

内水圧が作用する二次覆工一体型RCセグメント(外径 3400mm)の設計

剛性一様リング - 地盤バネモデルによる計算

1. 設計概要

セグメント設計における土圧、水圧の大小、およびセグメントの構造条件により、部材に最大応力が生じる荷重の組み合わせは、『内水圧が作用するシールドトンネル覆工構造設計の手引き』(先端建設技術センター)による組み合わせを基本とする。

なお、二次覆工一体型の断面力算定時は防食層を考慮し、応力算定時は防食層を考慮しないものとする。

(1) 荷重の組合せ一覧表

荷重 ケース	管内の状態	土圧		地下水圧		内水圧		自重	地盤 反力	許容応力度 の割増し
		大	小	高	低	平常	異常			
1	空水の状態									1.0
2	空水の状態									1.0
3	平常時内水位									1.0
4	平常時内水位									1.0
5	異常時内水位									1.5
6	異常時内水位									1.5

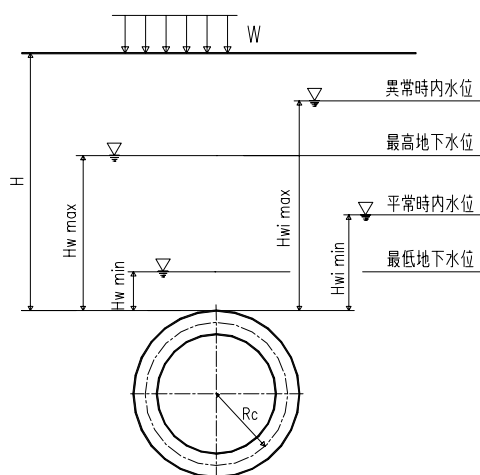


図-1.1 地盤条件及び内水圧

2. セグメント条件

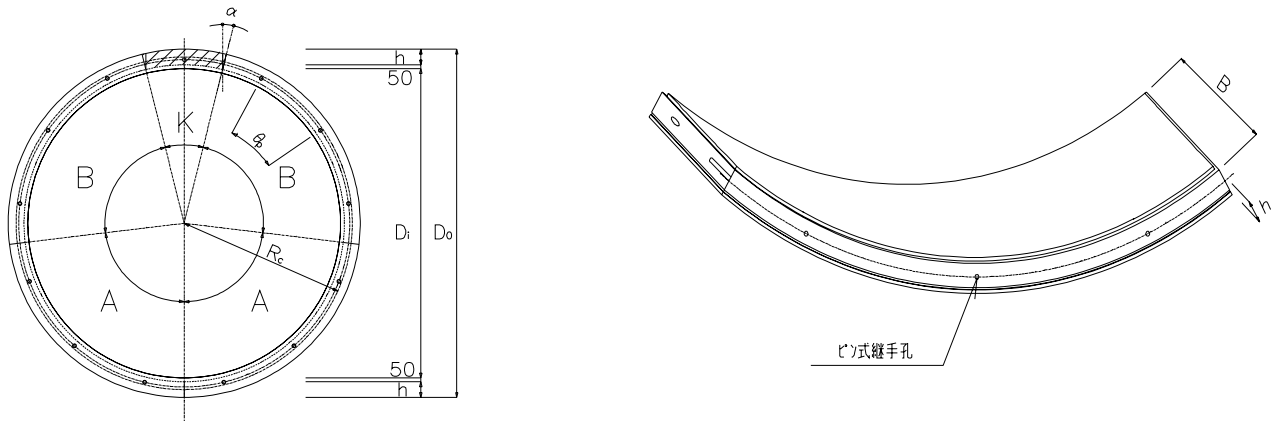


図-2.1 セグメント仕様

セグメント番号 特殊01

項目		単位	諸元値	備考
セグメント外径	D_0	mm	3400	
セグメント内径(防食層外)	D_i	mm	3100	
セグメント内径(防食層内)	D_i'	mm	3000	
図心半径(防食層外)	R_c	mm	1625	
図心半径(防食層内)	R_c'	mm	1600	
断面積	A	m^2	0.200000	
断面二次モーメント	I_s	m^4/m	0.000666667	
ヤング係数	E_s	kN/m^2	33000000	
曲げ剛性の有効率		%	80	
曲げモーメントの割増率		%	25	
曲げ剛性	EI	$kN/m^2/m$	17600.0088	1

$$\begin{aligned}
 1 \text{ 曲げ剛性} : EI &= \quad \cdot E_s \cdot I_s \\
 &= 0.80 \times 33000000 \times 0.000666667 \\
 &= 17600.0088 \text{ (kN}\cdot\text{m}^2/\text{m)}
 \end{aligned}$$

内水圧は防食層(50mm)を除いた内径 D_i に作用するものとする。ただし断面計算時図心半径は防食層を含めた R_c' の構造モデルとなる為、内水圧荷重 P_w は R_i の位置で求めた内圧を、構造モデルと実際に作用する内水圧の位置を補正する為に R_i/R_c' 倍した値とする。

$$R_i = D_i / 2 = 1550(\text{m})$$

$$R_i / R_c' = 0.97$$

3. 荷重設定

(1) 各設計ケースに用いた荷重条件の考え方

各設計ケースに用いる荷重は、設計概要で述べた『内水圧が作用するシールドトンネル覆工構造設計の手引き』を基に以下の様に設定する。

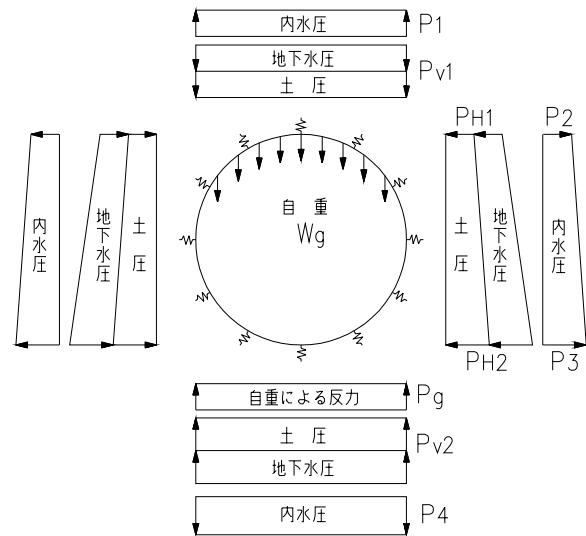


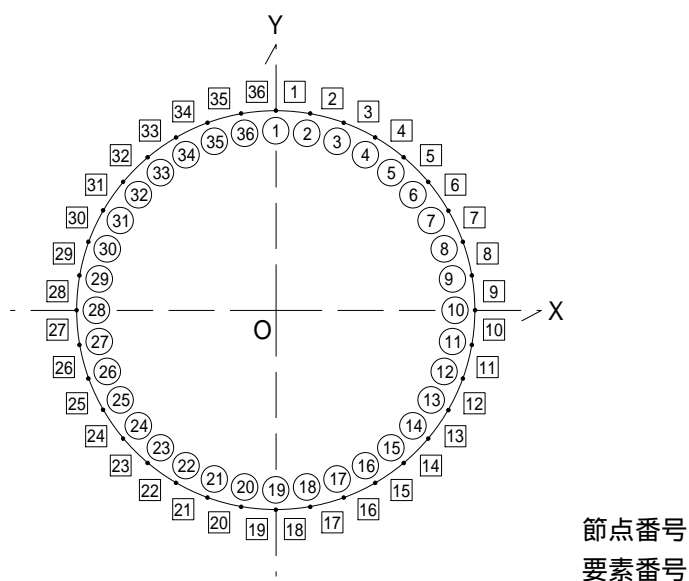
図-3.1 作用荷重分布図

ケース番号	単位	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
管内の状態	-	空水の状態	空水の状態	平常時内水位	平常時内水位	異常時内水位	異常時内水位
外荷重の算定	-	土圧大	土圧小	土圧大	土圧小	土圧大	土圧小
土と水の考え方	-	土水分離	土水分離	土水分離	土水分離	土水分離	土水分離
鉛直土圧	-	緩み土圧	0.175 × D0	緩み土圧	0.175 × D0	緩み土圧	0.175 × D0
側方土圧係数	-	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
土の単位体積重量	kN/m ³	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000
土の水中重量	kN/m ³	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
粘着力 C	kN/m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
摩擦係数	°	33	33	33	33	33	33
地盤反力係数 k	MN/m ³	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
地下水	-	有	有	有	有	有	有
GL-	m	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890
H _{wv}	m	10.810	10.810	10.810	10.810	10.810	10.810
H _{wh}	m	10.810	10.810	10.810	10.810	10.810	10.810
内水圧	-	無	無	有	有	有	有
H _{wi}	m	-	-	1.500	0.000	8.100	8.500
水の単位体積重量 w	kN/m ³	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
基本荷重							
鉛直荷重 P _{v1}	kN/m ²	132.163	90.050	132.163	90.050	132.163	90.050
水平荷重(頂部) P _{H1}	kN/m ²	98.725	81.880	98.725	81.880	98.725	81.880
水平荷重(底部) P _{H2}	kN/m ²	143.525	126.680	143.525	126.680	143.525	126.680
底部反力 P _{v2}	kN/m ²	132.163	90.050	132.163	90.050	132.163	90.050
自重 W _g	kN/m ²	5.081	5.081	5.081	5.081	5.081	5.081
自重反力 P _g	kN/m ²	15.962	15.962	15.962	15.962	15.962	15.962
側方地盤反力 q	kN/m ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
内水圧							
P ₁	kN/m ²	-	-	-14.308	0.000	-77.262	-81.077
P ₂	kN/m ²	-	-	-15.023	-0.715	-77.977	-81.792
P ₃	kN/m ²	-	-	-46.023	-31.715	-108.977	-112.792
P ₄	kN/m ²	-	-	-46.738	-32.431	-109.692	-113.508
許容応力度							
割増係数	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

4. 断面力算定

(1) 節点座標

セグメント断面力の算定には、セグメント周長を下図のとおり36分割したフレームモデルを用い、その節点をX、Y座標で整理する。

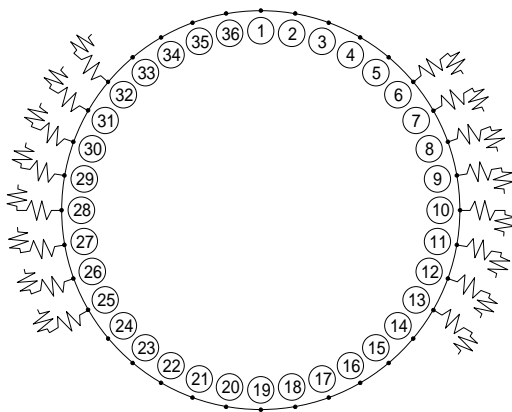


節点番号	X座標 (m)	Y座標 (m)	節点番号	X座標 (m)	Y座標 (m)
1	0.000	1.600	19	0.000	-1.600
2	0.278	1.576	20	-0.278	-1.576
3	0.547	1.504	21	-0.547	-1.504
4	0.800	1.386	22	-0.800	-1.386
5	1.028	1.226	23	-1.028	-1.226
6	1.226	1.028	24	-1.226	-1.028
7	1.386	0.800	25	-1.386	-0.800
8	1.504	0.547	26	-1.504	-0.547
9	1.576	0.278	27	-1.576	-0.278
10	1.600	0.000	28	-1.600	0.000
11	1.576	-0.278	29	-1.576	0.278
12	1.504	-0.547	30	-1.504	0.547
13	1.386	-0.800	31	-1.386	0.800
14	1.226	-1.028	32	-1.226	1.028
15	1.028	-1.226	33	-1.028	1.226
16	0.800	-1.386	34	-0.800	1.386
17	0.547	-1.504	35	-0.547	1.504
18	0.278	-1.576	36	-0.278	1.576

4-1 断面力算定 (計算ケース1: 空水の状態)

(1) 地盤バネ

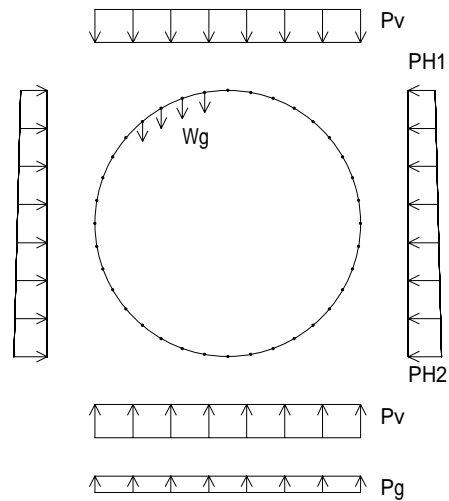
地盤バネは、覆工が地盤内に変位する節点にのみ考慮する。



各節点での地盤バネ(1)

節点 番号	節点 角度 (°)	法線方向バネ kh(kN/m ³)	接線方向バネ ks(kN/m ³)	要素長 ds(m)	1要素長当り 法線方向バネ ds・kh(kN/m ²)	1要素長当り 接線方向バネ ds・ks(kN/m ²)
1	0.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
2	10.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
3	20.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
4	30.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
5	40.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
6	50.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
7	60.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
8	70.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
9	80.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
10	90.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
11	100.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
12	110.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
13	120.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
14	130.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
15	140.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
16	150.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
17	160.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
18	170.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
19	180.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
20	190.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
21	200.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
22	210.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
23	220.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
24	230.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
25	240.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
26	250.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
27	260.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
28	270.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
29	280.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
30	290.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
31	300.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
32	310.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
33	320.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
34	330.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
35	340.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
36	350.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000

(2) 基本荷重 (計算ケース1:空水の状態)



項目		単位	荷重値
鉛直荷重	P_{V1}	kN/m^2	132.163
頂部水平荷重	P_{H1}	kN/m^2	98.725
底部水平荷重	P_{H2}	kN/m^2	143.525
底部地盤反力	P_{V2}	kN/m^2	132.163
セグメントの円周単位当り重量	W_g	kN/m^2	5.081
自重による下部反力荷重	P_g	kN/m^2	15.962
側部地盤反力	q	kN/m^2	0.000

(3) 各節点に作用する荷重 (計算ケース1:空水の状態)

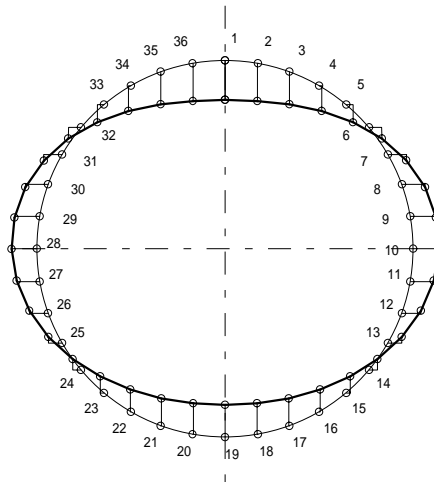
要素長	ds	=	0.279	m
鉛直荷重	P _{V1}	=	132.163	kN/m ²
頂部水平荷重	P _{H1}	=	98.725	kN/m ²
底部水平荷重	P _{H2}	=	143.525	kN/m ²
底部地盤反力	P _{V2}	=	132.163	kN/m ²
円周単位m当り自重	Wg	=	5.081	kN/m ²
自重による下部反力	Pg	=	15.962	kN/m ²
側方地盤反力	q	=	0.000	kN/m ²

上記荷重を各節点に作用する荷重成分に分解すると以下表のとおりとなる。

尚、セグメント内側方向を正としていた荷重座標は、ここでX方向は右側を正、Y方向は上側を正に座標変換する。

要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)	要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)
1	1	-1.201	-19.069	19	19	1.743	19.868
1	2	-1.203	-19.069	19	20	1.741	19.868
2	2	-3.585	-18.511	20	20	5.159	19.243
2	3	-3.603	-18.511	20	21	5.140	19.243
3	3	-5.922	-17.413	21	21	8.355	18.011
3	4	-5.971	-17.413	21	22	8.306	18.011
4	4	-8.181	-15.806	22	22	11.195	16.211
4	5	-8.271	-15.806	22	23	11.105	16.211
5	5	-10.320	-13.741	23	23	13.568	13.896
5	6	-10.456	-13.741	23	24	13.431	13.896
6	6	-12.283	-11.280	24	24	15.390	11.138
6	7	-12.465	-11.280	24	25	15.207	11.138
7	7	-14.005	-8.498	25	25	16.612	8.020
7	8	-14.228	-8.498	25	26	16.388	8.020
8	8	-15.410	-5.479	26	26	17.220	4.637
8	9	-15.664	-5.479	26	27	16.966	4.637
9	9	-16.421	-2.316	27	27	17.232	1.091
9	10	-16.691	-2.316	27	28	16.962	1.091
10	10	-16.962	1.091	28	28	16.691	-2.316
10	11	-17.232	1.091	28	29	16.421	-2.316
11	11	-16.966	4.637	29	29	15.664	-5.479
11	12	-17.220	4.637	29	30	15.410	-5.479
12	12	-16.388	8.020	30	30	14.228	-8.498
12	13	-16.612	8.020	30	31	14.005	-8.498
13	13	-15.207	11.138	31	31	12.465	-11.280
13	14	-15.390	11.138	31	32	12.283	-11.280
14	14	-13.431	13.896	32	32	10.456	-13.741
14	15	-13.568	13.896	32	33	10.320	-13.741
15	15	-11.105	16.211	33	33	8.271	-15.806
15	16	-11.195	16.211	33	34	8.181	-15.806
16	16	-8.306	18.011	34	34	5.971	-17.413
16	17	-8.355	18.011	34	35	5.922	-17.413
17	17	-5.140	19.243	35	35	3.603	-18.511
17	18	-5.159	19.243	35	36	3.585	-18.511
18	18	-1.741	19.868	36	36	1.203	-19.069
18	19	-1.743	19.868	36	1	1.201	-19.069

