2	2.199 ~ 2.499	0.300	3.200	0.7680
2	5.000	3	2.499 ~ 3.300	0.801	3.200	2.0506
3	3.000	3	3.300 ~ 4.699	1.399	3.200	3.5814
3	3.000	4	4.699 ~ 4.949	0.250	3.200	0.6400
3	3.000	5	4.949 ~ 5.200	0.251	3.200	0.6426
4	10.000	5	5.200 ~ 7.149	1.949	3.200	4.9894
4	10.000	6	7.149 ~ 7.399	0.250	3.200	0.6400
4	10.000	7	7.399 ~ 8.500	1.101	3.200	2.8186
5	2.000	7	8.500 ~ 10.020	1.520	3.200	3.8912
5	2.000	8	10.020 ~ 10.470	0.450	3.200	1.1520
	—	—	—	—	—	23.0209

$$\begin{aligned}
 B_h &= \sqrt{A_h} \\
 &= \sqrt{23.0209} \\
 &= 4.7980
 \end{aligned}$$

水平方向地盤反力係数

土層番号	N値		E ₀ (kN/m ²)	K _{no} (kN/m ³)	K _{ni} (kN/m ³)
1	2.000	1	5600.0	18667	2334
2	5.000	1	14000.0	46667	5835
3	3.000	1	8400.0	28000	3501
4	10.000	1	28000.0	93333	11670
5	2.000	1	5600.0	18667	2334

(2)鉛直方向の地盤反力係数

鉛直方向の地盤反力係数は次式により求める。

$$K_v = K_{v0} \left(\frac{B_v}{0.3} \right)^{-\frac{2}{4}}$$

K_v : 鉛直方向地盤反力係数(kN/m³)

K_{v0} : 次式により求める。

$$K_{v0} = \frac{1}{0.3} \alpha \cdot E_0$$

: 地盤反力係数の推定に用いる係数 =1 (応答変位法に限る)

E₀ : 標準貫入試験のN値よりE₀ = 2800N で推定した変形係数(kN/m²)

B_v : 基礎の換算載荷幅(m)で次式により求める。

$$B_v = \sqrt{A_v}$$

ただし、断面形状が円形の場合は、B_v = D

A_v : 鉛直方向載荷面積 (マンホールの底面積) (m²)

D : マンホール底面の直径(m)

鉛直方向載荷面積

土層 番号	N値		E_0 (kN/m^2)	A_v (m^2)	B_v (m)	k_{v0} (kN/m^3)	k_v (kN/m^3)
5	2.000	1	5600.0	8.0425	3.20000	18667	3163

(3) 水平方向のせん断バネ係数

水平方向のせん断バネ係数は次式により求める。

$$k_s = \quad \cdot K_v$$

ここに、

K_a : 水平方向のせん断バネ係数(kN/m^3)

: 鉛直方向地盤反力係数 K_v に対する水平方向せん断バネ係数 k_s の比 = 0.3

K_v : 鉛直方向地盤反力係数(kN/m^3)

水平方向のせん断バネ係数

$$k_s = \quad \cdot K_v$$

$$= 0.30 \cdot 3163$$

$$= 948.8$$

2.11.3 地盤のバネ

(1)地盤の水平バネ

地盤の水平バネは次式により求める。

$$K_{Hi} = K_{hi} \cdot A_i$$

ここに、

K_{Hi} : 各節点の地盤の水平バネ(kN/m)

K_{hi} : 水平方向の地盤反力係数(kN/m³)

A_i : 各節点の分担面積(m²)

地盤の水平バネ

節点 番号	深さ Z (m)	分担高さ H _i (m)	分担幅 B _i (m)	分担面積 A _i (m ²)	地盤反力 係数K _{hi} (kN/m ³)	水平バネ K _{Hi} (kN/m)
1	0.000	1.099	1.050	1.1545	4243	4898
2	2.199	1.249	3.200	1.6345	5835	9537
3	2.499	0.425	3.200	1.3600	5835	7936
4	3.049	0.550	3.200	1.7600	5733	10091
5	3.599	0.550	3.200	1.7600	3501	6162
6	4.149	0.550	3.200	1.7600	3501	6162
7	4.699	0.400	3.200	1.2800	3501	4481
8	4.949	0.400	3.200	1.2800	3991	5109
9	5.499	0.550	3.200	1.7600	11670	20540
10	6.049	0.550	3.200	1.7600	11670	20540
11	6.599	0.550	3.200	1.7600	11670	20540
12	7.149	0.400	3.200	1.2800	11670	14938
13	7.399	0.343	3.200	1.0989	11670	12825
14	7.836	0.437	3.200	1.3979	11670	16314
15	8.273	0.437	3.200	1.3979	11670	16314
16	8.709	0.437	3.200	1.3979	2525	3529
17	9.146	0.437	3.200	1.3979	2334	3263
18	9.583	0.437	3.200	1.3979	2334	3263
19	10.020	0.443	3.200	1.4189	2334	3312
20	10.470	0.225	3.200	0.7200	2334	1681

(2)地盤の回転バネ

地盤の回転バネは次式により求める。

$$K = K_v \cdot I$$

ここに、

K : 地盤の回転バネ(kN.m/rad)

K_v : 鉛直方向の地盤反力係数(kN/m³)

I : マンホール底面の断面二次モーメント(m⁴)

$$I = \frac{\pi \times 3.200^4}{64}$$

$$= 5.147 \text{ (m}^4\text{)}$$

地盤の回転バネ

$$K = 3163 \times 5.147$$

$$= 16279 (\text{kN} \cdot \text{m} / \text{rad})$$

(3)底面のせん断バネ

底面のせん断バネは次式により求める。

$$K_s = k_s \cdot A_v$$

ここに、

- K_s : 地盤のせん断バネ (kN/m)
- k_s : 水平方向せん断バネ係数 (kN/m³)
- A_v : マンホール底面の底面積 (m²)

地盤のせん断バネ

$$K_s = 949 \times 8.0425$$

$$= 7631 (\text{kN} / \text{m})$$

2.11.4 断面力の計算

(1)フレーム入力データ

各部材のi端、j端における荷重は次式により求める。

$$P_i = D_i \cdot K_{Hi}$$

ここに、

- P_i : 節点iの水平方向荷重 (kN)
- D_i : 節点iの地盤の相対変位 (m)
- K_{Hi} : 節点iの水平バネ (kN/m)

節点番号	部材番号	断面二次モーメント (m ⁴)		部材長 (m)	水平バネ K_{Hi} (kN/m)		相対変位 (m)	荷重 P (kN)	
		i端	j端		i端	j端		i端	j端
1	1	0.027460	0.027460	2.199	4898.459	9537.400	0.030545	149.62	278.01
2	2	5.114979	5.114979	0.300	9537.400	7935.798	0.029149	278.01	228.10
3	3	2.904010	2.904010	0.550	7935.798	10090.601	0.028743	228.10	281.18
4	3	2.904010	2.904010	0.550	10090.601	6161.914	0.027865	281.18	165.24
5	3	2.904010	2.904010	0.550	6161.914	6161.914	0.026816	165.24	157.72
6	3	2.904010	2.904010	0.550	6161.914	4481.392	0.025596	157.72	108.48
7	4	5.114979	5.114979	0.250	4481.392	5108.787	0.024208	108.48	120.16
8	5	2.904010	2.904010	0.550	5108.787	20539.714	0.023521	120.16	449.61
9	5	2.904010	2.904010	0.550	20539.714	20539.714	0.021890	449.61	412.73
10	5	2.904010	2.904010	0.550	20539.714	20539.714	0.020094	412.73	372.52
11	5	2.904010	2.904010	0.550	20539.714	14937.973	0.018136	372.52	239.29
12	6	5.114979	5.114979	0.250	14937.973	12824.873	0.016019	239.29	192.43
13	7	2.904010	2.904010	0.437	12824.873	16313.512	0.015004	192.43	214.59
14	7	2.904010	2.904010	0.437	16313.512	16313.512	0.013154	214.59	182.83
15	7	2.904010	2.904010	0.437	16313.512	3529.096	0.011207	182.83	32.34
16	7	2.904010	2.904010	0.437	3529.096	3262.702	0.009165	32.34	22.93
17	7	2.904010	2.904010	0.437	3262.702	3262.702	0.007029	22.93	15.66

節点番号	部材番号	断面二次モーメント(m ⁴)		部材長(m)	水平バネK _{ni} (kN/m)		相対変位(m)	荷重P(kN)	
		i端	j端		i端	j端		i端	j端
18	7	2.904010	2.904010	0.437	3262.702	3311.873	0.004800	15.66	8.22
19	8	5.147185	5.147185	0.450	3311.873	9311.080	0.002482	8.22	0.00

(2)断面力の算出

鉛直方向断面力計算結果

$S_v = 0.80000(m/s)$

$T_s = 0.88210(s)$

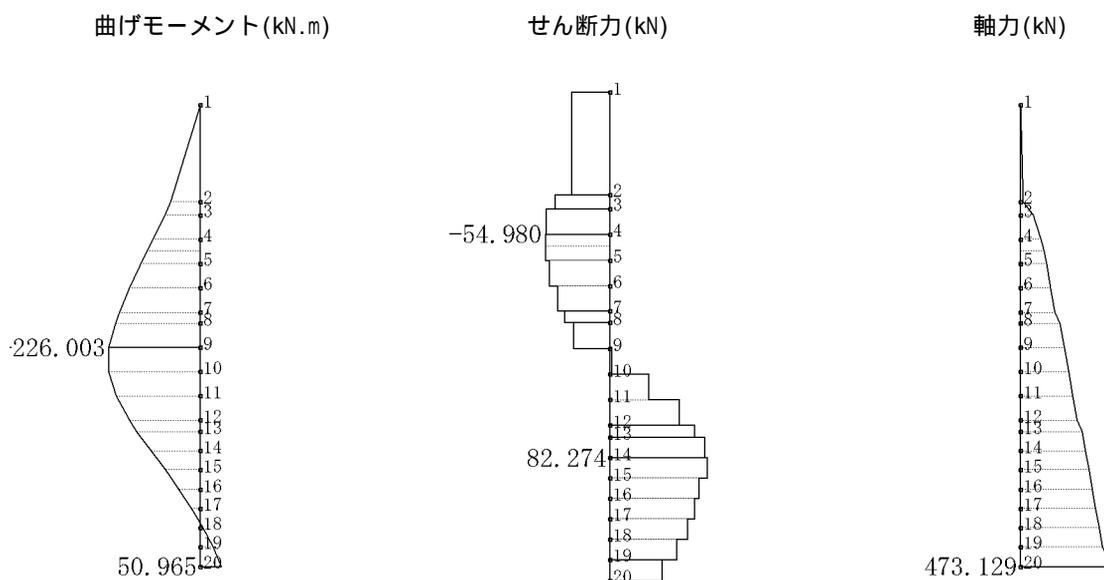
節点番号	軸力(kN)		曲げモーメント Mi (kN.m)	せん断力 Si (kN)
	Ni (上)	Ni (下)		
1	0.0000	0.0000	0.0000	-32.9517
2	12.3768	12.3768	-72.4608	-46.7933
3	66.8131	66.8131	-86.4988	-54.1135
4	103.6428	103.6428	-116.2613	-54.9805
5	132.3002	132.3002	-146.5005	-51.4099
6	154.0974	154.0974	-174.7760	-44.7851
7	175.8946	175.8946	-199.4078	-38.4993
8	202.7424	202.7424	-209.0326	-30.8544
9	224.5396	224.5396	-226.0025	1.6508
10	246.3367	246.3367	-225.0946	32.5698
11	268.1339	268.1339	-207.1812	58.5926
12	289.9310	289.9310	-174.9552	71.5845
13	316.7789	316.7789	-157.0591	79.7575
14	334.0911	334.0911	-122.2184	82.2735
15	351.4034	351.4034	-86.2786	75.3336
16	368.7156	368.7156	-53.3704	71.4507
17	386.0278	386.0278	-22.1583	65.3534
18	403.3400	403.3400	6.3902	56.4480
19	420.6523	420.6523	31.0486	44.2582
20	473.1294	473.1294	50.9648	44.2582

節点番号	深さ(m)	相対変位(m)	部材変位(m)	変位差(m)	地盤反力係数 kh(kN/m ²)	地盤反力 q(kN/m ²)
1	0.000	0.030545	0.037272	0.006727	4243	28.5426
2	2.199	0.029149	0.030600	0.001451	5835	8.4686
3	2.499	0.028743	0.029666	0.000922	5835	5.3825
4	3.049	0.027865	0.027951	0.000086	5733	0.4926
5	3.599	0.026816	0.026236	-0.000579	3501	-2.0287
6	4.149	0.025596	0.024521	-0.001075	3501	-3.7641

節点番号	深さ (m)	相対変位 (m)	部材変位 (m)	変位差 (m)	地盤反力係数 kh (kN/m ³)	地盤反力 q (kN/m ²)
7	4.699	0.024208	0.022805	-0.001403	3501	-4.9108
8	4.949	0.023521	0.022025	-0.001496	3991	-5.9726
9	5.499	0.021890	0.020307	-0.001583	11670	-18.4688
10	6.049	0.020094	0.018589	-0.001505	11670	-17.5676
11	6.599	0.018136	0.016870	-0.001267	11670	-14.7857
12	7.149	0.016019	0.015149	-0.000870	11670	-10.1499
13	7.399	0.015004	0.014367	-0.000637	11670	-7.4372
14	7.836	0.013154	0.013000	-0.000154	11670	-1.7999
15	8.273	0.011207	0.011633	0.000425	11670	4.9647
16	8.709	0.009165	0.010265	0.001100	2525	2.7777
17	9.146	0.007029	0.008898	0.001869	2334	4.3618
18	9.583	0.004800	0.007530	0.002729	2334	6.3707
19	10.020	0.002482	0.006162	0.003681	2334	8.5908
20	10.470	0.000000	0.004753	0.004753	2334	11.0944

地盤反力は、地盤の相対変位とフレーム解析で得られた部材変位との差に、地盤反力係数を乗じて算出

(3)断面力の分布



2.12 鉛直方向断面照査一覧表(レベル2)