(4) 節点変位 (計算ケース1:空水の状態)



変位方向 = 0: セグメント内側に変位
 変位方向 = 1: セグメント外側に変位

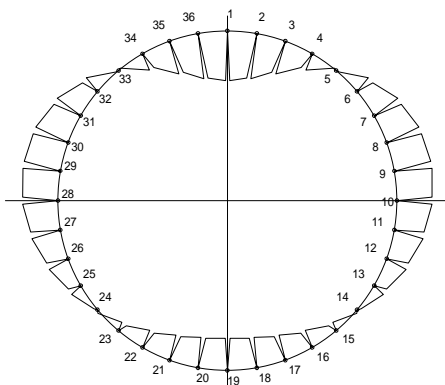
節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向
1	0.000000	-0.000430	0.000000	0					
2	-0.000006	-0.000410	0.000138	0	36	0.000006	-0.000410	-0.000138	0
3	0.000000	-0.000355	0.000253	0	35	0.000000	-0.000355	-0.000253	0
4	0.000027	-0.000277	0.000328	0	34	-0.000027	-0.000277	-0.000328	0
5	0.000076	-0.000193	0.000352	0	33	-0.000076	-0.000193	-0.000352	0
6	0.000137	-0.000120	0.000325	1	32	-0.000137	-0.000120	-0.000325	1
7	0.000199	-0.000065	0.000258	1	31	-0.000199	-0.000065	-0.000258	1
8	0.000249	-0.000032	0.000165	1	30	-0.000249	-0.000032	-0.000165	1
9	0.000277	-0.000014	0.000059	1	29	-0.000277	-0.000014	-0.000059	1
10	0.000277	-0.000005	-0.000047	1	28	-0.000277	-0.000005	0.000047	1
11	0.000252	0.000007	-0.000140	1	27	-0.000252	0.000007	0.000140	1
12	0.000206	0.000029	-0.000215	1	26	-0.000206	0.000029	0.000215	1
13	0.000149	0.000066	-0.000264	1	25	-0.000149	0.000066	0.000264	1
14	0.000091	0.000118	-0.000284	0	24	-0.000091	0.000118	0.000284	0
15	0.000042	0.000180	-0.000275	0	23	-0.000042	0.000180	0.000275	0
16	0.000009	0.000244	-0.000236	0	22	-0.000009	0.000244	0.000236	0
17	-0.000007	0.000300	-0.000172	0	21	0.000007	0.000300	0.000172	0
18	-0.000008	0.000338	-0.000090	0	20	0.000008	0.000338	0.000090	0
19	0.000000	0.000351	0.000000	0					

(5) 断面力 (計算ケース1:空水の状態)

要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	9.067	-2.684	188.119	36	1	9.067	2.684	188.119
1	2	8.318	-2.684	188.119	36	36	8.318	2.684	188.119
2	2	8.318	-7.516	190.829	35	36	8.318	7.516	190.829
2	3	6.222	-7.516	190.829	35	35	6.222	7.516	190.829
3	3	6.222	-10.849	195.785	34	35	6.222	10.849	195.785
3	4	3.196	-10.849	195.785	34	34	3.196	10.849	195.785
4	4	3.196	-12.015	202.155	33	34	3.196	12.015	202.155
4	5	-0.155	-12.015	202.155	33	33	-0.155	12.015	202.155
5	5	-0.155	-10.767	208.918	32	33	-0.155	10.767	208.918
5	6	-3.158	-10.767	208.918	32	32	-3.158	10.767	208.918
6	6	-3.158	-7.687	214.463	31	32	-3.158	7.687	214.463
6	7	-5.302	-7.687	214.463	31	31	-5.302	7.687	214.463
7	7	-5.302	-4.370	218.873	30	31	-5.302	4.370	218.873
7	8	-6.521	-4.370	218.873	30	30	-6.521	4.370	218.873
8	8	-6.521	-1.203	221.962	29	30	-6.521	1.203	221.962
8	9	-6.856	-1.203	221.962	29	29	-6.856	1.203	221.962
9	9	-6.856	1.520	223.826	28	29	-6.856	-1.520	223.826
9	10	-6.433	1.520	223.826	28	28	-6.433	-1.520	223.826
10	10	-6.433	3.680	224.583	27	28	-6.433	-3.680	224.583
10	11	-5.406	3.680	224.583	27	27	-5.406	-3.680	224.583
11	11	-5.406	5.219	224.283	26	27	-5.406	-5.219	224.283
11	12	-3.951	5.219	224.283	26	26	-3.951	-5.219	224.283
12	12	-3.951	6.146	223.236	25	26	-3.951	-6.146	223.236
12	13	-2.236	6.146	223.236	25	25	-2.236	-6.146	223.236
13	13	-2.236	6.675	221.898	24	25	-2.236	-6.675	221.898
13	14	-0.375	6.675	221.898	24	24	-0.375	-6.675	221.898
14	14	-0.375	7.024	220.045	23	24	-0.375	-7.024	220.045
14	15	1.584	7.024	220.045	23	23	1.584	-7.024	220.045
15	15	1.584	6.313	218.424	22	23	1.584	-6.313	218.424
15	16	3.345	6.313	218.424	22	22	3.345	-6.313	218.424
16	16	3.345	4.889	217.220	21	22	3.345	-4.889	217.220
16	17	4.708	4.889	217.220	21	21	4.708	-4.889	217.220
17	17	4.708	3.057	216.465	20	21	4.708	-3.057	216.465
17	18	5.561	3.057	216.465	20	20	5.561	-3.057	216.465
18	18	5.561	1.037	216.110	19	20	5.561	-1.037	216.110
18	19	5.850	1.037	216.110	19	19	5.850	-1.037	216.110

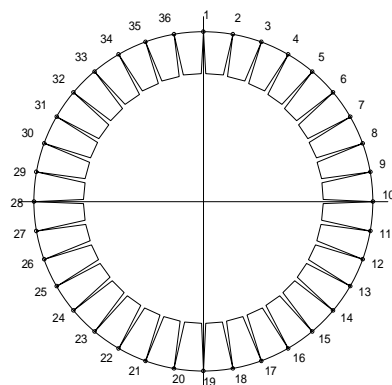
(6)断面力図 (計算ケース1:空水の状態)

(a) 曲げモーメント図



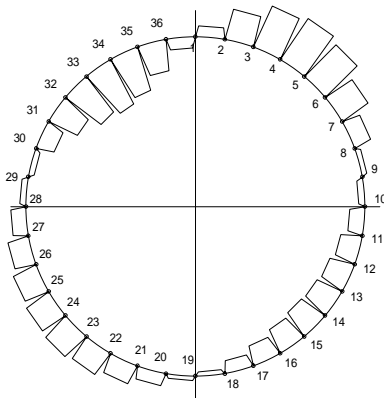
正最大曲げモーメント = 9.067 (kN·m)
負最大曲げモーメント = -6.856 (kN·m)

(b) 軸力図



正最大曲げモーメント位置軸力 = 188.119 (kN)
負最大曲げモーメント位置軸力 = 221.962 (kN)

(c) せん断力図

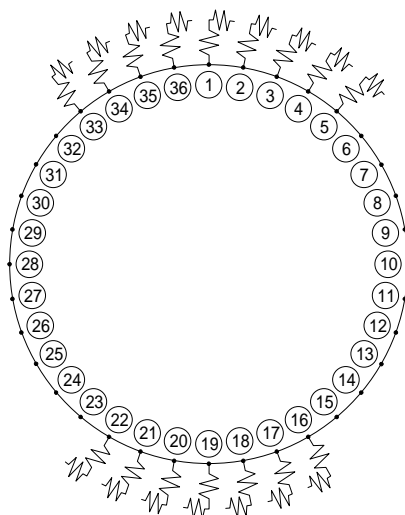


最大せん断力 = -12.015 (kN)

4-2 断面力算定 (計算ケース2: 空水の状態)

(1) 地盤バネ

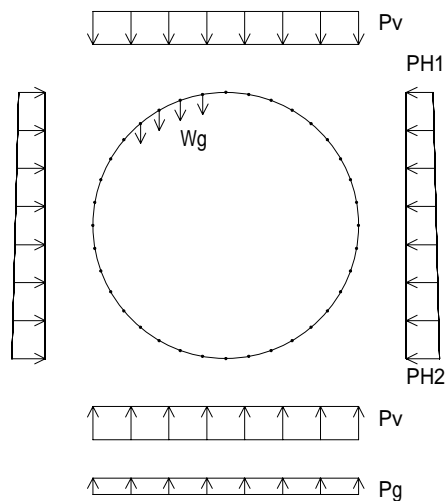
地盤バネは、覆工が地盤内に変位する節点にのみ考慮する。



各節点での地盤バネ(1)

節点番号	節点角度 (°)	法線方向バネ kh(kN/m ³)	接線方向バネ ks(kN/m ³)	要素長 ds(m)	1要素長当り 法線方向バネ ds・kh(kN/m ²)	1要素長当り 接線方向バネ ds・ks(kN/m ²)
1	0.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
2	10.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
3	20.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
4	30.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
5	40.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
6	50.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
7	60.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
8	70.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
9	80.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
10	90.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
11	100.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
12	110.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
13	120.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
14	130.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
15	140.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
16	150.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
17	160.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
18	170.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
19	180.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
20	190.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
21	200.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
22	210.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
23	220.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
24	230.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
25	240.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
26	250.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
27	260.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
28	270.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
29	280.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
30	290.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
31	300.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
32	310.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
33	320.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
34	330.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
35	340.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
36	350.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750

(2) 基本荷重 (計算ケース2:空水の状態)



項目		単位	荷重値
鉛直荷重	P_{V1}	kN/m^2	90.050
頂部水平荷重	P_{H1}	kN/m^2	81.880
底部水平荷重	P_{H2}	kN/m^2	126.680
底部地盤反力	P_{V2}	kN/m^2	90.050
セグメントの円周単位当り重量	W_g	kN/m^2	5.081
自重による下部反力荷重	P_g	kN/m^2	15.962
側部地盤反力	q	kN/m^2	0.000

(3) 各節点に作用する荷重 (計算ケース2:空水の状態)

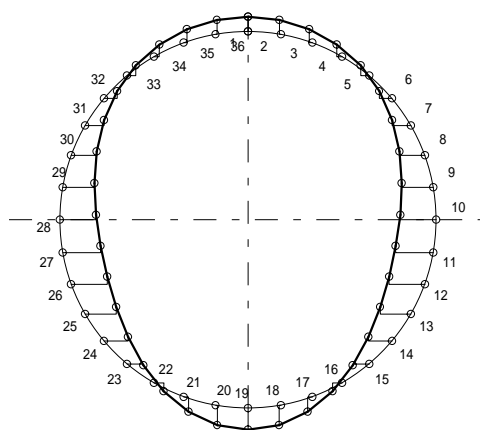
要素長	ds	=	0.279	m
鉛直荷重	P _{V1}	=	90.050	kN/m ²
頂部水平荷重	P _{H1}	=	81.880	kN/m ²
底部水平荷重	P _{H2}	=	126.680	kN/m ²
底部地盤反力	P _{V2}	=	90.050	kN/m ²
円周単位m当り自重	Wg	=	5.081	kN/m ²
自重による下部反力	Pg	=	15.962	kN/m ²
側方地盤反力	q	=	0.000	kN/m ²

上記荷重を各節点に作用する荷重成分に分解すると以下表のとおりとなる。

尚、セグメント内側方向を正としていた荷重座標は、ここでX方向は右側を正、Y方向は上側を正に座標変換する。

要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)	要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)
1	1	-0.996	-13.219	19	19	1.539	14.018
1	2	-0.998	-13.219	19	20	1.537	14.018
2	2	-2.977	-12.839	20	20	4.551	13.570
2	3	-2.995	-12.839	20	21	4.533	13.570
3	3	-4.929	-12.090	21	21	7.362	12.689
3	4	-4.978	-12.090	21	22	7.313	12.689
4	4	-6.834	-10.996	22	22	9.848	11.400
4	5	-6.924	-10.996	22	23	9.758	11.400
5	5	-8.659	-9.589	23	23	11.907	9.744
5	6	-8.795	-9.589	23	24	11.770	9.744
6	6	-10.359	-7.912	24	24	13.465	7.770
6	7	-10.541	-7.912	24	25	13.283	7.770
7	7	-11.876	-6.016	25	25	14.483	5.538
7	8	-12.099	-6.016	25	26	14.259	5.538
8	8	-13.141	-3.960	26	26	14.951	3.117
8	9	-13.395	-3.960	26	27	14.697	3.117
9	9	-14.081	-1.804	27	27	14.892	0.579
9	10	-14.351	-1.804	27	28	14.622	0.579
10	10	-14.622	0.579	28	28	14.351	-1.804
10	11	-14.892	0.579	28	29	14.081	-1.804
11	11	-14.697	3.117	29	29	13.395	-3.960
11	12	-14.951	3.117	29	30	13.141	-3.960
12	12	-14.259	5.538	30	30	12.099	-6.016
12	13	-14.483	5.538	30	31	11.876	-6.016
13	13	-13.283	7.770	31	31	10.541	-7.912
13	14	-13.465	7.770	31	32	10.359	-7.912
14	14	-11.770	9.744	32	32	8.795	-9.589
14	15	-11.907	9.744	32	33	8.659	-9.589
15	15	-9.758	11.400	33	33	6.924	-10.996
15	16	-9.848	11.400	33	34	6.834	-10.996
16	16	-7.313	12.689	34	34	4.978	-12.090
16	17	-7.362	12.689	34	35	4.929	-12.090
17	17	-4.533	13.570	35	35	2.995	-12.839
17	18	-4.551	13.570	35	36	2.977	-12.839
18	18	-1.537	14.018	36	36	0.998	-13.219
18	19	-1.539	14.018	36	1	0.996	-13.219

(4) 節点変位 (計算ケース2: 空水の状態)



変位方向 = 0: セグメント内側に変位
 変位方向 = 1: セグメント外側に変位

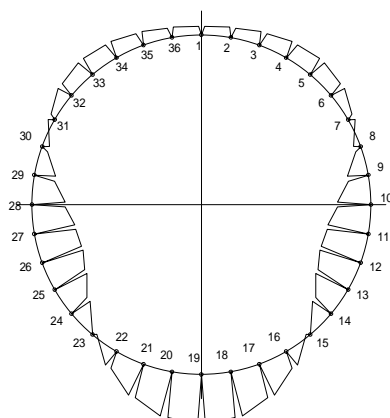
節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向
1	0.000000	0.000066	0.000000	1					
2	-0.000007	0.000065	-0.000012	1	36	0.000007	0.000065	0.000012	1
3	-0.000014	0.000062	-0.000027	1	35	0.000014	0.000062	0.000027	1
4	-0.000024	0.000055	-0.000047	1	34	0.000024	0.000055	0.000047	1
5	-0.000039	0.000045	-0.000069	1	33	0.000039	0.000045	0.000069	1
6	-0.000060	0.000034	-0.000091	0	32	0.000060	0.000034	0.000091	0
7	-0.000086	0.000024	-0.000104	0	31	0.000086	0.000024	0.000104	0
8	-0.000115	0.000018	-0.000104	0	30	0.000115	0.000018	0.000104	0
9	-0.000143	0.000017	-0.000086	0	29	0.000143	0.000017	0.000086	0
10	-0.000163	0.000022	-0.000052	0	28	0.000163	0.000022	0.000052	0
11	-0.000170	0.000030	-0.000004	0	27	0.000170	0.000030	0.000004	0
12	-0.000162	0.000034	0.000050	0	26	0.000162	0.000034	-0.000050	0
13	-0.000140	0.000032	0.000101	0	25	0.000140	0.000032	-0.000101	0
14	-0.000109	0.000018	0.000138	0	24	0.000109	0.000018	-0.000138	0
15	-0.000074	-0.000006	0.000154	0	23	0.000074	-0.000006	-0.000154	0
16	-0.000044	-0.000037	0.000145	1	22	0.000044	-0.000037	-0.000145	1
17	-0.000022	-0.000066	0.000112	1	21	0.000022	-0.000066	-0.000112	1
18	-0.000008	-0.000088	0.000061	1	20	0.000008	-0.000088	-0.000061	1
19	0.000000	-0.000096	0.000000	1					