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点3	節点4	節点5	節点6
曲げモーメント	M_d	kN.m	-86.4988	-116.2613	-146.5005	-174.7760
軸力	N_d	kN	66.8131	103.6428	132.3002	154.0974
せん断力	V_d	kN	-54.1135	-54.9805	-51.4099	-44.7851
部材幅	B	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
部材高	H	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7	531.7	531.7	531.7
有効高	d	mm	2723.4	2723.4	2723.4	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm ²	D16 × 24.00	D16 × 24.00	D16 × 24.00	D16 × 24.00
			D16 × 24.00	D16 × 24.00	D16 × 24.00	D16 × 24.00
圧縮側	A_s'	mm ²	9532.800	9532.800	9532.800	9532.800
			0.000	0.000	0.000	0.000
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	187.357	188.938	190.163	191.087
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	-4320.284	-4373.234	-4414.384	-4445.451
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.020	0.027	0.033	0.039
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						
引張主鉄筋量	A_s	mm ²	2383.20	2383.20	2383.20	2383.20
せん断補強筋 ピッチ	S_s	mm	250.000	250.000	250.000	250.000
			鉄筋量	A_w	mm ²	794.400
コンクリートの設計せん断強度	f_{vcd}	N/mm ²	0.5518	0.5518	0.5518	0.5518
鉄筋の設計降伏強度	f_{vyd}	N/mm ²	295.00	295.00	295.00	295.00
有効高による補正	α		0.778	0.778	0.778	0.778
引張主鉄筋比による補正	ρ		0.548	0.548	0.548	0.548
軸圧縮力による補正	η		1.513	1.592	1.600	1.586
せん断耐力(コンクリート)	V_{cd}	kN	515.632	542.556	545.282	540.511
せん断耐力(鉄筋)	V_{sd}	kN	2219.581	2219.581	2219.581	2219.581
せん断耐力($V_{cd} + V_{sd}$)	V_{yd}	kN	2735.213	2762.137	2764.863	2760.092
$i \cdot V_d / V_{yd}$			0.020	0.020	0.019	0.016
判定 ($i \cdot V_d / V_{yd} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点7	節点8(下)	節点9	節点10
曲げモーメント	M_d	kN.m	-199.4078	-209.0326	-226.0025	-225.0946
軸力	N_d	kN	175.8946	202.7424	224.5396	246.3367
せん断力	V_d	kN	-38.4993	-30.8544	1.6508	32.5698
部材幅	B	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
部材高	H	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7	531.7	531.7	531.7
有効高	d	mm	2723.4	2723.4	2723.4	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm ²	D16 × 24.00 D16 × 24.00 9532.800			
	圧縮側 A_s'	mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	192.011	193.148	194.071	194.995
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	-4476.565	-4514.922	-4546.138	-4577.399
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.045	0.046	0.050	0.049
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						
引張主鉄筋量	A_s	mm ²	2383.20	2383.20	2383.20	2383.20
せん断補強筋 ピッチ 鉄筋量	S_s	mm	250.000	250.000	250.000	250.000
	A_w	mm ²	794.400	794.400	794.400	794.400
コンクリートの設計せん断強度	f_{vcd}	N/mm ²	0.5518	0.5518	0.5518	0.5518
鉄筋の設計降伏強度	f_{wyd}	N/mm ²	295.00	295.00	295.00	295.00
有効高による補正	ρ		0.778	0.778	0.778	0.778
引張主鉄筋比による補正	ρ		0.548	0.548	0.548	0.548
軸圧縮力による補正	n		1.586	1.644	1.660	1.727
せん断耐力(コンクリート)	V_{cd}	kN	540.511	560.277	565.730	588.564
せん断耐力(鉄筋)	V_{sd}	kN	2219.581	2219.581	2219.581	2219.581
せん断耐力($V_{cd} + V_{sd}$)	V_{yd}	kN	2760.092	2779.858	2785.311	2808.145
$i \cdot V_d / V_{yd}$			0.014	0.011	0.001	0.012
判定 ($i \cdot V_d / V_{yd} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点11	節点12	節点13(下)	節点14
曲げモーメント	M_d	kN.m	-207.1812	-174.9552	-157.0591	-122.2184
軸力	N_d	kN	268.1339	289.9310	316.7789	334.0911
せん断力	V_d	kN	58.5926	71.5845	79.7575	82.2735
部材幅	B	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
部材高	H	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7	531.7	531.7	531.7
有効高	d	mm	2723.4	2723.4	2723.4	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm ²	D16 × 24.00 D16 × 24.00 9532.800			
	圧縮側 A_s'	mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	195.901	196.825	197.944	198.672
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	-4608.101	-4639.448	-4677.484	-4702.271
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.045	0.038	0.034	0.026
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						
引張主鉄筋量	A_s	mm ²	2383.20	2383.20	2383.20	2383.20
せん断補強筋 ピッチ 鉄筋量	S_s	mm	250.000	250.000	250.000	250.000
	A_w	mm ²	794.400	794.400	794.400	794.400
コンクリートの設計せん断強度	f_{vcd}	N/mm ²	0.5518	0.5518	0.5518	0.5518
鉄筋の設計降伏強度	f_{wyd}	N/mm ²	295.00	295.00	295.00	295.00
有効高による補正	ρ		0.778	0.778	0.778	0.778
引張主鉄筋比による補正	ρ		0.548	0.548	0.548	0.548
軸圧縮力による補正	n		1.859	2.000	2.000	2.000
せん断耐力(コンクリート)	V_{cd}	kN	633.549	681.602	681.602	681.602
せん断耐力(鉄筋)	V_{sd}	kN	2219.581	2219.581	2219.581	2219.581
せん断耐力($V_{cd} + V_{sd}$)	V_{yd}	kN	2853.130	2901.183	2901.183	2901.183
$i \cdot V_d / V_{yd}$			0.021	0.025	0.027	0.028
判定 ($i \cdot V_d / V_{yd} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点15	節点16	節点17	節点18
曲げモーメント	M_d	kN.m	-86.2786	-53.3704	-22.1583	6.3902
軸力	N_d	kN	351.4034	368.7156	386.0278	403.3400
せん断力	V_d	kN	75.3336	71.4507	65.3534	56.4480
部材幅	B	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
部材高	H	mm	2835.9	2835.9	2835.9	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2	2304.2	2304.2	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7	531.7	531.7	531.7
有効高	d	mm	2723.4	2723.4	2723.4	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm ²	D16 × 24.00 D16 × 24.00 9532.800			
	A_s'	mm ²	0.000	0.000	0.000	0.000
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	199.400	200.129	200.839	201.568
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	-4727.084	-4751.922	-4776.180	4801.068
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.018	0.011	0.005	0.001
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						
引張主鉄筋量	A_s	mm ²	2383.20	2383.20	2383.20	2383.20
せん断補強筋 ピッチ 鉄筋量	S_s	mm	250.000	250.000	250.000	250.000
	A_w	mm ²	794.400	794.400	794.400	794.400
コンクリートの設計せん断強度	f_{vcd}	N/mm ²	0.5518	0.5518	0.5518	0.5518
鉄筋の設計降伏強度	f_{wyd}	N/mm ²	295.00	295.00	295.00	295.00
有効高による補正	ρ		0.778	0.778	0.778	0.778
引張主鉄筋比による補正	ρ		0.548	0.548	0.548	0.548
軸圧縮力による補正	n		2.000	2.000	2.000	2.000
せん断耐力(コンクリート)	V_{cd}	kN	681.602	681.602	681.602	681.602
せん断耐力(鉄筋)	V_{sd}	kN	2219.581	2219.581	2219.581	2219.581
せん断耐力($V_{cd} + V_{sd}$)	V_{yd}	kN	2901.183	2901.183	2901.183	2901.183
$i \cdot V_d / V_{yd}$			0.026	0.025	0.023	0.019
判定 ($i \cdot V_d / V_{yd} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点19
曲げモーメント	M_d	kN.m	31.0486
軸力	N_d	kN	420.6523
せん断力	V_d	kN	44.2582
部材幅	B	mm	2835.9
部材高	H	mm	2835.9
中空幅	B_o	mm	2304.2
中空高	H_o	mm	2304.2
有効幅	b_w	mm	531.7
有効高	d	mm	2723.4
主鉄筋 鉄筋量 引張側	A_s	mm ²	D16 × 24.00 D16 × 24.00 9532.800
	A_s'	mm ²	0.000
ヤング係数比	n		8.5106
中立軸	X	mm	202.278
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	4825.374
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.006
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)			
引張主鉄筋量	A_s	mm ²	2383.20
せん断補強筋 ピッチ 鉄筋量	S_s	mm	250.000
	A_w	mm ²	794.400
コンクリートの設計せん断強度	f_{vcd}	N/mm ²	0.5518
鉄筋の設計降伏強度	f_{wyd}	N/mm ²	295.00
有効高による補正	ρ		0.778
引張主鉄筋比による補正	ρ		0.548
軸圧縮力による補正	n		2.000
せん断耐力(コンクリート)	V_{cd}	kN	681.602
せん断耐力(鉄筋)	V_{sd}	kN	2219.581
せん断耐力($V_{cd} + V_{sd}$)	V_{yd}	kN	2901.183
$i \cdot V_d / V_{yd}$			0.015
判定 ($i \cdot V_d / V_{yd} < 1.0$)			

2.13 水平方向断面力の計算(レベル2)

2.13.1 各節点深度における水平荷重の算出

各節点深度における水平荷重を算出し、常時荷重として作用させる。

節点 番号	深度 Z(m)	層厚 h(m)	土の単位重量 (kN/m ³)	静止土圧 係数K	h (kN/m ²)	水平土圧 P ₁ (kN/m ²)	水圧 P ₂ (kN/m ²)
1	0.000	0.000	18.00	0.500	0.000	0.000	0.000
土	0.500	0.500	18.00	0.500	9.000	4.500	0.000
2	2.199	1.699	17.00	0.500	37.883	18.941	0.000
3	2.499	0.300	17.00	0.500	42.983	21.491	0.000
4	3.049	0.550	17.00	0.500	52.333	26.166	0.000
水	3.300	0.251	17.00	0.500	56.600	28.300	0.000
土	3.300	0.000	8.00	0.500	56.600	28.300	0.000
5	3.599	0.299	7.00	0.500	58.693	29.346	2.990
6	4.149	0.550	7.00	0.500	62.543	31.271	8.490
7	4.699	0.550	7.00	0.500	66.393	33.196	13.990
8	4.949	0.250	7.00	0.500	68.143	34.071	16.490
土	5.200	0.251	7.00	0.500	69.900	34.950	19.000
9	5.499	0.299	8.00	0.500	72.292	36.146	21.990
10	6.049	0.550	8.00	0.500	76.692	38.346	27.490
11	6.599	0.550	8.00	0.500	81.092	40.546	32.990
12	7.149	0.550	8.00	0.500	85.492	42.746	38.490
13	7.399	0.250	8.00	0.500	87.492	43.746	40.990
14	7.836	0.437	8.00	0.500	90.987	45.493	45.358
15	8.273	0.437	8.00	0.500	94.481	47.241	49.727
土	8.500	0.227	8.00	0.500	96.300	48.150	52.000
16	8.709	0.209	7.00	0.500	97.766	48.883	54.095
17	9.146	0.437	7.00	0.500	100.824	50.412	58.463
18	9.583	0.437	7.00	0.500	103.882	51.941	62.832
19	10.020	0.437	7.00	0.500	106.940	53.470	67.200
20	10.470	0.450	7.00	0.500	110.090	55.045	71.700

2.13.2 照査断面が円形の場合

(1) 計算仮定

[1] 常時

断面力の計算は、4方向より荷重を受ける条件により行う。

常時の軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$N = P \cdot r$$

ここに、

N : 軸力(kN)

P : 常時荷重(kN/m²)

r : 管厚中心半径(m)

荷重Pは、

$$P = P_1 + P_2$$

$$P_1 = K \cdot (\quad \cdot Z)$$

$$P_2 = \quad \cdot Z_w$$

ここに、

P₁ : 水平土圧(kN/m²)

P₂ : 水圧(kN/m²)

K : 静止土圧係数

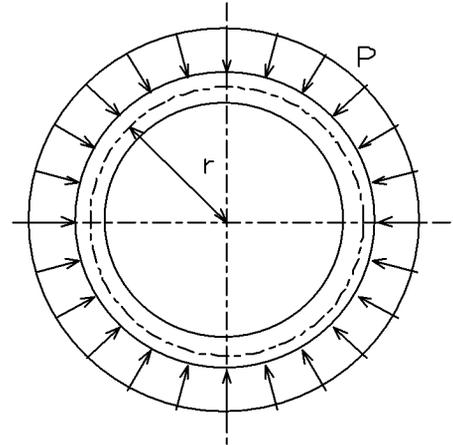
: 土の単位重量(kN/m³)

Z : 地表面からの深さ(m)

γ_w : 水の単位重量(kN/m³)

Z_w : 水位からの深さ(m)

この場合は曲げモーメントとせん断力は生じない。



[2] 地震時増分

断面力の計算は、地盤反力qを地震時増分荷重として行い、1方向より偏荷重を受ける場合を考える。

図のA~C各点のモーメントは次式に地盤反力の絶対値を与え、単位長さを乗じて求める。

図のA~C各点の軸力は次式に単位長さを乗じて求める。

$$M_A = 0.163 q \cdot r^2$$

$$M_B = -0.125 q \cdot r^2$$

$$M_C = 0.087 q \cdot r^2$$

$$N_A = 0.212 q \cdot r$$

$$N_B = q \cdot r$$

$$N_C = -0.212 q \cdot r$$

ここに、

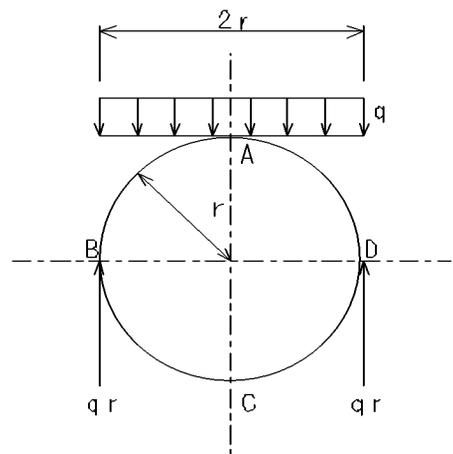
M : 曲げモーメント(kN.m)

q : 応答変位による地盤反力(kN/m²)

r : 管厚中心半径(m)

N : 軸力(kN)

この場合はせん断力は生じない。



(2)円形断面の荷重と断面力

常時

節点番号	水平土圧 P_1 (kN/m ²)	水圧 P_2 (kN/m ²)	常時土圧 P (kN/m ²)	管厚中心 半径 r (m)	軸力 N (kN)
3(下)	21.4915	0.0000	21.4915	1.450	31.1627
4	26.1665	0.0000	26.1665	1.450	37.9414
5	29.3465	2.9900	32.3365	1.450	46.8879
6	31.2715	8.4900	39.7615	1.450	57.6542
7(上)	33.1965	13.9900	47.1865	1.450	68.4204
8(下)	34.0715	16.4900	50.5615	1.450	73.3142
9	36.1460	21.9900	58.1360	1.450	84.2972
10	38.3460	27.4900	65.8360	1.450	95.4622
11	40.5460	32.9900	73.5360	1.450	106.6272
12(上)	42.7460	38.4900	81.2360	1.450	117.7922
13(下)	43.7460	40.9900	84.7360	1.450	122.8672
14	45.4933	45.3583	90.8517	1.450	131.7349
15	47.2407	49.7267	96.9673	1.450	140.6026
16	48.8832	54.0950	102.9782	1.450	149.3185
17	50.4122	58.4633	108.8755	1.450	157.8695
18	51.9411	62.8317	114.7727	1.450	166.4205
19(上)	53.4700	67.2000	120.6700	1.450	174.9715

地震時

前後方向地震動

節点番号	地盤反力 q (kN/m ²)	管厚中心 半径 r (m)	曲げモーメントM(kN.m)			軸力(kN)		
			M_A	M_B	M_C	N_A	N_B	N_C
3(下)	5.3825	1.450	1.8446	-1.4146	0.9846	1.6546	7.8046	-1.6546
4	0.4926	1.450	0.1688	-0.1295	0.0901	0.1514	0.7142	-0.1514
5	2.0287	1.450	0.6953	-0.5332	0.3711	0.6236	2.9417	-0.6236
6	3.7641	1.450	1.2900	-0.9892	0.6885	1.1571	5.4579	-1.1571
7(上)	4.9108	1.450	1.6830	-1.2906	0.8983	1.5096	7.1207	-1.5096
8(下)	5.9726	1.450	2.0468	-1.5697	1.0925	1.8360	8.6602	-1.8360
9	18.4688	1.450	6.3294	-4.8538	3.3783	5.6773	26.7798	-5.6773
10	17.5676	1.450	6.0206	-4.6170	3.2134	5.4003	25.4731	-5.4003
11	14.7857	1.450	5.0672	-3.8859	2.7046	4.5451	21.4392	-4.5451
12(上)	10.1499	1.450	3.4785	-2.6675	1.8566	3.1201	14.7174	-3.1201
13(下)	7.4372	1.450	2.5488	-1.9546	1.3604	2.2862	10.7840	-2.2862
14	1.7999	1.450	0.6168	-0.4730	0.3292	0.5533	2.6099	-0.5533
15	4.9647	1.450	1.7014	-1.3048	0.9081	1.5261	7.1988	-1.5261
16	2.7777	1.450	0.9519	-0.7300	0.5081	0.8539	4.0277	-0.8539

節点番号	地盤反力 q (kN/m ²)	管厚中心 半径 r (m)	曲げモーメントM(kN.m)			軸力(kN)		
			M _a	M _b	M _c	N _a	N _b	N _c
17	4.3618	1.450	1.4948	-1.1463	0.7979	1.3408	6.3247	-1.3408
18	6.3707	1.450	2.1833	-1.6743	1.1653	1.9584	9.2375	-1.9584
19(上)	8.5908	1.450	2.9441	-2.2578	1.5714	2.6408	12.4567	-2.6408

以上より、円形断面に作用する断面力をまとめる。

曲げモーメント(kN.m)

節点番号	A点	B点	C点
3(下)	1.8446	-1.4146	0.9846
4	0.1688	-0.1295	0.0901
5	0.6953	-0.5332	0.3711
6	1.2900	-0.9892	0.6885
7(上)	1.6830	-1.2906	0.8983
8(下)	2.0468	-1.5697	1.0925
9	6.3294	-4.8538	3.3783
10	6.0206	-4.6170	3.2134
11	5.0672	-3.8859	2.7046
12(上)	3.4785	-2.6675	1.8566
13(下)	2.5488	-1.9546	1.3604
14	0.6168	-0.4730	0.3292
15	1.7014	-1.3048	0.9081
16	0.9519	-0.7300	0.5081
17	1.4948	-1.1463	0.7979
18	2.1833	-1.6743	1.1653
19(上)	2.9441	-2.2578	1.5714

軸力(kN)

節点番号	A点	B点	C点
3(下)	32.8173	38.9673	29.5081
4	38.0928	38.6557	37.7900
5	47.5116	49.8296	46.2643
6	58.8112	63.1121	56.4971
7(上)	69.9300	75.5412	66.9108
8(下)	75.1501	81.9744	71.4782
9	89.9745	111.0770	78.6199
10	100.8625	120.9353	90.0619