(5) 断面力 (計算ケース2:空水の状態)

要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	-0.717	-0.384	151.761	36	1	-0.717	0.384	151.761
1	2	-0.824	-0.384	151.761	36	36	-0.824	0.384	151.761
2	2	-0.824	-0.960	152.555	35	36	-0.824	0.960	152.555
2	3	-1.092	-0.960	152.555	35	35	-1.092	0.960	152.555
3	3	-1.092	-1.009	153.933	34	35	-1.092	1.009	153.933
3	4	-1.373	-1.009	153.933	34	34	-1.373	1.009	153.933
4	4	-1.373	-0.351	155.543	33	34	-1.373	0.351	155.543
4	5	-1.471	-0.351	155.543	33	33	-1.471	0.351	155.543
5	5	-1.471	0.994	156.997	32	33	-1.471	-0.994	156.997
5	6	-1.194	0.994	156.997	32	32	-1.194	-0.994	156.997
6	6	-1.194	2.514	157.790	31	32	-1.194	-2.514	157.790
6	7	-0.493	2.514	157.790	31	31	-0.493	-2.514	157.790
7	7	-0.493	3.673	158.106	30	31	-0.493	-3.673	158.106
7	8	0.532	3.673	158.106	30	30	0.532	-3.673	158.106
8	8	0.532	4.109	158.169	29	30	0.532	-4.109	158.169
8	9	1.678	4.109	158.169	29	29	1.678	-4.109	158.169
9	9	1.678	3.638	158.399	28	29	1.678	-3.638	158.399
9	10	2.692	3.638	158.399	28	28	2.692	-3.638	158.399
10	10	2.692	2.333	159.107	27	28	2.692	-2.333	159.107
10	11	3.343	2.333	159.107	27	27	3.343	-2.333	159.107
11	11	3.343	0.389	160.373	26	27	3.343	-0.389	160.373
11	12	3.451	0.389	160.373	26	26	3.451	-0.389	160.373
12	12	3.451	-1.900	162.369	25	26	3.451	1.900	162.369
12	13	2.922	-1.900	162.369	25	25	2.922	1.900	162.369
13	13	2.922	-4.054	165.257	24	25	2.922	4.054	165.257
13	14	1.791	-4.054	165.257	24	24	1.791	4.054	165.257
14	14	1.791	-5.524	168.910	23	24	1.791	5.524	168.910
14	15	0.250	-5.524	168.910	23	23	0.250	5.524	168.910
15	15	0.250	-5.856	172.922	22	23	0.250	5.856	172.922
15	16	-1.383	-5.856	172.922	22	22	-1.383	5.856	172.922
16	16	-1.383	-4.954	176.495	21	22	-1.383	4.954	176.495
16	17	-2.764	-4.954	176.495	21	21	-2.764	4.954	176.495
17	17	-2.764	-3.332	179.270	20	21	-2.764	3.332	179.270
17	18	-3.694	-3.332	179.270	20	20	-3.694	3.332	179.270
18	18	-3.694	-1.176	180.789	19	20	-3.694	1.176	180.789
18	19	-4.022	-1.176	180.789	19	19	-4.022	1.176	180.789

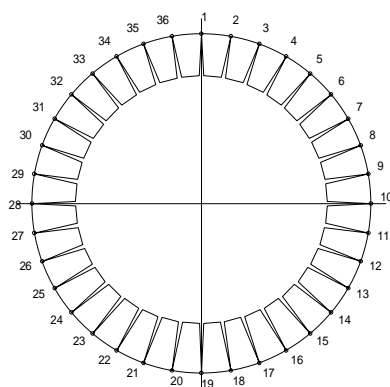
(6)断面力図 (計算ケース2:空水の状態)

(a) 曲げモーメント図



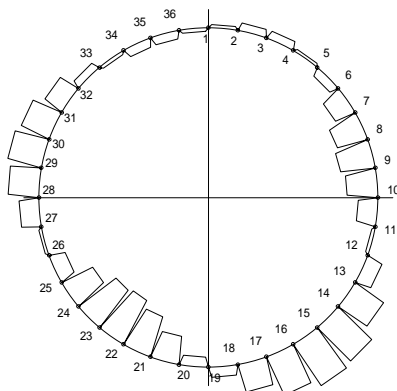
正最大曲げモーメント = 3.451 (kN·m)
負最大曲げモーメント = -4.022 (kN·m)

(b) 軸力図



正最大曲げモーメント位置軸力 = 160.373 (kN)
負最大曲げモーメント位置軸力 = 180.789 (kN)

(c) せん断力図

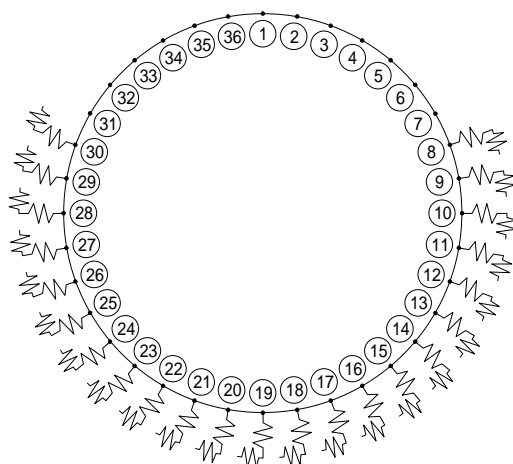


最大せん断力 = -5.856 (kN)

4-3 断面力算定 (計算ケース3: 平常時内水位)

(1) 地盤バネ

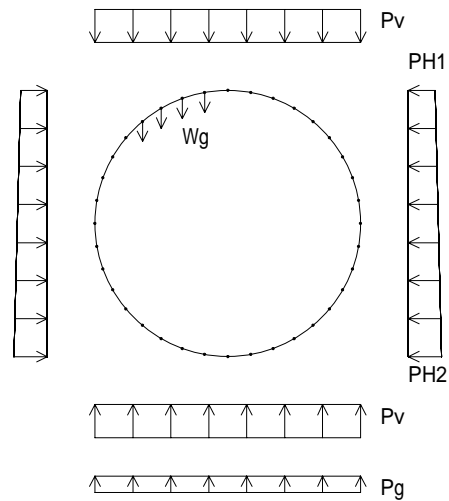
地盤バネは、覆工が地盤内に変位する節点にのみ考慮する。



各節点での地盤バネ(1)

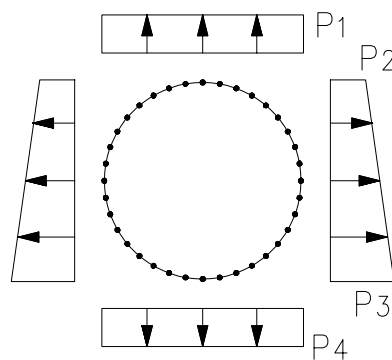
節点番号	節点角度 (°)	法線方向バネ kh(kN/m ³)	接線方向バネ ks(kN/m ³)	要素長 ds(m)	1要素長当り 法線方向バネ ds・kh(kN/m ²)	1要素長当り 接線方向バネ ds・ks(kN/m ²)
1	0.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
2	10.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
3	20.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
4	30.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
5	40.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
6	50.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
7	60.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
8	70.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
9	80.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
10	90.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
11	100.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
12	110.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
13	120.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
14	130.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
15	140.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
16	150.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
17	160.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
18	170.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
19	180.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
20	190.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
21	200.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
22	210.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
23	220.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
24	230.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
25	240.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
26	250.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
27	260.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
28	270.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
29	280.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
30	290.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
31	300.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
32	310.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
33	320.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
34	330.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
35	340.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
36	350.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000

(2) 基本荷重 (計算ケース3: 平常時内水位)



項目		単位	荷重値
鉛直荷重	P_{V1}	kN/m^2	132.163
頂部水平荷重	P_{H1}	kN/m^2	98.725
底部水平荷重	P_{H2}	kN/m^2	143.525
底部地盤反力	P_{V2}	kN/m^2	132.163
セグメントの円周単位当り重量	W_g	kN/m^2	5.081
自重による下部反力荷重	P_g	kN/m^2	15.962
側部地盤反力	q	kN/m^2	0.000

(3) 内水圧 (計算ケース3: 平常時内水位)



項目		単位	荷重値
頂部内水圧	P_1	kN/m^2	-14.308
水平上部内水圧	P_2	kN/m^2	-15.023
水平下部内水圧	P_3	kN/m^2	-46.023
底部内水圧	P_4	kN/m^2	-46.738

(4) 各節点に作用する荷重 (計算ケース3: 平常時内水位)

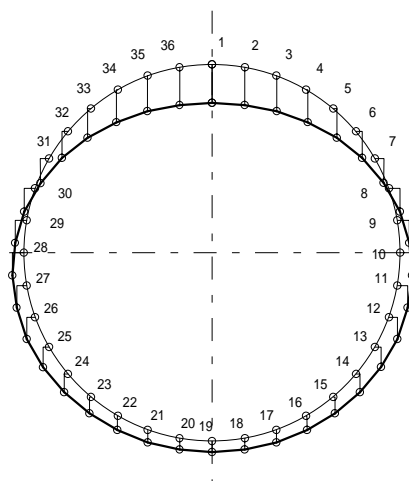
要素長	ds	=	0.279	m				
鉛直荷重	P _{V1}	=	132.163	kN/m ²				
頂部水平荷重	P _{H1}	=	98.725	kN/m ²				
底部水平荷重	P _{H2}	=	143.525	kN/m ²				
底部地盤反力	P _{V2}	=	132.163	kN/m ²				
円周単位m当り自重	Wg	=	5.081	kN/m ²				
自重による下部反力	Pg	=	15.962	kN/m ²				
側方地盤反力	q	=	0.000	kN/m ²				
内水圧	P1 = -14.308 ,	P2 = -15.023 ,	P3 = -46.023 ,	P4 = -46.738				kN/m ²

上記荷重を各節点に作用する荷重成分に分解すると以下表のとおりとなる。

尚、セグメント内側方向を正としていた荷重座標は、ここでX方向は右側を正、Y方向は上側を正に座標変換する。

要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)	要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)
1	1	-1.016	-17.082	19	19	1.183	13.375
1	2	-1.017	-17.082	19	20	1.183	13.375
2	2	-3.015	-16.584	20	20	3.500	12.947
2	3	-3.021	-16.584	20	21	3.494	12.947
3	3	-4.931	-15.604	21	21	5.681	12.104
3	4	-4.946	-15.604	21	22	5.666	12.104
4	4	-6.721	-14.172	22	22	7.649	10.872
4	5	-6.748	-14.172	22	23	7.621	10.872
5	5	-8.339	-12.331	23	23	9.340	9.288
5	6	-8.381	-12.331	23	24	9.298	9.288
6	6	-9.745	-10.136	24	24	10.702	7.400
6	7	-9.801	-10.136	24	25	10.645	7.400
7	7	-10.894	-7.655	25	25	11.697	5.266
7	8	-10.963	-7.655	25	26	11.629	5.266
8	8	-11.749	-4.963	26	26	12.307	2.950
8	9	-11.828	-4.963	26	27	12.229	2.950
9	9	-12.275	-2.142	27	27	12.524	0.523
9	10	-12.358	-2.142	27	28	12.441	0.523
10	10	-12.441	0.523	28	28	12.358	-2.142
10	11	-12.524	0.523	28	29	12.275	-2.142
11	11	-12.229	2.950	29	29	11.828	-4.963
11	12	-12.307	2.950	29	30	11.749	-4.963
12	12	-11.629	5.266	30	30	10.963	-7.655
12	13	-11.697	5.266	30	31	10.894	-7.655
13	13	-10.645	7.400	31	31	9.801	-10.136
13	14	-10.702	7.400	31	32	9.745	-10.136
14	14	-9.298	9.288	32	32	8.381	-12.331
14	15	-9.340	9.288	32	33	8.339	-12.331
15	15	-7.621	10.872	33	33	6.748	-14.172
15	16	-7.649	10.872	33	34	6.721	-14.172
16	16	-5.666	12.104	34	34	4.946	-15.604
16	17	-5.681	12.104	34	35	4.931	-15.604
17	17	-3.494	12.947	35	35	3.021	-16.584
17	18	-3.500	12.947	35	36	3.015	-16.584
18	18	-1.183	13.375	36	36	1.017	-17.082
18	19	-1.183	13.375	36	1	1.016	-17.082

(5) 節点変位 (計算ケース3: 平常時内水位)



変位方向 = 0: セグメント内側に変位
 変位方向 = 1: セグメント外側に変位

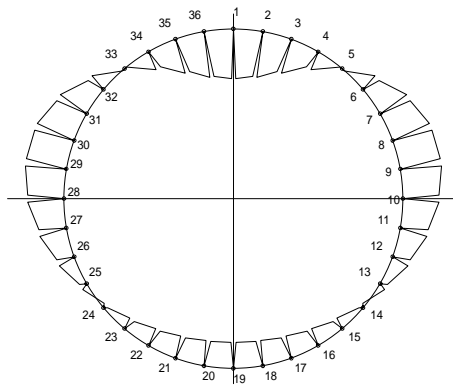
節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向
1	0.000000	-0.001499	0.000000	0					
2	-0.000004	-0.001469	0.000209	0	36	0.000004	-0.001469	-0.000209	0
3	0.000012	-0.001386	0.000386	0	35	-0.000012	-0.001386	-0.000386	0
4	0.000059	-0.001269	0.000505	0	34	-0.000059	-0.001269	-0.000505	0
5	0.000138	-0.001143	0.000548	0	33	-0.000138	-0.001143	-0.000548	0
6	0.000238	-0.001032	0.000511	0	32	-0.000238	-0.001032	-0.000511	0
7	0.000339	-0.000952	0.000401	0	31	-0.000339	-0.000952	-0.000401	0
8	0.000418	-0.000906	0.000242	1	30	-0.000418	-0.000906	-0.000242	1
9	0.000457	-0.000887	0.000063	1	29	-0.000457	-0.000887	-0.000063	1
10	0.000450	-0.000879	-0.000106	1	28	-0.000450	-0.000879	0.000106	1
11	0.000401	-0.000867	-0.000246	1	27	-0.000401	-0.000867	0.000246	1
12	0.000322	-0.000838	-0.000344	1	26	-0.000322	-0.000838	0.000344	1
13	0.000231	-0.000787	-0.000396	1	25	-0.000231	-0.000787	0.000396	1
14	0.000143	-0.000716	-0.000403	1	24	-0.000143	-0.000716	0.000403	1
15	0.000072	-0.000634	-0.000371	1	23	-0.000072	-0.000634	0.000371	1
16	0.000023	-0.000552	-0.000306	1	22	-0.000023	-0.000552	0.000306	1
17	-0.000001	-0.000482	-0.000217	1	21	0.000001	-0.000482	0.000217	1
18	-0.000006	-0.000435	-0.000112	1	20	0.000006	-0.000435	0.000112	1
19	0.000000	-0.000419	0.000000	1					

(6) 断面力 (計算ケース3: 平常時内水位)

要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	13.716	-3.735	153.297	36	1	13.716	3.735	153.297
1	2	12.674	-3.735	153.297	36	36	12.674	3.735	153.297
2	2	12.674	-10.621	156.435	35	36	12.674	10.621	156.435
2	3	9.712	-10.621	156.435	35	35	9.712	10.621	156.435
3	3	9.712	-15.828	162.300	34	35	9.712	15.828	162.300
3	4	5.298	-15.828	162.300	34	34	5.298	15.828	162.300
4	4	5.298	-18.488	170.105	33	34	5.298	18.488	170.105
4	5	0.141	-18.488	170.105	33	33	0.141	18.488	170.105
5	5	0.141	-18.078	178.803	32	33	0.141	18.078	178.803
5	6	-4.900	-18.078	178.803	32	32	-4.900	18.078	178.803
6	6	-4.900	-14.488	187.232	31	32	-4.900	14.488	187.232
6	7	-8.941	-14.488	187.232	31	31	-8.941	14.488	187.232
7	7	-8.941	-8.031	194.282	30	31	-8.941	8.031	194.282
7	8	-11.181	-8.031	194.282	30	30	-11.181	8.031	194.282
8	8	-11.181	-0.657	195.611	29	30	-11.181	0.657	195.611
8	9	-11.364	-0.657	195.611	29	29	-11.364	0.657	195.611
9	9	-11.364	4.916	194.672	28	29	-11.364	-4.916	194.672
9	10	-9.993	4.916	194.672	28	28	-9.993	-4.916	194.672
10	10	-9.993	8.522	191.995	27	28	-9.993	-8.522	191.995
10	11	-7.616	8.522	191.995	27	27	-7.616	-8.522	191.995
11	11	-7.616	10.271	188.444	26	27	-7.616	-10.271	188.444
11	12	-4.752	10.271	188.444	26	26	-4.752	-10.271	188.444
12	12	-4.752	10.532	184.685	25	26	-4.752	-10.532	184.685
12	13	-1.815	10.532	184.685	25	25	-1.815	-10.532	184.685
13	13	-1.815	9.720	181.105	24	25	-1.815	-9.720	181.105
13	14	0.896	9.720	181.105	24	24	0.896	-9.720	181.105
14	14	0.896	8.233	177.984	23	24	0.896	-8.233	177.984
14	15	3.192	8.233	177.984	23	23	3.192	-8.233	177.984
15	15	3.192	6.410	175.485	22	23	3.192	-6.410	175.485
15	16	4.980	6.410	175.485	22	22	4.980	-6.410	175.485
16	16	4.980	4.499	173.664	21	22	4.980	-4.499	173.664
16	17	6.235	4.499	173.664	21	21	6.235	-4.499	173.664
17	17	6.235	2.640	172.504	20	21	6.235	-2.640	172.504
17	18	6.971	2.640	172.504	20	20	6.971	-2.640	172.504
18	18	6.971	0.867	171.949	19	20	6.971	-0.867	171.949
18	19	7.212	0.867	171.949	19	19	7.212	-0.867	171.949

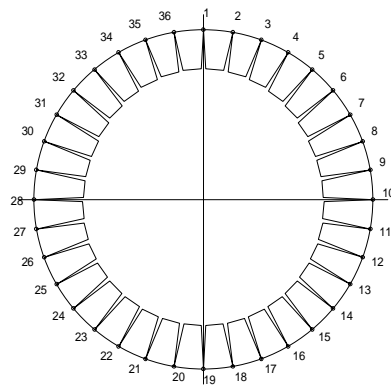
(7)断面力図 (計算ケース3:平常時内水位)

(a) 曲げモーメント図



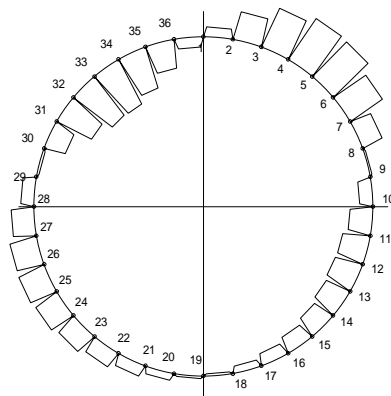
正最大曲げモーメント = 13.716 (kN·m)
 負最大曲げモーメント = -11.364 (kN·m)

(b) 軸力図



正最大曲げモーメント位置軸力 = 153.297 (kN)
 負最大曲げモーメント位置軸力 = 194.672 (kN)

(c) せん断力図

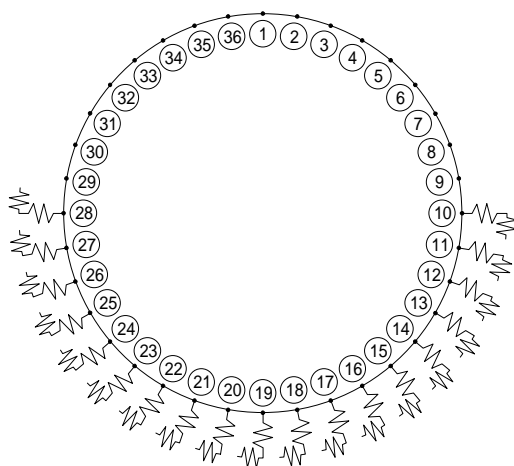


最大せん断力 = -18.488 (kN)

4-4 断面力算定 (計算ケース4: 平常時内水位)

(1) 地盤バネ

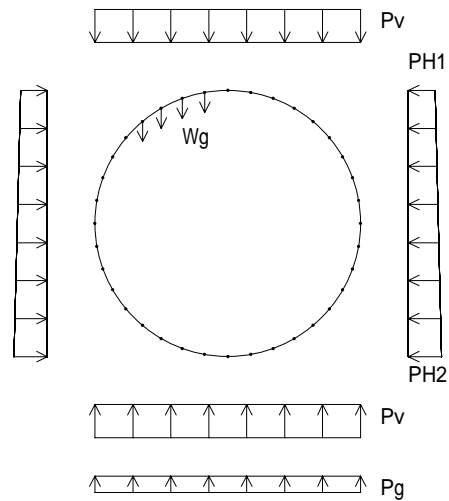
地盤バネは、覆工が地盤内に変位する節点にのみ考慮する。



各節点での地盤バネ(1)

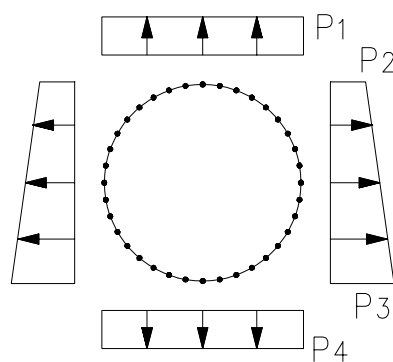
節点番号	節点角度 (°)	法線方向バネ kh(kN/m ³)	接線方向バネ ks(kN/m ³)	要素長 ds(m)	1要素長当り 法線方向バネ ds・kh(kN/m ²)	1要素長当り 接線方向バネ ds・ks(kN/m ²)
1	0.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
2	10.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
3	20.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
4	30.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
5	40.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
6	50.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
7	60.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
8	70.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
9	80.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
10	90.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
11	100.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
12	110.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
13	120.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
14	130.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
15	140.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
16	150.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
17	160.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
18	170.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
19	180.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
20	190.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
21	200.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
22	210.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
23	220.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
24	230.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
25	240.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
26	250.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
27	260.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
28	270.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
29	280.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
30	290.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
31	300.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
32	310.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
33	320.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
34	330.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
35	340.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
36	350.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000

(2) 基本荷重 (計算ケース4: 平常時内水位)



項目		単位	荷重値
鉛直荷重	P_{V1}	kN/m^2	90.050
頂部水平荷重	P_{H1}	kN/m^2	81.880
底部水平荷重	P_{H2}	kN/m^2	126.680
底部地盤反力	P_{V2}	kN/m^2	90.050
セグメントの円周単位当り重量	W_g	kN/m^2	5.081
自重による下部反力荷重	P_g	kN/m^2	15.962
側部地盤反力	q	kN/m^2	0.000

(3) 内水圧 (計算ケース4: 平常時内水位)



項目		単位	荷重値
頂部内水圧	P_1	kN/m^2	0.000
水平上部内水圧	P_2	kN/m^2	-0.715
水平下部内水圧	P_3	kN/m^2	-31.715
底部内水圧	P_4	kN/m^2	-32.431

(4) 各節点に作用する荷重 (計算ケース4: 平常時内水位)

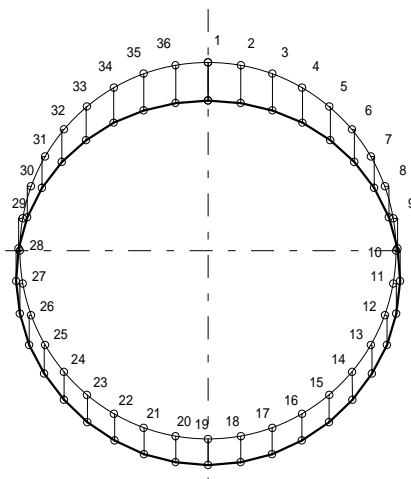
要素長	ds	=	0.279	m				
鉛直荷重	P _{V1}	=	90.050	kN/m ²				
頂部水平荷重	P _{H1}	=	81.880	kN/m ²				
底部水平荷重	P _{H2}	=	126.680	kN/m ²				
底部地盤反力	P _{V2}	=	90.050	kN/m ²				
円周単位m当り自重	Wg	=	5.081	kN/m ²				
自重による下部反力	Pg	=	15.962	kN/m ²				
側方地盤反力	q	=	0.000	kN/m ²				
内水圧	P1 = 0.000 ,		P2 = -0.715 ,		P3 = -31.715 ,		P4 = -32.431	kN/m ²

上記荷重を各節点に作用する荷重成分に分解すると以下表のとおりとなる。

尚、セグメント内側方向を正としていた荷重座標は、ここでX方向は右側を正、Y方向は上側を正に座標変換する。

要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)	要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)
1	1	-0.985	-13.219	19	19	1.152	9.512
1	2	-0.986	-13.219	19	20	1.152	9.512
2	2	-2.923	-12.839	20	20	3.408	9.202
2	3	-2.929	-12.839	20	21	3.403	9.202
3	3	-4.782	-12.090	21	21	5.531	8.590
3	4	-4.797	-12.090	21	22	5.516	8.590
4	4	-6.518	-10.996	22	22	7.446	7.696
4	5	-6.545	-10.996	22	23	7.418	7.696
5	5	-8.089	-9.589	23	23	9.090	6.546
5	6	-8.131	-9.589	23	24	9.048	6.546
6	6	-9.455	-7.912	24	24	10.412	5.176
6	7	-9.511	-7.912	24	25	10.355	5.176
7	7	-10.574	-6.016	25	25	11.377	3.627
7	8	-10.643	-6.016	25	26	11.308	3.627
8	8	-11.408	-3.960	26	26	11.965	1.946
8	9	-11.486	-3.960	26	27	11.887	1.946
9	9	-11.922	-1.804	27	27	12.172	0.185
9	10	-12.005	-1.804	27	28	12.089	0.185
10	10	-12.089	0.185	28	28	12.005	-1.804
10	11	-12.172	0.185	28	29	11.922	-1.804
11	11	-11.887	1.946	29	29	11.486	-3.960
11	12	-11.965	1.946	29	30	11.408	-3.960
12	12	-11.308	3.627	30	30	10.643	-6.016
12	13	-11.377	3.627	30	31	10.574	-6.016
13	13	-10.355	5.176	31	31	9.511	-7.912
13	14	-10.412	5.176	31	32	9.455	-7.912
14	14	-9.048	6.546	32	32	8.131	-9.589
14	15	-9.090	6.546	32	33	8.089	-9.589
15	15	-7.418	7.696	33	33	6.545	-10.996
15	16	-7.446	7.696	33	34	6.518	-10.996
16	16	-5.516	8.590	34	34	4.797	-12.090
16	17	-5.531	8.590	34	35	4.782	-12.090
17	17	-3.403	9.202	35	35	2.929	-12.839
17	18	-3.408	9.202	35	36	2.923	-12.839
18	18	-1.152	9.512	36	36	0.986	-13.219
18	19	-1.152	9.512	36	1	0.985	-13.219

(5) 節点変位 (計算ケース4: 平常時内水位)



変位方向 = 0: セグメント内側に変位
 変位方向 = 1: セグメント外側に変位

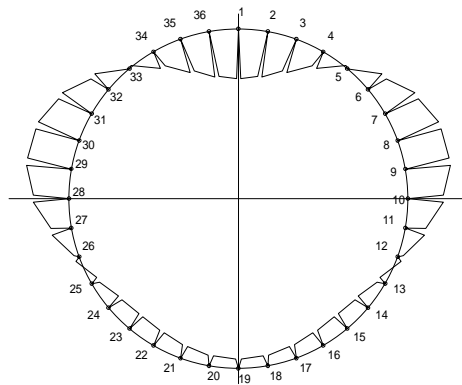
節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向
1	0.000000	-0.001020	0.000000	0					
2	-0.000005	-0.001010	0.000065	0	36	0.000005	-0.001010	-0.000065	0
3	-0.000004	-0.000984	0.000119	0	35	0.000004	-0.000984	-0.000119	0
4	0.000007	-0.000946	0.000155	0	34	-0.000007	-0.000946	-0.000155	0
5	0.000028	-0.000905	0.000166	0	33	-0.000028	-0.000905	-0.000166	0
6	0.000055	-0.000869	0.000151	0	32	-0.000055	-0.000869	-0.000151	0
7	0.000082	-0.000843	0.000113	0	31	-0.000082	-0.000843	-0.000113	0
8	0.000101	-0.000827	0.000058	0	30	-0.000101	-0.000827	-0.000058	0
9	0.000107	-0.000818	-0.000003	0	29	-0.000107	-0.000818	0.000003	0
10	0.000098	-0.000813	-0.000058	1	28	-0.000098	-0.000813	0.000058	1
11	0.000076	-0.000804	-0.000096	1	27	-0.000076	-0.000804	0.000096	1
12	0.000049	-0.000790	-0.000113	1	26	-0.000049	-0.000790	0.000113	1
13	0.000024	-0.000771	-0.000111	1	25	-0.000024	-0.000771	0.000111	1
14	0.000004	-0.000749	-0.000095	1	24	-0.000004	-0.000749	0.000095	1
15	-0.000008	-0.000728	-0.000073	1	23	0.000008	-0.000728	0.000073	1
16	-0.000013	-0.000710	-0.000050	1	22	0.000013	-0.000710	0.000050	1
17	-0.000012	-0.000698	-0.000030	1	21	0.000012	-0.000698	0.000030	1
18	-0.000007	-0.000690	-0.000014	1	20	0.000007	-0.000690	0.000014	1
19	0.000000	-0.000688	0.000000	1					

(6) 断面力 (計算ケース4: 平常時内水位)

要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	4.255	-1.211	137.827	36	1	4.255	1.211	137.827
1	2	3.918	-1.211	137.827	36	36	3.918	1.211	137.827
2	2	3.918	-3.441	138.911	35	36	3.918	3.441	138.911
2	3	2.958	-3.441	138.911	35	35	2.958	3.441	138.911
3	3	2.958	-5.120	140.946	34	35	2.958	5.120	140.946
3	4	1.530	-5.120	140.946	34	34	1.530	5.120	140.946
4	4	1.530	-5.968	143.667	33	34	1.530	5.968	143.667
4	5	-0.134	-5.968	143.667	33	33	-0.134	5.968	143.667
5	5	-0.134	-5.833	146.728	32	33	-0.134	5.833	146.728
5	6	-1.761	-5.833	146.728	32	32	-1.761	5.833	146.728
6	6	-1.761	-4.709	149.761	31	32	-1.761	4.709	149.761
6	7	-3.075	-4.709	149.761	31	31	-3.075	4.709	149.761
7	7	-3.075	-2.722	152.439	30	31	-3.075	2.722	152.439
7	8	-3.834	-2.722	152.439	30	30	-3.834	2.722	152.439
8	8	-3.834	-0.090	154.525	29	30	-3.834	0.090	154.525
8	9	-3.859	-0.090	154.525	29	29	-3.859	0.090	154.525
9	9	-3.859	2.923	155.894	28	29	-3.859	-2.923	155.894
9	10	-3.044	2.923	155.894	28	28	-3.044	-2.923	155.894
10	10	-3.044	4.690	153.963	27	28	-3.044	-4.690	153.963
10	11	-1.736	4.690	153.963	27	27	-1.736	-4.690	153.963
11	11	-1.736	4.796	152.451	26	27	-1.736	-4.796	152.451
11	12	-0.398	4.796	152.451	26	26	-0.398	-4.796	152.451
12	12	-0.398	3.798	151.851	25	26	-0.398	-3.798	151.851
12	13	0.661	3.798	151.851	25	25	0.661	-3.798	151.851
13	13	0.661	2.278	152.241	24	25	0.661	-2.278	152.241
13	14	1.296	2.278	152.241	24	24	1.296	-2.278	152.241
14	14	1.296	0.756	153.484	23	24	1.296	-0.756	153.484
14	15	1.507	0.756	153.484	23	23	1.507	-0.756	153.484
15	15	1.507	-0.384	155.269	22	23	1.507	0.384	155.269
15	16	1.400	-0.384	155.269	22	22	1.400	0.384	155.269
16	16	1.400	-0.929	157.175	21	22	1.400	0.929	157.175
16	17	1.141	-0.929	157.175	21	21	1.141	0.929	157.175
17	17	1.141	-0.863	158.763	20	21	1.141	0.863	158.763
17	18	0.900	-0.863	158.763	20	20	0.900	0.863	158.763
18	18	0.900	-0.344	159.665	19	20	0.900	0.344	159.665
18	19	0.804	-0.344	159.665	19	19	0.804	0.344	159.665