節点番号	A点	B点	C点
11	111.1723	128.0664	102.0821
12(上)	120.9123	132.5096	114.6721
13(下)	125.1534	133.6512	120.5810
14	132.2882	134.3448	131.1816
15	142.1288	147.8014	139.0765
16	150.1723	153.3461	148.4646
17	159.2103	164.1941	156.5286
18	168.3788	175.6580	164.4621
19(上)	177.6123	187.4282	172.3307

2.14 水平方向断面照査一覧表(レベル2)

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点 3(下)		節点 4	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	1.8446	-1.4146	0.1688	-0.1295
軸力	N_d	kN	32.8173	38.9673	38.0928	38.6557
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400	D16 × 4.00 794.400
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	34.707	35.133	35.071	35.111
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	67.986	-68.732	68.623	-68.693
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.027	0.021	0.002	0.002
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点 5		節点 6	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	0.6953	-0.5332	1.2900	-0.9892
軸力	N_d	kN	47.5116	49.8296	58.8112	63.1121
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	35.724	35.883	36.505	36.803
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	69.760	-70.038	71.115	-71.629
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.010	0.008	0.018	0.014
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点 7(上)		節点 8(下)	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	1.6830	-1.2906	2.0468	-1.5697
軸力	N_d	kN	69.9300	75.5412	75.1501	81.9744
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	37.276	37.664	37.635	38.108
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	72.443	-73.111	73.061	-73.871
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.023	0.018	0.028	0.021
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点 9		節点10	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	6.3294	-4.8538	6.0206	-4.6170
軸力	N_d	kN	89.9745	111.0770	100.8625	120.9353
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	38.661	40.122	39.416	40.804
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	74.814	-77.289	76.096	-78.435
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.085	0.063	0.079	0.059
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点11		節点12(上)	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	5.0672	-3.8859	3.4785	-2.6675
軸力	N_d	kN	111.1723	128.0664	120.9123	132.5096
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	40.129	41.299	40.804	41.606
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	77.300	-79.264	78.435	-79.775
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.066	0.049	0.044	0.033
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点13(下)		節点14	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	2.5488	-1.9546	0.6168	-0.4730
軸力	N_d	kN	125.1534	133.6512	132.2882	134.3448
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	41.097	41.686	41.590	41.732
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	78.926	-79.909	79.749	-79.986
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.032	0.024	0.008	0.006
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点15		節点16	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	1.7014	-1.3048	0.9519	-0.7300
軸力	N_d	kN	142.1288	147.8014	150.1723	153.3461
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	42.272	42.665	42.829	43.049
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	80.883	-81.535	81.806	-82.169
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.021	0.016	0.012	0.009
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

項目	記号	単位	節点17		節点18	
			A点	B点	A点	B点
着目位置	曲げ					
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	1.4948	-1.1463	2.1833	-1.6743
軸力	N_d	kN	159.2103	164.1941	168.3788	175.6580
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106	8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	43.453	43.799	44.088	44.592
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	82.835	-83.404	83.877	-84.701
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.018	0.014	0.026	0.020
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)						

設計対象地震動レベル2 (前後方向地震動)

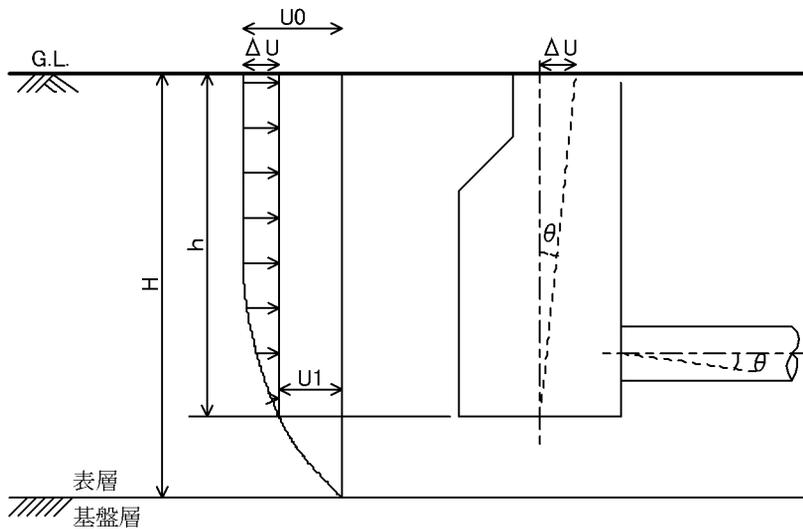
項目	記号	単位	節点19(上)	
			A点	B点
着目位置	曲げ			
部材幅	B	mm	1000.0	1000.0
部材高	H	mm	300.0	300.0
有効幅	b_w	mm	1000.0	1000.0
曲げモーメント	M_d	kN.m	2.9441	-2.2578
軸力	N_d	kN	177.6123	187.4282
主鉄筋 鉄筋量	引張側	A_s	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
	圧縮側	A_s'	D16×4.00 794.400	D16×4.00 794.400
ヤング係数比	n		8.5106	8.5106
中立軸	X	mm	44.728	45.407
コンクリート材料強度	f'_{ck}	N/mm ²	21.0	21.0
鉄筋材料強度	f_{yk}	N/mm ²	295.0	295.0
コンクリート設計圧縮強度	f'_{cd}	N/mm ²	21.000	21.000
鉄筋の設計降伏強度	f_{yd}	N/mm ²	295.000	295.000
設計曲げ耐力	M_{ud}	kN.m	84.922	-86.027
$i \cdot M_d / M_{ud}$			0.035	0.026
判定 ($i \cdot M_d / M_{ud} < 1.0$)				

2.15 マンホールと本管の接合部の照査(レベル2)

2.15.1 設計条件

コメント	下水道推進工法用鉄筋コンクリート管(1000mm)
有効長 l	2430(mm)
許容屈曲角 θ	0.05091(rad) (2° 55' 0")
許容拔出し量 ΔU	60.0(mm)
マンホール深さ	10.470(m)
マンホールスパン長 L_0	20.000(m)
基盤のせん断弾性波速度	300.000(m/s)
液状化地盤の永久ひずみ g	1.2(%)

2.15.2 地震動による屈曲角



地震動による屈曲角は、次式より求める。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta U}{h} \right)$$

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos \frac{\pi \cdot z}{2 \cdot H}$$

$$\Delta U = U_h(0) - U_h(h) = U_0 - U_1$$

ここに、

θ : 地震動による屈曲角(rad)

$U_h(z)$: 地表面からの深さzにおける最大変位振幅(m)

S_v : 設計応答速度 $S_v = 0.8000$ (m/s)

T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.8821$ (s)

H : 表層地盤の厚さ $H = 24.700$ (m)

地表面における最大変位振幅

$$U_h(0) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.8000 \times 0.8821 \times \cos\left(\frac{\pi \times 0}{2 \times 24.700}\right) = 0.143001 \text{ (m)}$$

マンホール下端における最大変位振幅 (マンホール深さ = 10.470(m))

$$U_h(10.470) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.8000 \times 0.8821 \times \cos\left(\frac{\pi \times 10.470}{2 \times 24.700}\right) = 0.112456 \text{ (m)}$$

$$U = U_h(0) - U_h(10.470) = 0.143001 - 0.112456 = 0.030545 \text{ (m)}$$

よって、地震動による屈曲角は、次のようになる。

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.030545}{10.470}\right) = 0.00292 \text{ (rad)}$$

2.15.3 地震動による抜き出し量の算定

(1) 表層地盤のせん断弾性波速度

表層地盤のせん断弾性波速度は、次式より求める。

$$V_{DS} = \frac{4H}{T_s}$$

V_{DS} : 表層地盤のせん断弾性波速度 (m/s)

H : 表層地盤の厚さ $H = 24.700$ (m)

T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.8821$ (s)

よって、表層地盤のせん断弾性波速度 V_{DS} は、次のようになる。

$$V_{DS} = \frac{4 \times 24.700}{0.8821} = 112.005 \text{ (m/s)}$$

(2) 地盤振動の波長

地盤振動の波長は、次式より求める。

$$L = \frac{2L_1 L_2}{L_1 + L_2}, \quad L_1 = T_s V_{DS}, \quad L_2 = T_s V_{BS}$$

L : 地盤振動の波長 (m)