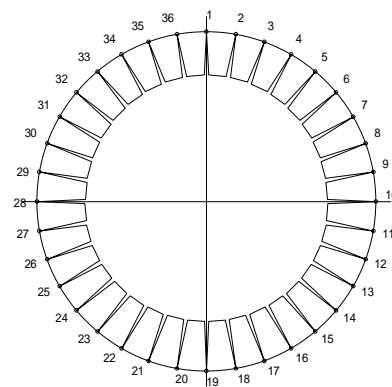
(7)断面力図 (計算ケース4:平常時内水位)

(a) 曲げモーメント図



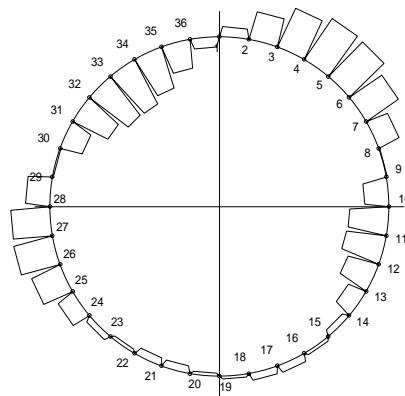
正最大曲げモーメント = 4.255 (kN·m)
 負最大曲げモーメント = -3.859 (kN·m)

(b) 軸力図



正最大曲げモーメント位置軸力 = 137.827 (kN)
 負最大曲げモーメント位置軸力 = 154.525 (kN)

(c) せん断力図

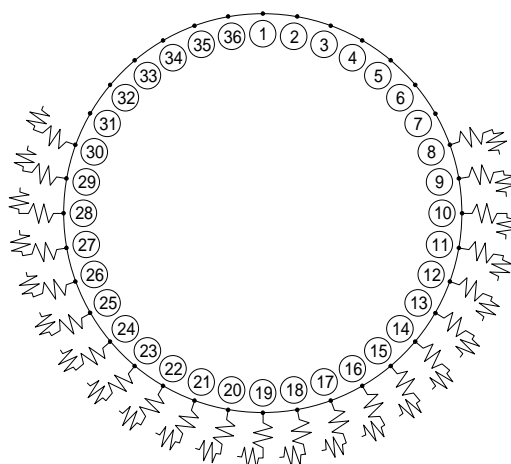


最大せん断力 = -5.968 (kN)

4-5 断面力算定 (計算ケース5:異常時内水位)

(1) 地盤バネ

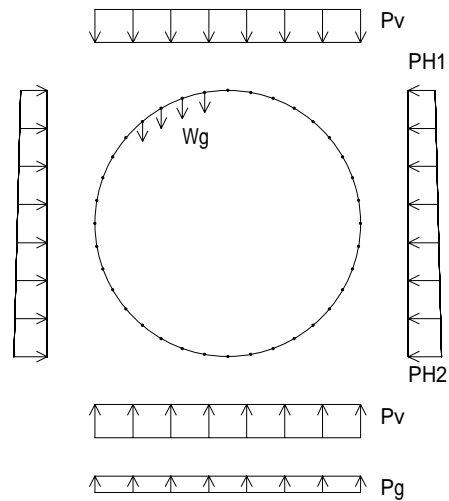
地盤バネは、覆工が地盤内に変位する節点にのみ考慮する。



各節点での地盤バネ(1)

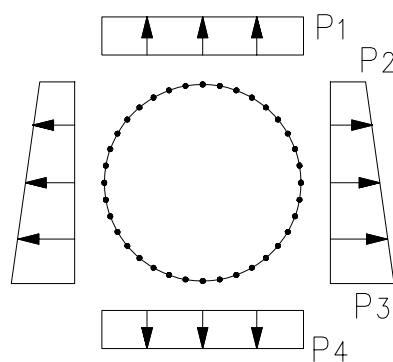
節点番号	節点角度 (°)	法線方向バネ kh(kN/m ²)	接線方向バネ ks(kN/m ²)	要素長 ds(m)	1要素長当り 法線方向バネ ds・kh(kN/m ²)	1要素長当り 接線方向バネ ds・ks(kN/m ²)
1	0.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
2	10.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
3	20.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
4	30.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
5	40.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
6	50.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
7	60.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
8	70.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
9	80.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
10	90.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
11	100.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
12	110.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
13	120.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
14	130.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
15	140.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
16	150.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
17	160.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
18	170.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
19	180.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
20	190.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
21	200.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
22	210.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
23	220.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
24	230.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
25	240.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
26	250.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
27	260.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
28	270.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
29	280.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
30	290.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
31	300.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
32	310.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
33	320.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
34	330.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
35	340.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
36	350.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000

(2) 基本荷重 (計算ケース5:異常時内水位)



項目		単位	荷重値
鉛直荷重	P_{V1}	kN/m^2	132.163
頂部水平荷重	P_{H1}	kN/m^2	98.725
底部水平荷重	P_{H2}	kN/m^2	143.525
底部地盤反力	P_{V2}	kN/m^2	132.163
セグメントの円周単位当り重量	W_g	kN/m^2	5.081
自重による下部反力荷重	P_g	kN/m^2	15.962
側部地盤反力	q	kN/m^2	0.000

(3) 内水圧 (計算ケース5:異常時内水位)



項目		単位	荷重値
頂部内水圧	P_1	kN/m^2	-77.262
水平上部内水圧	P_2	kN/m^2	-77.977
水平下部内水圧	P_3	kN/m^2	-108.977
底部内水圧	P_4	kN/m^2	-109.692

(4) 各節点に作用する荷重 (計算ケース5:異常時内水位)

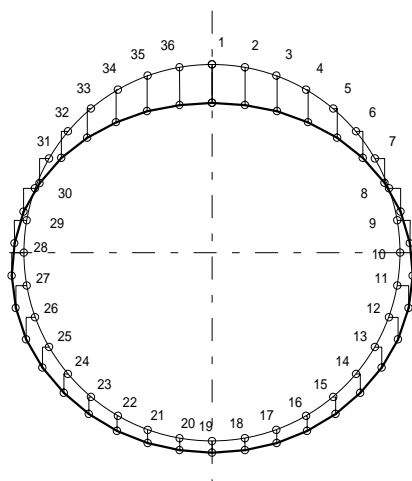
要素長	ds	=	0.279	m				
鉛直荷重	P _{V1}	=	132.163	kN/m ²				
頂部水平荷重	P _{H1}	=	98.725	kN/m ²				
底部水平荷重	P _{H2}	=	143.525	kN/m ²				
底部地盤反力	P _{V2}	=	132.163	kN/m ²				
円周単位m当り自重	Wg	=	5.081	kN/m ²				
自重による下部反力	Pg	=	15.962	kN/m ²				
側方地盤反力	q	=	0.000	kN/m ²				
内水圧	P1 = -77.262 ,	P2 = -77.977 ,	P3 = -108.977 ,	P4 = -109.692	kN/m ²			

上記荷重を各節点に作用する荷重成分に分解すると以下表のとおりとなる。

尚、セグメント内側方向を正としていた荷重座標は、ここでX方向は右側を正、Y方向は上側を正に座標変換する。

要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)	要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)
1	1	-0.251	-8.336	19	19	0.418	4.630
1	2	-0.252	-8.336	19	20	0.418	4.630
2	2	-0.743	-8.104	20	20	1.228	4.467
2	3	-0.748	-8.104	20	21	1.222	4.467
3	3	-1.221	-7.648	21	21	1.970	4.148
3	4	-1.236	-7.648	21	22	1.955	4.148
4	4	-1.685	-6.981	22	22	2.614	3.681
4	5	-1.713	-6.981	22	23	2.586	3.681
5	5	-2.132	-6.123	23	23	3.132	3.080
5	6	-2.174	-6.123	23	24	3.090	3.080
6	6	-2.553	-5.101	24	24	3.510	2.365
6	7	-2.610	-5.101	24	25	3.454	2.365
7	7	-2.938	-3.945	25	25	3.741	1.556
7	8	-3.007	-3.945	25	26	3.672	1.556
8	8	-3.270	-2.691	26	26	3.827	0.678
8	9	-3.348	-2.691	26	27	3.749	0.678
9	9	-3.529	-1.377	27	27	3.779	-0.242
9	10	-3.612	-1.377	27	28	3.695	-0.242
10	10	-3.695	-0.242	28	28	3.612	-1.377
10	11	-3.779	-0.242	28	29	3.529	-1.377
11	11	-3.749	0.678	29	29	3.348	-2.691
11	12	-3.827	0.678	29	30	3.270	-2.691
12	12	-3.672	1.556	30	30	3.007	-3.945
12	13	-3.741	1.556	30	31	2.938	-3.945
13	13	-3.454	2.365	31	31	2.610	-5.101
13	14	-3.510	2.365	31	32	2.553	-5.101
14	14	-3.090	3.080	32	32	2.174	-6.123
14	15	-3.132	3.080	32	33	2.132	-6.123
15	15	-2.586	3.681	33	33	1.713	-6.981
15	16	-2.614	3.681	33	34	1.685	-6.981
16	16	-1.955	4.148	34	34	1.236	-7.648
16	17	-1.970	4.148	34	35	1.221	-7.648
17	17	-1.222	4.467	35	35	0.748	-8.104
17	18	-1.228	4.467	35	36	0.743	-8.104
18	18	-0.418	4.630	36	36	0.252	-8.336
18	19	-0.418	4.630	36	1	0.251	-8.336

(5) 節点変位 (計算ケース5:異常時内水位)



変位方向 = 0: セグメント内側に変位
 変位方向 = 1: セグメント外側に変位

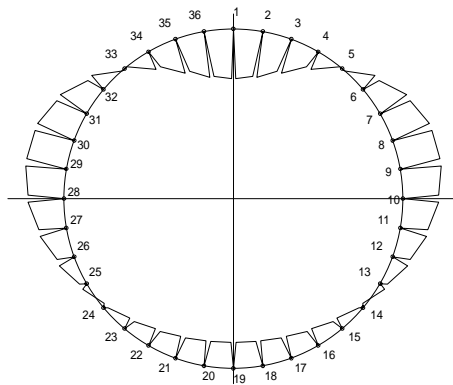
節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向
1	0.000000	-0.001442	0.000000	0					
2	0.000000	-0.001413	0.000206	0	36	0.000000	-0.001413	-0.000206	0
3	0.000019	-0.001332	0.000380	0	35	-0.000019	-0.001332	-0.000380	0
4	0.000069	-0.001219	0.000497	0	34	-0.000069	-0.001219	-0.000497	0
5	0.000151	-0.001097	0.000539	0	33	-0.000151	-0.001097	-0.000539	0
6	0.000252	-0.000991	0.000501	0	32	-0.000252	-0.000991	-0.000501	0
7	0.000354	-0.000916	0.000392	0	31	-0.000354	-0.000916	-0.000392	0
8	0.000432	-0.000875	0.000235	1	30	-0.000432	-0.000875	-0.000235	1
9	0.000471	-0.000860	0.000060	1	29	-0.000471	-0.000860	-0.000060	1
10	0.000464	-0.000857	-0.000105	1	28	-0.000464	-0.000857	0.000105	1
11	0.000415	-0.000849	-0.000241	1	27	-0.000415	-0.000849	0.000241	1
12	0.000337	-0.000824	-0.000337	1	26	-0.000337	-0.000824	0.000337	1
13	0.000246	-0.000777	-0.000388	1	25	-0.000246	-0.000777	0.000388	1
14	0.000158	-0.000711	-0.000394	1	24	-0.000158	-0.000711	0.000394	1
15	0.000085	-0.000634	-0.000363	1	23	-0.000085	-0.000634	0.000363	1
16	0.000034	-0.000556	-0.000299	1	22	-0.000034	-0.000556	0.000299	1
17	0.000007	-0.000490	-0.000212	1	21	-0.000007	-0.000490	0.000212	1
18	-0.000002	-0.000445	-0.000110	1	20	0.000002	-0.000445	0.000110	1
19	0.000000	-0.000429	0.000000	1					

(6) 断面力 (計算ケース5:異常時内水位)

要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	13.511	-3.700	53.351	36	1	13.511	3.700	53.351
1	2	12.479	-3.700	53.351	36	36	12.479	3.700	53.351
2	2	12.479	-10.518	56.477	35	36	12.479	10.518	56.477
2	3	9.546	-10.518	56.477	35	35	9.546	10.518	56.477
3	3	9.546	-15.660	62.318	34	35	9.546	15.660	62.318
3	4	5.178	-15.660	62.318	34	34	5.178	15.660	62.318
4	4	5.178	-18.259	70.088	33	34	5.178	18.259	70.088
4	5	0.086	-18.259	70.088	33	33	0.086	18.259	70.088
5	5	0.086	-17.796	78.741	32	33	0.086	17.796	78.741
5	6	-4.877	-17.796	78.741	32	32	-4.877	17.796	78.741
6	6	-4.877	-14.162	87.118	31	32	-4.877	14.162	87.118
6	7	-8.827	-14.162	87.118	31	31	-8.827	14.162	87.118
7	7	-8.827	-7.670	94.107	30	31	-8.827	7.670	94.107
7	8	-10.966	-7.670	94.107	30	30	-10.966	7.670	94.107
8	8	-10.966	-0.546	95.482	29	30	-10.966	0.546	95.482
8	9	-11.118	-0.546	95.482	29	29	-11.118	0.546	95.482
9	9	-11.118	4.854	94.625	28	29	-11.118	-4.854	94.625
9	10	-9.765	4.854	94.625	28	28	-9.765	-4.854	94.625
10	10	-9.765	8.353	92.048	27	28	-9.765	-8.353	92.048
10	11	-7.435	8.353	92.048	27	27	-7.435	-8.353	92.048
11	11	-7.435	10.048	88.605	26	27	-7.435	-10.048	88.605
11	12	-4.633	10.048	88.605	26	26	-4.633	-10.048	88.605
12	12	-4.633	10.295	84.951	25	26	-4.633	-10.295	84.951
12	13	-1.761	10.295	84.951	25	25	-1.761	-10.295	84.951
13	13	-1.761	9.497	81.466	24	25	-1.761	-9.497	81.466
13	14	0.888	9.497	81.466	24	24	0.888	-9.497	81.466
14	14	0.888	8.041	78.427	23	24	0.888	-8.041	78.427
14	15	3.130	8.041	78.427	23	23	3.130	-8.041	78.427
15	15	3.130	6.257	75.994	22	23	3.130	-6.257	75.994
15	16	4.875	6.257	75.994	22	22	4.875	-6.257	75.994
16	16	4.875	4.389	74.223	21	22	4.875	-4.389	74.223
16	17	6.099	4.389	74.223	21	21	6.099	-4.389	74.223
17	17	6.099	2.574	73.095	20	21	6.099	-2.574	73.095
17	18	6.817	2.574	73.095	20	20	6.817	-2.574	73.095
18	18	6.817	0.845	72.556	19	20	6.817	-0.845	72.556
18	19	7.053	0.845	72.556	19	19	7.053	-0.845	72.556

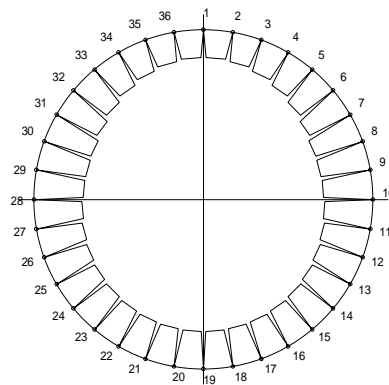
(7)断面力図 (計算ケース5:異常時内水位)

(a) 曲げモーメント図



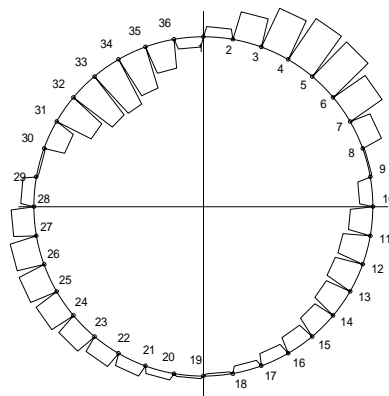
正最大曲げモーメント = 13.511 (kN·m)
 負最大曲げモーメント = -11.118 (kN·m)

(b) 軸力図



正最大曲げモーメント位置軸力 = 53.351 (kN)
 負最大曲げモーメント位置軸力 = 94.625 (kN)