T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.8821$ (s)

V_{DS} : 表層地盤のせん断弾性波速度 $V_{DS} = 112.005$ (m/s)

V_{BS} : 基盤面のせん断弾性波速度 $V_{BS} = 300.000$ (m/s)

ここで、

$$L_1 = 0.8821 \times 112.005 = 98.800 \text{ (m)}$$

$$L_2 = 0.8821 \times 300.000 = 264.630 \text{ (m)}$$

よって、地盤振動の波長 L は、次のようになる。

$$L = \frac{2 \times 98.800 \times 264.630}{98.800 + 264.630} = 143.882 \text{ (m/s)}$$

(3)検討位置での最大変位振幅

検討位置での最大変位振幅は、次式より求める。

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos \frac{\pi \cdot z}{2 \cdot H}$$

- $U_h(z)$: 検討位置での最大変位振幅(m)
- z : 検討位置の地表面からの深さ $z = 9.200$ (m)
- S_v : 設計応答速度 $S_v = 0.8000$ (m/s)
- T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.8821$ (s)
- H : 表層地盤の厚さ $H = 24.700$ (m)

よって、検討位置での最大変位振幅 $U_h(9.200)$ は、次のようになる。

$$U_h(9.200) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.8000 \times 0.8821 \times \cos \left(\frac{\pi \times 9.200}{2 \times 24.700} \right) = 0.119216 \text{ (m)}$$

(4)地震動により地盤に生じるひずみ

地震動により地盤に生じるひずみは、次式より求める。

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{L} U_h(z)$$

- ε_{gd} : 地震動により地盤に生じるひずみ
- L : 地盤振動の波長 $L = 143.882$ (m)
- $U_h(z)$: 検討位置での最大変位振幅 0.119216 (m)

よって、地震動により地盤に生じるひずみ ε_{gd} は、次のようになる。

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{143.882} \times 0.119216 = 0.002603$$

(5)地震動による抜出し量

地震動による抜出し量は、次式より求める。

$$= \varepsilon_{gd} \cdot l$$

- ε_{gd} : 地震動による抜出し量(m)
- ε_{gd} : 地震動により地盤に生じるひずみ $\varepsilon_{gd} = 0.002603$
- l : 管の有効長 $l = 2.430$ (m)

よって、地震動による抜出し量 は、次のようになる。

$$= 0.002603 \times 2.430 = 0.00633 \text{ (m)}$$

2.15.4 液状化に伴う永久ひずみによる抜出し量の算定

地盤の永久ひずみによる抜出し量は、次式より求める。

$$= \varepsilon_g \cdot l$$

- ε_g : 抜出し量(m)
- ε_g : 地盤の永久ひずみ $\varepsilon_g = 1.200$ (%)
- l : 管の有効長 $l = 2.430$ (m)

よって、地盤の液状化に伴う永久ひずみによる抜出し量 は、次のようになる。

$$= 0.012 \times 2.430 = 0.02916 \text{ (m)}$$

2.15.5 安全性の検討

	計算値	許容値	判定
地震動による屈曲角	0.00292(rad)	0.05091(rad)	
地震動による拔出し量	6.33(mm)	60.0(mm)	
液状化地盤の永久ひずみによる拔出し量	29.16(mm)	60.0(mm)	

3章 液状化

3.1 設計条件

3.1.1 基本条件

(1)液状化の検討

道路橋示方書 V耐震設計編（平成14年3月）により液状化の判定を行う。

(2)標準設計水平震度の補正係数

地域別補正係数 : 1.00

(3)層ごとの土質定数の低減係数 : 算定する

(4)動的せん断強度比Rの取扱い : 最小値

3.1.2 土質条件

(1)ボーリング位置に関するデータ

1)水位深さ = 3.300 (m)

(2)土質データ

地層番号	層種	層厚 (m)	t1 (kN/m ³)	t2 (kN/m ³)	t2' (kN/m ³)	塑性指数 Ip	FC (%)	D50 (mm)	D10 (mm)
1	砂質土	0.50	18.000	19.000	9.000	—	—	—	—
2	砂質土	2.80	17.000	18.000	8.000	0.0	15.0	10.000	1.000
3	粘性土	1.90	16.000	17.000	7.000	—	—	—	—
4	砂質土	3.30	17.000	18.000	8.000	0.0	15.0	10.000	1.000
5	粘性土	12.20	16.000	17.000	7.000	—	—	—	—
6	砂質土	4.00	17.000	18.000	8.000	0.0	15.0	10.000	1.000

地層番号	層種	層厚 (m)	一軸圧縮強度 (kN/m ²)
1	砂質土	0.50	—
2	砂質土	2.80	—
3	粘性土	1.90	0.00
4	砂質土	3.30	—
5	粘性土	12.20	0.00
6	砂質土	4.00	—

(3)地盤種別を決定する為に必要な土質データ

地層番号	層種	層厚 (m)	平均 N値	Vsi実測値 (m/s)
1	砂質土	0.50	2.0	100.79
2	砂質土	2.80	5.0	136.80
3	粘性土	1.90	3.0	144.22
4	砂質土	3.30	10.0	172.35
5	粘性土	12.20	2.0	125.99
6	砂質土	4.00	12.0	183.15

(4)N値

番号	深さ (m)	N値
1	0.350	2.0
2	1.350	7.0
3	2.350	4.0
4	3.350	3.0
5	4.350	3.0
6	5.350	9.0
7	6.350	11.0
8	7.350	10.0
9	8.350	2.0
10	9.350	2.0
11	10.350	2.0
12	11.350	2.0
13	12.350	2.0
14	13.350	2.0
15	14.350	2.0
16	15.350	2.0
17	16.350	2.0
18	17.350	2.0
19	18.350	2.0
20	19.350	2.0
21	20.350	4.0
22	21.350	9.0
23	22.350	23.0
24	23.350	16.0
25	24.350	50.0

3.2 液状化の判定

3.2.1 地盤条件と地盤定数の設定

(1) 表層地盤の特性値

$$TG = 0.706 \text{ (s)}$$

(2) 地盤種別および地盤面における設計水平震度の標準値

$$\text{III種地盤 } khgo = 0.60$$

3.2.2 地震時せん断応力比 L

$$L = \frac{rd \cdot khg \cdot \sigma v}{\sigma v'}$$

$$v = t1 \cdot hw + t2 \cdot (x - hw)$$

$$v' = t1 \cdot hw + t2' \cdot (x - hw)$$

ここに、L : 地震時せん断応力比

rd : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数 (= 1.0 - 0.015 · x)

x : 地表面からの深さ (m)

khg : レベル2地震時の設計水平震度 (= Cz · khgo)

$$khg = 0.60$$

Cz : 地域別補正係数 = 1.00

khgo : レベル2地震時の設計水平震度の標準値

$$khgo = 0.60$$

v : 全上載圧 (kN/m²)

v' : 有効上載圧 (kN/m²)

t1 : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

t2 : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

t2' : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)

hw : 地下水位の深さ (m)

計算 深度 (m)	レベル2			
	v (kN/m ²)	v' (kN/m ²)	rd	L
0.350	—	—	—	—
1.350	—	—	—	—
2.350	—	—	—	—
3.350	—	—	—	—
4.350	—	—	—	—
5.350	91.600	71.100	0.920	0.711
6.350	109.600	79.100	0.905	0.752
7.350	127.600	87.100	0.890	0.782
8.350	145.600	95.100	0.875	0.804
9.350	—	—	—	—
10.350	—	—	—	—
11.350	—	—	—	—
12.350	—	—	—	—
13.350	—	—	—	—

計算 深度 (m)	レベル2			
	v (kN/m ²)	v' (kN/m ²)	rd	L
14.350	_____	_____	_____	_____
15.350	_____	_____	_____	_____
16.350	_____	_____	_____	_____
17.350	_____	_____	_____	_____
18.350	_____	_____	_____	_____
19.350	_____	_____	_____	_____

3.2.3 動的せん断強度比 R

$$R = C_w \cdot R_L$$

ここに、R : 動的せん断強度比

C_w : 地震動特性による補正係数

($R_L \leq 0.1$) のとき $C_w = 1.0$

($0.1 < R_L \leq 0.4$) のとき $C_w = 3.3 \cdot R_L + 0.67$

($0.4 < R_L$) のとき $C_w = 2.0$

R_L : 繰返し三軸強度比

計算 深度 (m)	レベル2		
	R_L	C_w	R
0.350	————	————	————
1.350	————	————	————
2.350	————	————	————
3.350	————	————	————
4.350	————	————	————
5.350	0.236	1.450	0.343
6.350	0.254	1.507	0.383
7.350	0.236	1.449	0.342
8.350	0.108	1.026	0.111
9.350	————	————	————
10.350	————	————	————
11.350	————	————	————
12.350	————	————	————
13.350	————	————	————
14.350	————	————	————
15.350	————	————	————
16.350	————	————	————
17.350	————	————	————
18.350	————	————	————
19.350	————	————	————

3.2.4 繰返し三軸強度比 RL

(Na < 14) のとき $RL = 0.0882 \cdot \sqrt{Na/1.7}$

(14 ≤ Na) のとき $RL = 0.0882 \cdot \sqrt{Na/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (Na - 14)^{4.5}$

ここで、

< 砂質土の場合 >

$Na = C1 \cdot N1 + C2$

$N1 = 170 \cdot N / (v' + 70)$

(0% FC < 10%) のとき $C1 = 1$

(10% FC < 60%) のとき $C1 = (FC + 40) / 50$

(60% FC) のとき $C1 = FC / 20 - 1$

(0% FC < 10%) のとき $C2 = 0$

(10% FC) のとき $C2 = (FC - 10) / 18$

< 礫質土の場合 >

$Na = \{ 1 - 0.36 \cdot \log_{10}(D50/2) \} \cdot N1$

ここに、RL : 繰返し三軸強度比

N : N値

N1 : 有効上載圧 100 (kN/m²) 相当に換算したN値

Na : 粒度の影響を考慮した補正N値

C1, C2 : 細粒分含有率によるN値の補正係数

FC : 細粒分含有率 (%)

D50 : 平均粒径 (mm)

計算深度 (m)	層種	N値	C1	N1	C2	Na	RL
0.350	砂質土	2.0	—	—	—	—	—
1.350	砂質土	7.0	—	—	—	—	—
2.350	砂質土	4.0	—	—	—	—	—
3.350	粘性土	3.0	—	—	—	—	—
4.350	粘性土	3.0	—	—	—	—	—
5.350	砂質土	9.0	1.100	10.84	0.28	12.21	0.236
6.350	砂質土	11.0	1.100	12.54	0.28	14.07	0.254
7.350	砂質土	10.0	1.100	10.82	0.28	12.18	0.236
8.350	砂質土	2.0	1.100	2.06	0.28	2.54	0.108
9.350	粘性土	2.0	—	—	—	—	—
10.350	粘性土	2.0	—	—	—	—	—
11.350	粘性土	2.0	—	—	—	—	—
12.350	粘性土	2.0	—	—	—	—	—
13.350	粘性土	2.0	—	—	—	—	—
14.350	粘性土	2.0	—	—	—	—	—
15.350	粘性土	2.0	—	—	—	—	—
16.350	粘性土	2.0	—	—	—	—	—
17.350	粘性土	2.0	—	—	—	—	—

計算深度 (m)	層種	N值	C1	N1	C2	Na	RL
18.350	粘性土	2.0	——	——	——	——	——
19.350	粘性土	2.0	——	——	——	——	——

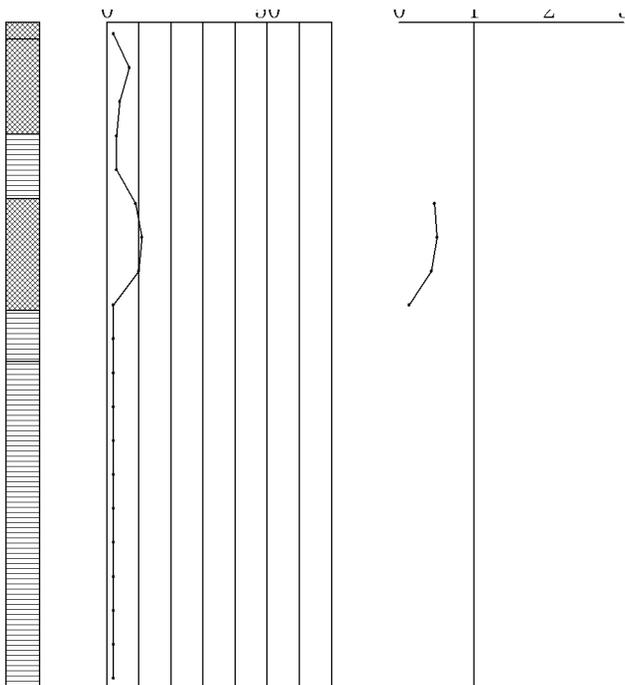
3.2.5 一覧表

(1) レベル2

計算深度 (m)	N値	Ip	FC (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	R	L	FL	判定
0.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
1.350	7.0	—	—	—	—	—	—	—	×
2.350	4.0	—	—	—	—	—	—	—	×
3.350	3.0	—	—	—	—	—	—	—	×
4.350	3.0	—	—	—	—	—	—	—	×
5.350	9.0	0.0	15.0	10.000	1.000	0.343	0.711	0.482	
6.350	11.0	0.0	15.0	10.000	1.000	0.383	0.752	0.509	
7.350	10.0	0.0	15.0	10.000	1.000	0.342	0.782	0.437	
8.350	2.0	0.0	15.0	10.000	1.000	0.111	0.804	0.138	
9.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
10.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
11.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
12.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
13.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
14.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
15.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
16.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
17.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
18.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
19.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×

注) 地表面から20mまでを表示

判定: × = 液状化しない, = 液状化する

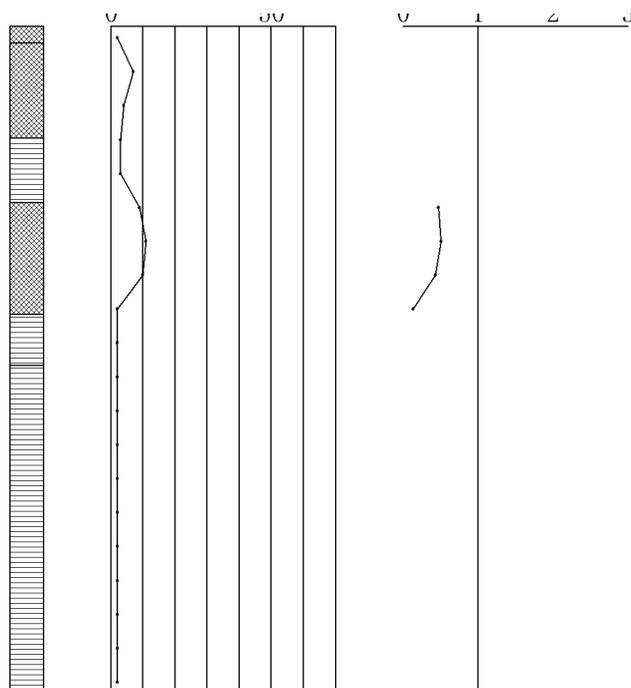


3.3 土質定数に乗じる係数

3.3.1 N値測定点

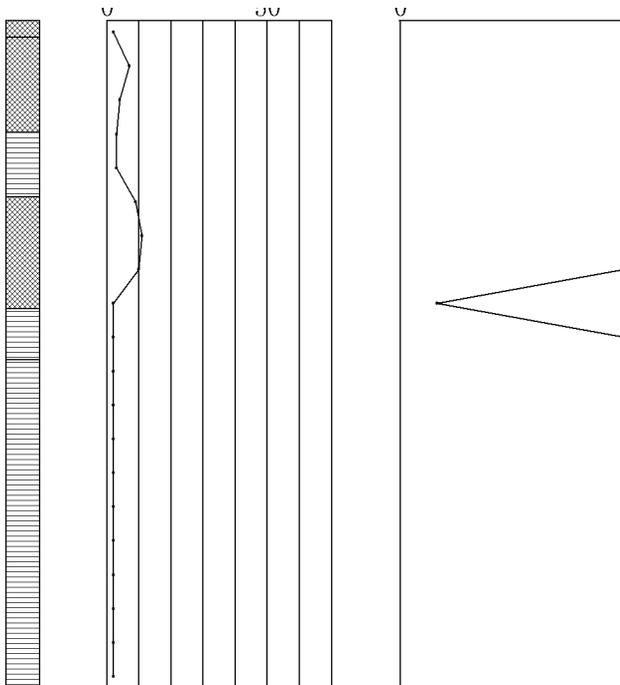
(1) レベル2

計算深度 (m)	層種	R	液状化に対する抵抗率 FL	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	土質定数に乗じる係数 DE
0.350	砂質土	—	—	0.00	1.000
1.350	砂質土	—	—	0.00	1.000
2.350	砂質土	—	—	0.00	1.000
3.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
4.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
5.350	砂質土	0.343	0.482	0.00	0.667
6.350	砂質土	0.383	0.509	0.00	0.667
7.350	砂質土	0.342	0.437	0.00	0.667
8.350	砂質土	0.111	0.138	0.00	0.000
9.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
10.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
11.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
12.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
13.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
14.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
15.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
16.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
17.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
18.350	粘性土	—	—	0.00	1.000
19.350	粘性土	—	—	0.00	1.000