(c) せん断力図

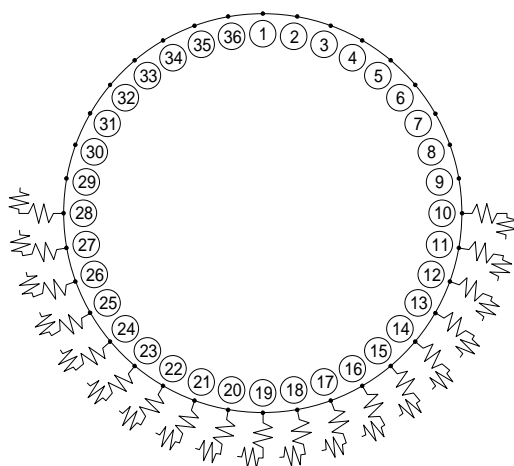


最大せん断力 = -18.259 (kN)

4-6 断面力算定 (計算ケース6: 異常時内水位)

(1) 地盤バネ

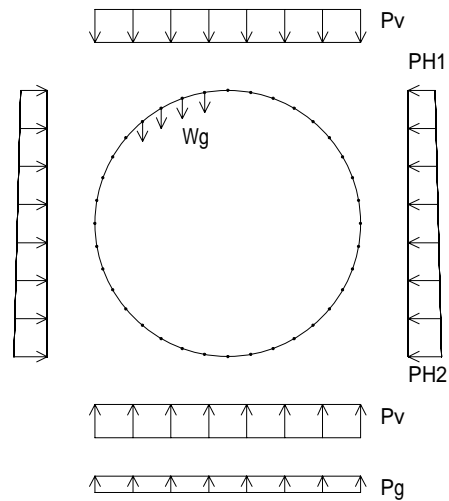
地盤バネは、覆工が地盤内に変位する節点にのみ考慮する。



各節点での地盤バネ(1)

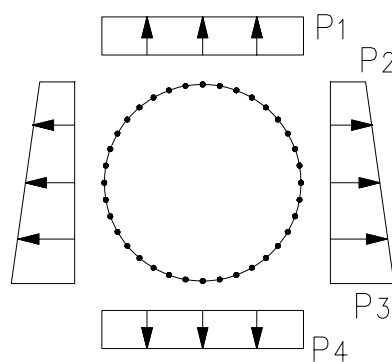
節点番号	節点角度 (°)	法線方向バネ kh(kN/m ³)	接線方向バネ ks(kN/m ³)	要素長 ds(m)	1要素長当り 法線方向バネ ds・kh(kN/m ²)	1要素長当り 接線方向バネ ds・ks(kN/m ²)
1	0.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
2	10.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
3	20.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
4	30.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
5	40.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
6	50.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
7	60.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
8	70.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
9	80.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
10	90.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
11	100.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
12	110.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
13	120.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
14	130.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
15	140.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
16	150.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
17	160.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
18	170.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
19	180.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
20	190.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
21	200.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
22	210.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
23	220.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
24	230.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
25	240.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
26	250.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
27	260.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
28	270.0	42288.467	12686.540	0.279	11809.168	3542.750
29	280.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
30	290.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
31	300.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
32	310.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
33	320.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
34	330.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
35	340.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000
36	350.0	0.000	0.000	0.279	0.000	0.000

(2) 基本荷重 (計算ケース6:異常時内水位)



項目		単位	荷重値
鉛直荷重	P_{V1}	kN/m^2	90.050
頂部水平荷重	P_{H1}	kN/m^2	81.880
底部水平荷重	P_{H2}	kN/m^2	126.680
底部地盤反力	P_{V2}	kN/m^2	90.050
セグメントの円周単位当り重量	W_g	kN/m^2	5.081
自重による下部反力荷重	P_g	kN/m^2	15.962
側部地盤反力	q	kN/m^2	0.000

(3) 内水圧 (計算ケース6:異常時内水位)



項目		単位	荷重値
頂部内水圧	P_1	kN/m^2	-81.077
水平上部内水圧	P_2	kN/m^2	-81.792
水平下部内水圧	P_3	kN/m^2	-112.792
底部内水圧	P_4	kN/m^2	-113.508

(4) 各節点に作用する荷重 (計算ケース6:異常時内水位)

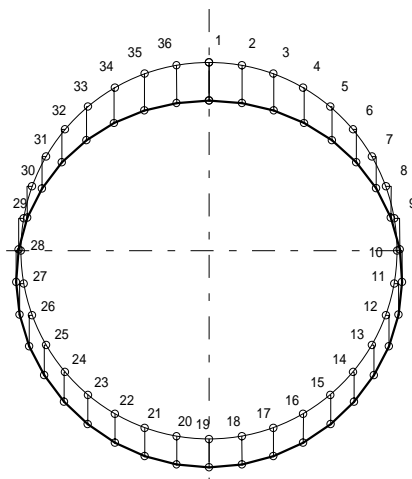
要素長	ds	=	0.279	m
鉛直荷重	P _{V1}	=	90.050	kN/m ²
頂部水平荷重	P _{H1}	=	81.880	kN/m ²
底部水平荷重	P _{H2}	=	126.680	kN/m ²
底部地盤反力	P _{V2}	=	90.050	kN/m ²
円周単位m当り自重	Wg	=	5.081	kN/m ²
自重による下部反力	Pg	=	15.962	kN/m ²
側方地盤反力	q	=	0.000	kN/m ²
内水圧	P1 = -81.077 ,	P2 = -81.792 ,	P3 = -112.792 ,	P4 = -113.508 kN/m ²

上記荷重を各節点に作用する荷重成分に分解すると以下表のとおりとなる。

尚、セグメント内側方向を正としていた荷重座標は、ここでX方向は右側を正、Y方向は上側を正に座標変換する。

要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)	要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)
1	1	0.000	-1.956	19	19	0.167	-1.751
1	2	-0.001	-1.956	19	20	0.166	-1.751
2	2	0.003	-1.918	20	20	0.482	-1.719
2	3	-0.003	-1.918	20	21	0.476	-1.719
3	3	-0.004	-1.843	21	21	0.753	-1.657
3	4	-0.019	-1.843	21	22	0.738	-1.657
4	4	-0.033	-1.734	22	22	0.961	-1.566
4	5	-0.060	-1.734	22	23	0.934	-1.566
5	5	-0.095	-1.594	23	23	1.095	-1.449
5	6	-0.137	-1.594	23	24	1.053	-1.449
6	6	-0.193	-1.427	24	24	1.150	-1.309
6	7	-0.250	-1.427	24	25	1.094	-1.309
7	7	-0.327	-1.238	25	25	1.130	-1.151
7	8	-0.396	-1.238	25	26	1.061	-1.151
8	8	-0.487	-1.033	26	26	1.044	-0.980
8	9	-0.565	-1.033	26	27	0.966	-0.980
9	9	-0.659	-0.818	27	27	0.909	-0.801
9	10	-0.742	-0.818	27	28	0.825	-0.801
10	10	-0.825	-0.801	28	28	0.742	-0.818
10	11	-0.909	-0.801	28	29	0.659	-0.818
11	11	-0.966	-0.980	29	29	0.565	-1.033
11	12	-1.044	-0.980	29	30	0.487	-1.033
12	12	-1.061	-1.151	30	30	0.396	-1.238
12	13	-1.130	-1.151	30	31	0.327	-1.238
13	13	-1.094	-1.309	31	31	0.250	-1.427
13	14	-1.150	-1.309	31	32	0.193	-1.427
14	14	-1.053	-1.449	32	32	0.137	-1.594
14	15	-1.095	-1.449	32	33	0.095	-1.594
15	15	-0.934	-1.566	33	33	0.060	-1.734
15	16	-0.961	-1.566	33	34	0.033	-1.734
16	16	-0.738	-1.657	34	34	0.019	-1.843
16	17	-0.753	-1.657	34	35	0.004	-1.843
17	17	-0.476	-1.719	35	35	0.003	-1.918
17	18	-0.482	-1.719	35	36	-0.003	-1.918
18	18	-0.166	-1.751	36	36	0.001	-1.956
18	19	-0.167	-1.751	36	1	0.000	-1.956

(5) 節点変位 (計算ケース6:異常時内水位)



変位方向 = 0: セグメント内側に変位
 変位方向 = 1: セグメント外側に変位

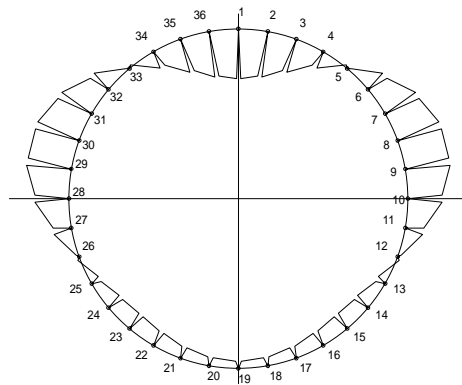
節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向
1	0.000000	-0.000946	0.000000	0					
2	0.000000	-0.000938	0.000062	0	36	0.000000	-0.000938	-0.000062	0
3	0.000006	-0.000913	0.000115	0	35	-0.000006	-0.000913	-0.000115	0
4	0.000022	-0.000879	0.000149	0	34	-0.000022	-0.000879	-0.000149	0
5	0.000046	-0.000843	0.000158	0	33	-0.000046	-0.000843	-0.000158	0
6	0.000076	-0.000813	0.000143	0	32	-0.000076	-0.000813	-0.000143	0
7	0.000104	-0.000792	0.000105	0	31	-0.000104	-0.000792	-0.000105	0
8	0.000123	-0.000782	0.000051	0	30	-0.000123	-0.000782	-0.000051	0
9	0.000129	-0.000779	-0.000008	0	29	-0.000129	-0.000779	0.000008	0
10	0.000119	-0.000779	-0.000059	1	28	-0.000119	-0.000779	0.000059	1
11	0.000098	-0.000776	-0.000093	1	27	-0.000098	-0.000776	0.000093	1
12	0.000071	-0.000768	-0.000107	1	26	-0.000071	-0.000768	0.000107	1
13	0.000044	-0.000754	-0.000103	1	25	-0.000044	-0.000754	0.000103	1
14	0.000023	-0.000738	-0.000086	1	24	-0.000023	-0.000738	0.000086	1
15	0.000009	-0.000723	-0.000064	1	23	-0.000009	-0.000723	0.000064	1
16	0.000001	-0.000710	-0.000042	1	22	-0.000001	-0.000710	0.000042	1
17	-0.000001	-0.000701	-0.000024	1	21	0.000001	-0.000701	0.000024	1
18	-0.000001	-0.000697	-0.000010	1	20	0.000001	-0.000697	0.000010	1
19	0.000000	-0.000695	0.000000	1					

(6) 断面力 (計算ケース6:異常時内水位)

要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素 番号	節点 番号	曲げモーメント M(kN・m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	4.107	-1.190	8.835	36	1	4.107	1.190	8.835
1	2	3.775	-1.190	8.835	36	36	3.775	1.190	8.835
2	2	3.775	-3.380	9.912	35	36	3.775	3.380	9.912
2	3	2.832	-3.380	9.912	35	35	2.832	3.380	9.912
3	3	2.832	-5.019	11.933	34	35	2.832	5.019	11.933
3	4	1.433	-5.019	11.933	34	34	1.433	5.019	11.933
4	4	1.433	-5.831	14.633	33	34	1.433	5.831	14.633
4	5	-0.194	-5.831	14.633	33	33	-0.194	5.831	14.633
5	5	-0.194	-5.665	17.667	32	33	-0.194	5.665	17.667
5	6	-1.773	-5.665	17.667	32	32	-1.773	5.665	17.667
6	6	-1.773	-4.514	20.668	31	32	-1.773	4.514	20.668
6	7	-3.032	-4.514	20.668	31	31	-3.032	4.514	20.668
7	7	-3.032	-2.505	23.310	30	31	-3.032	2.505	23.310
7	8	-3.731	-2.505	23.310	30	30	-3.731	2.505	23.310
8	8	-3.731	-0.140	25.357	29	30	-3.731	-0.140	25.357
8	9	-3.692	0.140	25.357	29	29	-3.692	-0.140	25.357
9	9	-3.692	3.161	26.685	28	29	-3.692	-3.161	26.685
9	10	-2.810	3.161	26.685	28	28	-2.810	-3.161	26.685
10	10	-2.810	4.682	24.854	27	28	-2.810	-4.682	24.854
10	11	-1.505	4.682	24.854	27	27	-1.505	-4.682	24.854
11	11	-1.505	4.629	23.469	26	27	-1.505	-4.629	23.469
11	12	-0.213	4.629	23.469	26	26	-0.213	-4.629	23.469
12	12	-0.213	3.543	23.008	25	26	-0.213	-3.543	23.008
12	13	0.775	3.543	23.008	25	25	0.775	-3.543	23.008
13	13	0.775	1.993	23.534	24	25	0.775	-1.993	23.534
13	14	1.330	1.993	23.534	24	24	1.330	-1.993	23.534
14	14	1.330	0.481	24.901	23	24	1.330	-0.481	24.901
14	15	1.464	0.481	24.901	23	23	1.464	-0.481	24.901
15	15	1.464	-0.619	26.791	22	23	1.464	0.619	26.791
15	16	1.292	-0.619	26.791	22	22	1.292	0.619	26.791
16	16	1.292	-1.108	28.778	21	22	1.292	1.108	28.778
16	17	0.983	-1.108	28.778	21	21	0.983	1.108	28.778
17	17	0.983	-0.974	30.422	20	21	0.983	0.974	30.422
17	18	0.711	-0.974	30.422	20	20	0.711	0.974	30.422
18	18	0.711	-0.381	31.352	19	20	0.711	0.381	31.352
18	19	0.605	-0.381	31.352	19	19	0.605	0.381	31.352

(7)断面力図 (計算ケース6:異常時内水位)

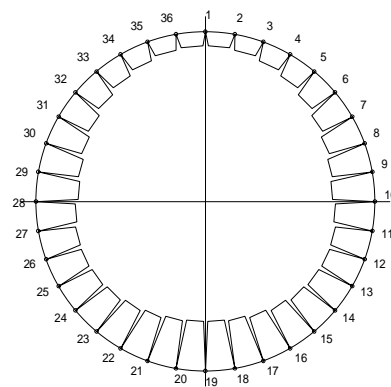
(a) 曲げモーメント図



正最大曲げモーメント = 4.107 (kN·m)

負最大曲げモーメント = -3.731 (kN·m)

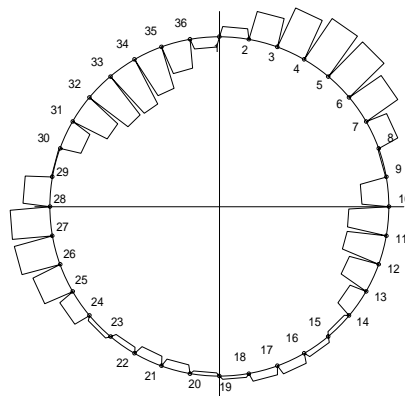
(b) 軸力図



正最大曲げモーメント位置軸力 = 8.835 (kN)

負最大曲げモーメント位置軸力 = 23.310 (kN)

(c) せん断力図



最大せん断力 = -5.831 (kN)

(8) 全計算ケース 断面力一覧表

(単位m当り)

ケース		正最大曲げ モーメント位置	負最大曲げ モーメント位置	最大 せん断位置
ケース1	M	9.067	-6.856	3.196
	N	188.119	221.962	202.155
	Q	-2.684	-1.203	-12.015
ケース2	M	3.451	-4.022	0.250
	N	160.373	180.789	172.922
	Q	0.389	-1.176	-5.856
ケース3	M	13.716	-11.364	5.298
	N	153.297	194.672	170.105
	Q	-3.735	4.916	-18.488
ケース4	M	4.255	-3.859	1.530
	N	137.827	154.525	143.667
	Q	-1.211	-0.090	-5.968
ケース5	M	13.511	-11.118	5.178
	N	53.351	94.625	70.088
	Q	-3.700	4.854	-18.259
ケース6	M	4.107	-3.731	1.433
	N	8.835	23.310	14.633
	Q	-1.190	-2.505	-5.831

M: 曲げモーメント(kN・m)

N: 軸力(kN)

Q: せん断力(kN)

(9) 全計算ケース 断面力一覧表

セグメント幅 $B = 1.200 \text{ m}$
 曲げモーメント割増率 $= 25 \%$ (リング当り)