(3) レベル1

計算深度 (m)	層種	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	土質定数に乘じる係数 DE
0.350	砂質土	0.00	1.000
1.350	砂質土	0.00	1.000
2.350	砂質土	0.00	1.000
3.350	粘性土	0.00	1.000
4.350	粘性土	0.00	1.000
5.350	砂質土	0.00	1.000
6.350	砂質土	0.00	1.000
7.350	砂質土	0.00	1.000
8.350	砂質土	0.00	0.167
9.350	粘性土	0.00	1.000
10.350	粘性土	0.00	1.000
11.350	粘性土	0.00	1.000
12.350	粘性土	0.00	1.000
13.350	粘性土	0.00	1.000
14.350	粘性土	0.00	1.000
15.350	粘性土	0.00	1.000
16.350	粘性土	0.00	1.000
17.350	粘性土	0.00	1.000
18.350	粘性土	0.00	1.000
19.350	粘性土	0.00	1.000



(4) 一覧表

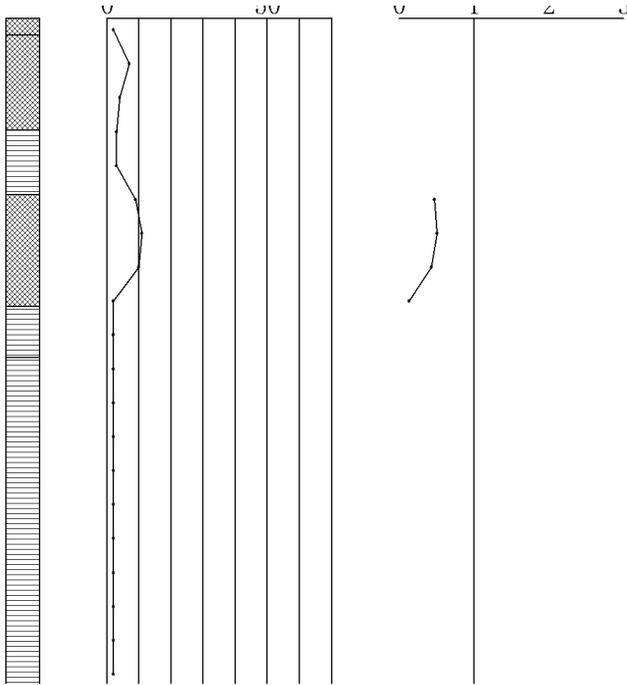
計算深度 (m)	レベル2	レベル1
0.350	1.000	1.000
1.350	1.000	1.000
2.350	1.000	1.000
3.350	1.000	1.000
4.350	1.000	1.000
5.350	0.667	1.000
6.350	0.667	1.000
7.350	0.667	1.000
8.350	0.000	0.167
9.350	1.000	1.000
10.350	1.000	1.000
11.350	1.000	1.000
12.350	1.000	1.000
13.350	1.000	1.000

計算 深度 (m)	レベル2	レベル1
14.350	1.000	1.000
15.350	1.000	1.000
16.350	1.000	1.000
17.350	1.000	1.000
18.350	1.000	1.000
19.350	1.000	1.000

3.3.2 地層点

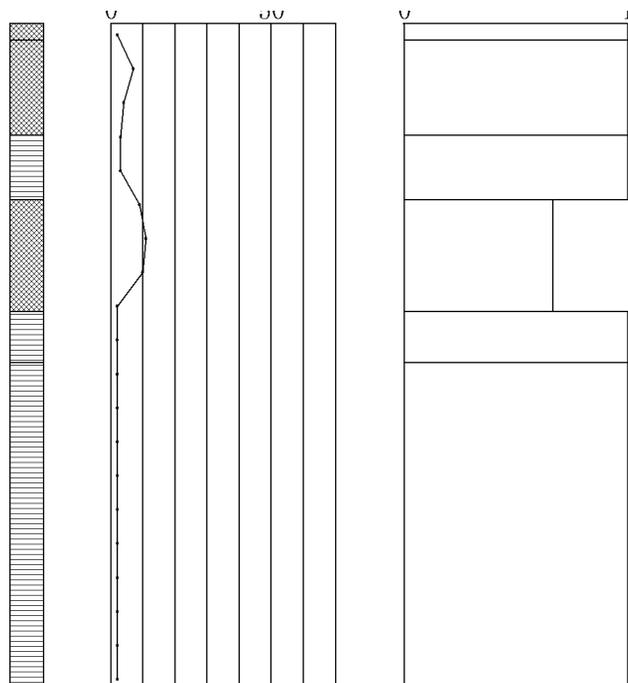
(1) レベル2

地層番号	層厚 (m)	層種	R	液状化に対する抵抗率 FL の平均	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	土質定数に乗じる係数 DE
1	0.500	砂質土	_____	_____	0.00	1.000
2	2.800	砂質土	_____	_____	0.00	1.000
3	1.900	粘性土	_____	_____	0.00	1.000
4	3.300	砂質土	0.111	0.409	0.00	0.333
5	1.500	粘性土	_____	_____	0.00	1.000
6	10.000	粘性土	_____	_____	0.00	1.000



(3) レベル1

地層番号	層厚 (m)	層種	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	土質定数に乘じる係数 DE
1	0.500	砂質土	0.00	1.000
2	2.800	砂質土	0.00	1.000
3	1.900	粘性土	0.00	1.000
4	3.300	砂質土	0.00	0.667
5	1.500	粘性土	0.00	1.000
6	10.000	粘性土	0.00	1.000



(4) 一覧表

地層番号	層厚 (m)	レベル2	レベル1
1	0.500	1.000	1.000
2	2.800	1.000	1.000
3	1.900	1.000	1.000
4	3.300	0.333	0.667
5	1.500	1.000	1.000
6	10.000	1.000	1.000

3.4 計算結果一覧表

3.4.1 液状化の判定

(1) レベル2

計算深度 (m)	N値	Ip	FC (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	R	L	FL	判定
0.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
1.350	7.0	—	—	—	—	—	—	—	×
2.350	4.0	—	—	—	—	—	—	—	×
3.350	3.0	—	—	—	—	—	—	—	×
4.350	3.0	—	—	—	—	—	—	—	×
5.350	9.0	0.0	15.0	10.000	1.000	0.343	0.711	0.482	
6.350	11.0	0.0	15.0	10.000	1.000	0.383	0.752	0.509	
7.350	10.0	0.0	15.0	10.000	1.000	0.342	0.782	0.437	
8.350	2.0	0.0	15.0	10.000	1.000	0.111	0.804	0.138	
9.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
10.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
11.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
12.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
13.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
14.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
15.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
16.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
17.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
18.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×
19.350	2.0	—	—	—	—	—	—	—	×

注) 地表面から20mまでを表示

判定: × = 液状化しない, = 液状化する

3.4.2 土質定数に乗じる係数

(1) N値測定点

計算 深度 (m)	レベル2	レベル1
0.350	1.000	1.000
1.350	1.000	1.000
2.350	1.000	1.000
3.350	1.000	1.000
4.350	1.000	1.000
5.350	0.667	1.000
6.350	0.667	1.000
7.350	0.667	1.000
8.350	0.000	0.167
9.350	1.000	1.000
10.350	1.000	1.000
11.350	1.000	1.000
12.350	1.000	1.000
13.350	1.000	1.000
14.350	1.000	1.000
15.350	1.000	1.000
16.350	1.000	1.000
17.350	1.000	1.000
18.350	1.000	1.000
19.350	1.000	1.000

(2) 地層点

地層 番号	層厚 (m)	レベル2	レベル1
1	0.500	1.000	1.000
2	2.800	1.000	1.000
3	1.900	1.000	1.000
4	3.300	0.333	0.667
5	1.500	1.000	1.000
6	10.000	1.000	1.000