ケース		正最大曲げ モーメント位置	負最大曲げ モーメント位置	最大 せん断位置
ケース1	M・B・(1+)	13.601	-10.284	4.794
	M・B・(1-)	8.160	-6.170	2.876
	N・B	225.743	266.354	242.586
	Q・B	-3.221	-1.444	-14.418
ケース2	M・B・(1+)	5.177	-6.033	0.375
	M・B・(1-)	3.106	-3.620	0.225
	N・B	192.448	216.947	207.506
	Q・B	0.467	-1.411	-7.027
ケース3	M・B・(1+)	20.574	-17.046	7.947
	M・B・(1-)	12.344	-10.228	4.768
	N・B	183.956	233.606	204.126
	Q・B	-4.482	5.899	-22.186
ケース4	M・B・(1+)	6.383	-5.789	2.295
	M・B・(1-)	3.830	-3.473	1.377
	N・B	165.392	185.430	172.400
	Q・B	-1.453	-0.108	-7.162
ケース5	M・B・(1+)	20.267	-16.677	7.767
	M・B・(1-)	12.160	-10.006	4.660
	N・B	64.021	113.550	84.106
	Q・B	-4.440	5.825	-21.911
ケース6	M・B・(1+)	6.161	-5.597	2.150
	M・B・(1-)	3.696	-3.358	1.290
	N・B	10.602	27.972	17.560
	Q・B	-1.428	-3.006	-6.997

M: 曲げモーメント(kN・m)
 N: 軸力(kN)
 Q: せん断力(kN)

5. 主断面の設計

(1) 断面応力の算定方式

(a) 主断面の応力状態の判定

コンクリートセグメントの主断面決定の設計計算は、断面に生じる応力状態が全断面圧縮状態か、もしくは、曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生じる場合になるかによって異なり、これを偏心管軸方向圧縮力が心外になるか、心内になるかで判定する。

応力状態判定式

$$K_i \geq f \quad \text{全断面圧縮状態}$$

$$K_i < f \quad \text{曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生ずる状態}$$

ただし、

$$K_i = \frac{l_i}{A_i \cdot (h - u)}$$

$$A_i = B \cdot h + n \cdot (A_s + A_{s'})$$

$$u = (0.5 \cdot B \cdot h^2 + n \cdot (A_s \cdot d + A_{s'} \cdot d')) / A_i$$

$$l_i = B \cdot (u^3 + (h - u)^3) / 3 + n \cdot (A_s \cdot (d - u)^2 + A_{s'} \cdot (u - d')^2)$$

$$e = M / N$$

$$f = u - \left(\frac{h}{2} - e \right)$$

ここで、 A_i	: 換算等値断面積	(mm^2)
B	: セグメント幅	(mm)
u	: 軸力側の縁側から換算等値断面の図心までの距離	(mm)
h	: セグメント厚	(mm)
l_i	: 換算等値面積の断面二次モーメント	(mm^4/Ring)
e	: 重心より軸力作用位置までの距離	(mm)
n	: ヤング係数比	
A_s	: 引張側鉄筋量	(cm^2)
$A_{s'}$: 圧縮側鉄筋量	(cm^2)
d	: 引張側有効高	(mm)
d'	: 圧縮側有効高	(mm)
M	: 正の曲げモーメント	($\text{kN} \cdot \text{m}$)
N	: 正の曲げモーメント位置軸力	(kN)

(2) 主断面の応力算定式

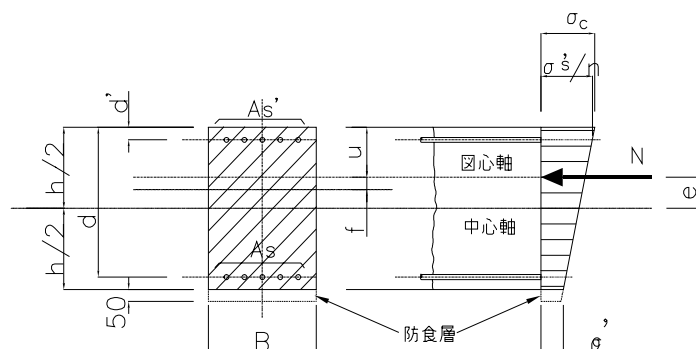
1) 全断面圧縮状態 ($K_i \geq f$ の場合)

図-5.1.1 全断面圧縮状態の応力度

$$\sigma_c = \frac{N}{A_i} + \frac{M}{I_i} \cdot u \quad ca$$

ただし、

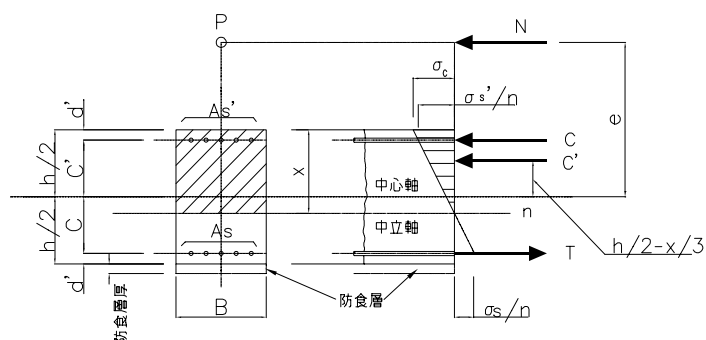
ca : コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 (N/mm²)c : コンクリート最大圧縮応力度 (N/mm²)2) 曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生じる場合 ($K_i < f$ の場合、 $N \neq 0$ の場合)

図-5.1.2 曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生じる場合の応力度

$$\sigma_c^3 - 3 \cdot (h/2 - e) \cdot \sigma_c^2 + (6 \cdot n/B) \cdot (A_s \cdot (e + C) + A_s' \cdot (e - C'))$$

$$\cdot \sigma_c - (6 \cdot n/B) \cdot (A_s \cdot (e + C) \cdot (C + h/2) + A_s' \cdot (e - C') \cdot (h/2 - C')) = 0$$

$$\sigma_c = \frac{M}{B \cdot (h/2 - h/3) + (n \cdot A_s'/B) \cdot C' \cdot (C' - h/2) + (n \cdot A_s/B) \cdot C \cdot (C + h/2 - h/3)} \quad ca$$

$$\sigma_s = \frac{n \cdot \sigma_c}{B} \cdot (C + \frac{h}{2} - h/3) \quad sa$$

$$\sigma_s' = \frac{n \cdot \sigma_c}{B} \cdot (C' - \frac{h}{2} + h/3) \quad sa$$

3) 曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生じる場合 ($K_i < f$ の場合、 $N = 0$ の場合)

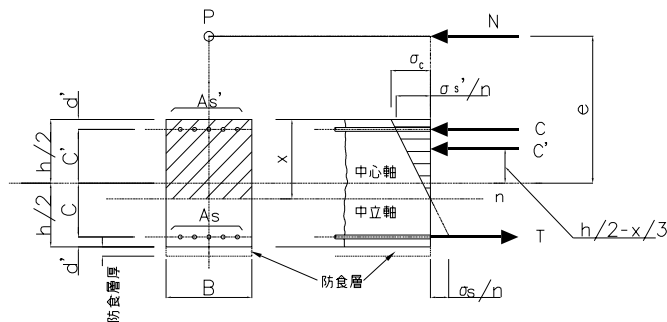


図-5.1.3 曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生じる場合の応力度

$$= -n \cdot \frac{(A_s + A_{s'})}{B} + \sqrt{\left(\frac{n \cdot (A_s + A_{s'})}{B}\right)^2 + \frac{2 \cdot n}{B} \cdot (d \cdot A_s + d' \cdot A_{s'})}$$

$$c = \frac{M}{B \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot (d - \frac{d'}{3}) + n \cdot A_{s'} \cdot \left(\frac{d - d'}{3} \right) \cdot (d - d') \right]}$$

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

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

- ここで、
- c : 圧縮側縁から中立軸までの距離 (mm)
 - C : セグメント厚中心から引張鉄筋までの距離 (mm)
 - C' : セグメント厚中心から圧縮鉄筋までの距離 (mm)
 - s_a : 鉄筋の許容応力度 (N/mm²)
 - s : 鉄筋の引張応力度 (N/mm²)
 - s' : 鉄筋の圧縮応力度 (N/mm²)

4) せん断力に対する設計

a) せん断応力度 c は、

$$c = \frac{1.15 \cdot Q_{\max}}{B \cdot d} \quad a$$

ここで、 Q_{\max} : 最大せん断力 (kN)

5 - 1 主断面の設計 (計算ケース1: 空水の状態)

検討位置			正最大曲げ		負最大曲げ		最大せん断	
			モーメント位置		モーメント位置		位置	
断面寸法	B	mm	1200		1200		1200	
	h	mm	150		150		150	
断面力 (リング当り)	M	kN・m	13.601		-10.284		4.794	
	N	kN	225.743		266.354		242.586	
	Q	kN	-3.221		-1.444		-14.418	
引張側有効高	d	mm	115		115		115	
引張側鉄筋量	As	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
圧縮側有効高	d'	mm	35		35		35	
圧縮側鉄筋量	As'	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
ヤング係数比	n	-	15		15		15	
せん断補強筋								
断面積	Aw	cm ²	-		-		-	
部材軸との角度	w	°	-		-		-	
配置間隔	Ss	mm	-		-		-	
応力度	e	mm	60		39		20	
	Ai	mm ²	227664		227664		227664	
	u	mm	75		75		75	
	li	mm ⁴ /Ring	413762400		413762400		413762400	
	Ki	mm	24		24		24	
	f	mm	60		39		20	
	応力状態		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張		全圧縮	
		mm	83.0		112.2		-	
	c	N/mm ²	4.2	OK	3.2	OK	1.9	OK
	s	N/mm ²	24.3	OK	1.2	OK	-	-
	s'	N/mm ²	36.4	OK	33.0	OK	22.6	OK
		N/mm ²	0.027	OK	0.012	OK	0.120	OK
せん断補強筋 の応力度	Qc	kN	-		-		-	
	Qs	kN	-		-		-	
	w	N/mm ²	-	-	-	-	-	-
許容応力度	ca	N/mm ²	16.0		16.0		16.0	
	sa	N/mm ²	200.0		200.0		200.0	
	a	N/mm ²	0.73		0.73		0.73	

許容応力度の割増係数 = 1.00

5 - 2 主断面の設計 (計算ケース2: 空水の状態)

検討位置			正最大曲げ		負最大曲げ		最大せん断	
			モーメント位置		モーメント位置		位置	
断面寸法	B	mm	1200		1200		1200	
	h	mm	150		150		150	
断面力 (リング当り)	M	kN・m	5.177		-6.033		0.375	
	N	kN	192.448		216.947		207.506	
	Q	kN	0.467		-1.411		-7.027	
引張側有効高	d	mm	115		115		115	
引張側鉄筋量	As	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
圧縮側有効高	d'	mm	35		35		35	
圧縮側鉄筋量	As'	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
ヤング係数比	n	-	15		15		15	
せん断補強筋								
断面積	Aw	cm ²	-		-		-	
部材軸との角度	w	°	-		-		-	
配置間隔	Ss	mm	-		-		-	
応力度	e	mm	27		28		2	
	Ai	mm ²	227664		227664		227664	
	u	mm	75		75		75	
	li	mm ⁴ /Ring	413762400		413762400		413762400	
	Ki	mm	24		24		24	
	f	mm	27		28		2	
	応力状態		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張		全圧縮	
		mm	141.9		139.3		-	
	c	N/mm ²	1.8	OK	2.1	OK	1.0	OK
	s	N/mm ²	-	-	-	-	-	-
	s'	N/mm ²	20.3	OK	23.6	OK	14.3	OK
		N/mm ²	0.004	OK	0.012	OK	0.059	OK
せん断補強筋 の応力度	Qc	kN	-		-		-	
	Qs	kN	-		-		-	
	w	N/mm ²	-	-	-	-	-	-
許容応力度	ca	N/mm ²	16.0		16.0		16.0	
	sa	N/mm ²	200.0		200.0		200.0	
	a	N/mm ²	0.73		0.73		0.73	

許容応力度の割増係数 = 1.00

5 - 3 主断面の設計 (計算ケース3: 平常時内水位)

検討位置			正最大曲げ		負最大曲げ		最大せん断	
			モーメント位置		モーメント位置		位置	
断面寸法	B	mm	1200		1200		1200	
	h	mm	150		150		150	
断面力 (リング当り)	M	kN・m	20.574		-17.046		7.947	
	N	kN	183.956		233.606		204.126	
	Q	kN	-4.482		5.899		-22.186	
引張側有効高	d	mm	115		115		115	
引張側鉄筋量	As	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
圧縮側有効高	d'	mm	35		35		35	
圧縮側鉄筋量	As'	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
ヤング係数比	n	-	15		15		15	
せん断補強筋								
断面積	Aw	cm ²	-		-		-	
部材軸との角度	w	°	-		-		-	
配置間隔	Ss	mm	-		-		-	
応力度	e	mm	112		73		39	
	Ai	mm ²	227664		227664		227664	
	u	mm	75		75		75	
	li	mm ⁴ /Ring	413762400		413762400		413762400	
	Ki	mm	24		24		24	
	f	mm	112		73		39	
	応力状態		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張	
		mm	63.2		74.8		111.6	
	c	N/mm ²	6.3	OK	5.2	OK	2.5	OK
	s	N/mm ²	77.4	OK	41.9	OK	1.2	OK
	s'	N/mm ²	42.2	OK	41.5	OK	25.7	OK
		N/mm ²	0.037	OK	0.049	OK	0.185	OK
せん断補強筋 の応力度	Qc	kN	-		-		-	
	Qs	kN	-		-		-	
	w	N/mm ²	-	-	-	-	-	-
許容応力度	ca	N/mm ²	16.0		16.0		16.0	
	sa	N/mm ²	200.0		200.0		200.0	
	a	N/mm ²	0.73		0.73		0.73	

許容応力度の割増係数 = 1.00

5 - 4 主断面の設計 (計算ケース4: 平常時内水位)

検討位置			正最大曲げ		負最大曲げ		最大せん断	
			モーメント位置		モーメント位置		位置	
断面寸法	B	mm	1200		1200		1200	
	h	mm	150		150		150	
断面力 (リング当り)	M	kN・m	6.383		-5.789		2.295	
	N	kN	165.392		185.430		172.400	
	Q	kN	-1.453		-0.108		-7.162	
引張側有効高	d	mm	115		115		115	
引張側鉄筋量	As	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
圧縮側有効高	d'	mm	35		35		35	
圧縮側鉄筋量	As'	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
ヤング係数比	n	-	15		15		15	
せん断補強筋								
断面積	Aw	cm ²	-		-		-	
部材軸との角度	w	°	-		-		-	
配置間隔	Ss	mm	-		-		-	
応力度	e	mm	39		31		13	
	Ai	mm ²	227664		227664		227664	
	u	mm	75		75		75	
	li	mm ⁴ /Ring	413762400		413762400		413762400	
	Ki	mm	24		24		24	
	f	mm	39		31		13	
	応力状態		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張		全圧縮	
		mm	112.3		129.8		-	
	c	N/mm ²	2.0	OK	1.9	OK	1.2	OK
	s	N/mm ²	0.7	OK	-	-	-	-
	s'	N/mm ²	20.6	OK	20.8	OK	14.8	OK
		N/mm ²	0.012	OK	0.001	OK	0.060	OK
せん断補強筋 の応力度	Qc	kN	-		-		-	
	Qs	kN	-		-		-	
	w	N/mm ²	-	-	-	-	-	-
許容応力度	ca	N/mm ²	16.0		16.0		16.0	
	sa	N/mm ²	200.0		200.0		200.0	
	a	N/mm ²	0.73		0.73		0.73	

許容応力度の割増係数 = 1.00

5 - 5 主断面の設計 (計算ケース5: 異常時内水位)

検討位置			正最大曲げ		負最大曲げ		最大せん断	
			モーメント位置		モーメント位置		位置	
断面寸法	B	mm	1200		1200		1200	
	h	mm	150		150		150	
断面力 (リング当り)	M	kN・m	20.267		-16.677		7.767	
	N	kN	64.021		113.550		84.106	
	Q	kN	-4.440		5.825		-21.911	
引張側有効高	d	mm	115		115		115	
引張側鉄筋量	As	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
圧縮側有効高	d'	mm	35		35		35	
圧縮側鉄筋量	As'	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
ヤング係数比	n	-	15		15		15	
せん断補強筋								
断面積	Aw	cm ²	-		-		-	
部材軸との角度	w	°	-		-		-	
配置間隔	Ss	mm	-		-		-	
応力度	e	mm	317		147		92	
	Ai	mm ²	227664		227664		227664	
	u	mm	75		75		75	
	li	mm ⁴ /Ring	413762400		413762400		413762400	
	Ki	mm	24		24		24	
	f	mm	317		147		92	
	応力状態		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張	
		mm	52.1		58.8		67.5	
	c	N/mm ²	6.2	OK	5.1	OK	2.4	OK
	s	N/mm ²	112.3	OK	73.1	OK	25.3	OK
	s'	N/mm ²	30.5	OK	31.0	OK	17.3	OK
		N/mm ²	0.037	OK	0.049	OK	0.183	OK
せん断補強筋 の応力度	Qc	kN	-		-		-	
	Qs	kN	-		-		-	
	w	N/mm ²	-	-	-	-	-	-
許容応力度	ca	N/mm ²	16.0		16.0		16.0	
	sa	N/mm ²	200.0		200.0		200.0	
	a	N/mm ²	0.73		0.73		0.73	

許容応力度の割増係数 = 1.00

5 - 6 主断面の設計 (計算ケース6: 異常時内水位)

検討位置			正最大曲げ		負最大曲げ		最大せん断	
			モーメント位置		モーメント位置		位置	
断面寸法	B	mm	1200		1200		1200	
	h	mm	150		150		150	
断面力 (リング当り)	M	kN・m	6.161		-5.597		2.150	
	N	kN	10.602		27.972		17.560	
	Q	kN	-1.428		-3.006		-6.997	
引張側有効高	d	mm	115		115		115	
引張側鉄筋量	As	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
圧縮側有効高	d'	mm	35		35		35	
圧縮側鉄筋量	As'	cm ²	15.8880		15.8880		15.8880	
ヤング係数比	n	-	15		15		15	
せん断補強筋								
断面積	Aw	cm ²	-		-		-	
部材軸との角度	w	°	-		-		-	
配置間隔	Ss	mm	-		-		-	
応力度	e	mm	581		200		122	
	Ai	mm ²	227664		227664		227664	
	u	mm	75		75		75	
	li	mm ⁴ /Ring	413762400		413762400		413762400	
	Ki	mm	24		24		24	
	f	mm	581		200		122	
	応力状態		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張	
		mm	49.7		55.3		61.6	
	c	N/mm ²	1.9	OK	1.7	OK	0.7	OK
	s	N/mm ²	37.4	OK	27.5	OK	9.1	OK
	s'	N/mm ²	8.4	OK	9.4	OK	4.5	OK
		N/mm ²	0.012	OK	0.025	OK	0.058	OK
せん断補強筋 の応力度	Qc	kN	-		-		-	
	Qs	kN	-		-		-	
	w	N/mm ²	-	-	-	-	-	-
許容応力度	ca	N/mm ²	16.0		16.0		16.0	
	sa	N/mm ²	200.0		200.0		200.0	
	a	N/mm ²	0.73		0.73		0.73	

許容応力度の割増係数 = 1.00

6. 継手部の設計

・応力度の判定

二次覆工一体型セグメントの継手部に作用する力はセグメント継ぎ手アンカー筋を引張鉄筋とみなした鉄筋コンクリート断面とし、曲げモーメント及び軸力を受ける単鉄筋矩形断面として計算する。

$$\cdot \text{継手部最大曲げモーメント } M_0 = (1 - \quad) \times M \times B (\text{N}\cdot\text{mm}/\text{Ring})$$

：モーメント割増率25%

$$\cdot \text{継手部最大曲げモーメント位置軸力 } N_0 (\text{N}/\text{Ring})$$

$$N = N \times B$$

$$\cdot \text{断面の図心から軸力の重心位置までの距離 } : e (\text{mm})$$

$$e = M_0 / N_0 = 8160300 / 225742.8 = 36.149(\text{mm})$$

$$\cdot \text{軸断面のコア } k_i (\text{mm})$$

$$k_i = h / 6 = 150 / 6 = 25.000$$

・判定式

$$e \leq k_i \text{ (全断面圧縮状態)}$$

$$e > k_i \text{ (曲げ引張りが発生する状態)}$$

$e > k_i$ より、継手部に曲げ引張応力度が生じる、継手面コンクリートに生じる圧縮応力度 c とセグメント継手部材アンカーに生じる引張応力度 b を求める。

$$c = n x / (B x^2 / 2 - n \cdot \text{Asb} (d_b - x)) (\text{N}/\text{mm}^2)$$

ここに圧縮側縁より中立軸までの距離 x は以下のように求める。

$$x^3 + 3ax^2 + 6 \cdot n/B \cdot \text{Asb} (a + d_b) \cdot x - 6n/B \cdot \text{Asb} \cdot d_b (a + d_b) = 0$$

$$\text{Asb} = \text{セグメント継手アンカー鉄筋断面積} (\text{mm}^2)$$

$$d_b = \text{セグメント継手ボルト(アンカー筋)位置の有効高さ}$$

$$a = e - h/2$$

$$h = \text{防食層含まない桁高(応力照査時)}$$

次にセグメント継手部材アンカーに生じる引張応力度 b は

$$b = n \cdot c \cdot (d - x) / x (\text{N}/\text{mm}^2) \text{ で求まる。}$$

6 - 1 継手部の設計 (計算ケース1: 空水の状態)

検討位置			正最大曲げ位置	負最大曲げ位置	最大せん断位置
節点番号			11	7	4
断面寸法	B	m	1.200	1.200	1.200
	h	m	0.150	0.150	0.150
断面力	M0	kN・m	8.160	-6.170	2.876
	N0	kN	225.743	266.354	242.586
アンカー筋有効高さ	db	m	85	65	85
アンカー筋有効断面積	Asb	mm ²	1548	1548	1548
ヤング係数比	n	-	15	15	15
モーメント割増率		%	25	25	25
応力度	e	mm	36.15	23.17	11.86
	x	mm	61.47	0.00	0.00
	Ki	mm	25.00	25.00	25.00
	応力状態		曲げ圧縮引張	全圧縮	全圧縮
	c	N/mm ²	8.06	2.85	1.99
	b	N/mm ²	46.31	0.00	0.00
許容応力度	ca	N/mm ²	16	16	16
	ba	N/mm ²	190	190	190

6 - 2 継手部の設計 (計算ケース2:空水の状態)

検討位置			正最大曲げ位置	負最大曲げ位置	最大せん断位置
節点番号			11	7	4
断面寸法	B	m	1.200	1.200	1.200
	h	m	0.150	0.150	0.150
断面力	M0	kN・m	3.106	-3.620	0.225
	N0	kN	192.448	216.947	207.506
アンカー筋有効高さ	db	m	85	65	85
アンカー筋有効断面積	Asb	mm ²	1548	1548	1548
ヤング係数比	n	-	15	15	15
モーメント割増率		%	25	25	25
応力度	e	mm	16.14	16.69	1.08
	x	mm	0.00	0.00	0.00
	Ki	mm	25.00	25.00	25.00
	応力状態		全圧縮	全圧縮	全圧縮
	c	N/mm ²	1.76	2.01	1.20
	b	N/mm ²	0.00	0.00	0.00
許容応力度	ca	N/mm ²	16	16	16
	ba	N/mm ²	190	190	190

6 - 3 継手部の設計 (計算ケース3: 平常時内水位)

検討位置			正最大曲げ位置	負最大曲げ位置	最大せん断位置
節点番号			11	7	4
断面寸法	B	m	1.200	1.200	1.200
	h	m	0.150	0.150	0.150
断面力	M0	kN・m	12.344	-10.228	4.768
	N0	kN	183.956	233.606	204.126
アンカー筋有効高さ	db	m	85	65	85
アンカー筋有効断面積	Asb	mm ²	1548	1548	1548
ヤング係数比	n	-	15	15	15
モーメント割増率		%	25	25	25
応力度	e	mm	67.11	43.78	23.36
	x	mm	61.47	49.21	0.00
	Ki	mm	25.00	25.00	25.00
	応力状態		曲げ圧縮引張	曲げ圧縮引張	全圧縮
	c	N/mm ²	6.57	10.58	2.19
	b	N/mm ²	37.74	50.93	0.00
許容応力度	ca	N/mm ²	16	16	16
	ba	N/mm ²	190	190	190

6 - 4 継手部の設計 (計算ケース4: 平常時内水位)

検討位置			正最大曲げ位置	負最大曲げ位置	最大せん断位置
節点番号			11	7	4
断面寸法	B	m	1.200	1.200	1.200
	h	m	0.150	0.150	0.150
断面力	M0	kN・m	3.830	-3.473	1.377
	N0	kN	165.392	185.430	172.400
アンカー筋有効高さ	db	m	85	65	85
アンカー筋有効断面積	Asb	mm ²	1548	1548	1548
ヤング係数比	n	-	15	15	15
モーメント割増率		%	25	25	25
応力度	e	mm	23.15	18.73	7.99
	x	mm	0.00	0.00	0.00
	Ki	mm	25.00	25.00	25.00
	応力状態		全圧縮	全圧縮	全圧縮
	c	N/mm ²	1.77	1.80	1.26
	b	N/mm ²	0.00	0.00	0.00
許容応力度	ca	N/mm ²	16	16	16
	ba	N/mm ²	190	190	190

6 - 5 継手部の設計 (計算ケース5:異常時内水位)

検討位置			正最大曲げ位置	負最大曲げ位置	最大せん断位置
節点番号			11	7	4
断面寸法	B	m	1.200	1.200	1.200
	h	m	0.150	0.150	0.150
断面力	M0	kN・m	12.160	-10.006	4.660
	N0	kN	64.021	113.550	84.106
アンカー筋有効高さ	db	m	85	65	85
アンカー筋有効断面積	Asb	mm ²	1548	1548	1548
ヤング係数比	n	-	15	15	15
モーメント割増率		%	25	25	25
応力度	e	mm	189.94	88.12	55.41
	x	mm	47.27	45.56	61.47
	Ki	mm	25.00	25.00	25.00
	応力状態		曲げ圧縮引張	曲げ圧縮引張	曲げ圧縮引張
	c	N/mm ²	6.52	6.51	3.00
	b	N/mm ²	78.02	41.68	17.25
許容応力度	ca	N/mm ²	16	16	16
	ba	N/mm ²	190	190	190

6 - 6 継手部の設計 (計算ケース6:異常時内水位)

検討位置			正最大曲げ位置	負最大曲げ位置	最大せん断位置
節点番号			11	7	4
断面寸法	B	m	1.200	1.200	1.200
	h	m	0.150	0.150	0.150
断面力	M0	kN・m	3.696	-3.358	1.290
	N0	kN	10.602	27.972	17.560
アンカー筋有効高さ	db	m	85	65	85
アンカー筋有効断面積	Asb	mm ²	1548	1548	1548
ヤング係数比	n	-	15	15	15
モーメント割増率		%	25	25	25
応力度	e	mm	348.64	120.05	73.45
	x	mm	44.28	41.37	61.47
	Ki	mm	25.00	25.00	25.00
	応力状態		曲げ圧縮引張	曲げ圧縮引張	曲げ圧縮引張
	c	N/mm ²	2.04	2.42	0.63
	b	N/mm ²	28.11	20.75	3.60
許容応力度	ca	N/mm ²	16	16	16
	ba	N/mm ²	190	190	190

7. 目開き量の照査

$$\text{目開き量} = M \cdot (h - x) \cdot R_c / (K \cdot EI)$$

ここに、M	: 曲げモーメント	(kN・m)
h	: 一次覆工厚	0.150 (m)
x	: 中立軸位置	(m)
K	: 無次元化した回転ばね定数	30
R _c	: 図心半径 (防食層無視)	1.625 (m)
EI	: セグメント曲げ剛性 (防食層無視)	7425 (kN・m)

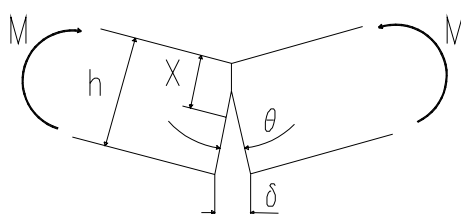


図-7.1 継手面の変形状態

(1)全計算ケース 目開き量結果一覧表

ケース	最大曲げモーメント (正) M(kN・m)	最大曲げモーメント (負) M(kN・m)	中立軸位置 (正曲げ) x(m)	中立軸位置 (負曲げ) x(m)	目開き量 (正曲げ) (m)	目開き量 (負曲げ) (m)
ケース1	8.160	-6.170	0.0830	0.1122	0.000004	0.000002
ケース2	3.106	-3.620	0.1419	0.1393	0.000000	0.000000
ケース3	12.344	-10.228	0.0632	0.0748	0.000008	0.000006
ケース4	3.830	-3.473	0.1123	0.1298	0.000001	0.000001
ケース5	12.160	-10.006	0.0521	0.0588	0.000009	0.000007
ケース6	3.696	-3.358	0.0497	0.0553	0.000003	0.000002

防食層の有無で比較した結果、無視した場合の方が不利になる為、これを照査する。

8. ひび割れに対する照査

二次覆工一体型RCセグメントについては、発生断面力に対するひびわれ幅の照査を行う。

ひびわれ幅 W の算出は『コンクリート標準示方書設計編(平成24年)』(土木学会)に基づき下式で行なう。

$$\text{ひび割れ幅 } w \text{ (mm)} = l_{\max} \cdot (\frac{se}{Es} + \epsilon'_{cs})$$

但し $l_{\max} > l_i / 2$ (l_{\max} の下限値 $l_i / 2$)とする。

$$l_i = 1.1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \{4c + 0.7(Cs - \quad)\}$$

ここに k_1 : 鉄筋表面形状の影響係数 (異型鉄筋の場合1.0)

k_2 : コンクリート品質係数

$$k_2 = \{15 / (fc + 20) + 0.7\}$$

fc はコンクリート強度

k_3 : 引張鉄筋段数の影響係数 (1段の場合1.0)

$$k_3 = 5(n + 2) / (7n + 8) \quad n \text{は引張鉄筋段数}$$

$$c: \text{引張鉄筋純かぶり(mm)} = d_1 - \quad / 2$$

d_1 : 外側鉄筋かぶり(mm)

Cs : 主鉄筋の最大中心間隔(mm)

\quad : 主筋鉄筋径(mm)

l_{\max} : 内面側配力筋最大間隔

Es : 鉄筋のヤング係数 ($= 2.1 \times 10^5$ (N/mm²))

ϵ'_{cs} : コンクリートの乾燥収縮およびクリープによるひびわれ幅の増加が

考えられる場合には 150×10^{-6} の数値を用いる。

se : 鉄筋応力度の増加量 (N/mm²)

(コンクリートの引張応力度は無視する為、鉄筋の引張応力度を用いる。)

二次覆工一体型セグメントについては、腐食性環境条件である0.004cをその許容値としている。

前項より、 l_i の算定をすると以下の通りになる。

$$k_1 = 1.0$$

$$k_2 = \{15 / (f_c + 20) + 0.7\} = 0.9419$$

$$f_c = \text{コンクリート設計基準強度} (c_k = 42 \text{ (N/mm}^2\text{)})$$

$$k_3 = 1.0$$

$$l_i = 1.1 \times 1.0 \times 0.9419 \times 1.0 \cdot \{4 \times 27 + 0.7(157.143 - 16)\} = 214.263 \text{ (mm)}$$

$$= 16 \text{ (mm)}$$

$$c = d_1 - \quad / 2 = 35 - 16 / 2 = 27 \text{ (mm)}$$

$$C_s = 157.143 \text{ (mm)}$$

$$\text{より、} l_i / 2 = 107.132 \text{ (mm)}$$

一方、配力鉄筋の中心間隔 l_{max} は、セグメント内側引張鉄筋純かぶりc位置の全体周長を配力筋数量で均等割り付けとすると、

$$l_{max} = (D_i + 2 \cdot c) \times \quad / \text{配力筋数 (但し、配力筋数: 62 本/Ring)}$$

$$= (3100.000 + 2 \times 23.5) \times \quad / 62 = 159.816 \text{ (mm)}$$

となることから、 $l_{max} \geq l_i / 2$ より l_{max} を採用する。

したがって、ひび割れ幅 w (mm) は $l_{max} \cdot [\quad se / E_s + \quad 'cs]$ により算定する。

ここに、

$$E_s = 210000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$'cs = 150 \times 10^{-6}$$

$$l_{max} = 159.816 \text{ (mm)}$$

これより、以下の結果となる。

(1) 全計算ケース ひび割れ照査結果一覧表

ケース	正最大曲げモーメント		負最大曲げモーメント	
	鉄筋の増加量 se (N/mm ²)	ひび割れ幅 W(mm)	鉄筋の増加量 se (N/mm ²)	ひび割れ幅 W(mm)
ケース1	24.300	0.042	1.200	0.025
ケース2	-	-	-	-
ケース3	77.400	0.083	41.900	0.056
ケース4	0.700	0.025	-	-
ケース5	112.300	0.109	73.100	0.080
ケース6	37.400	0.052	27.500	0.045
許容値(0.004c)	200	0.108	200	0.108