

円形標準マンホール・上部斜壁+床版タイプ

浮上がりの検討

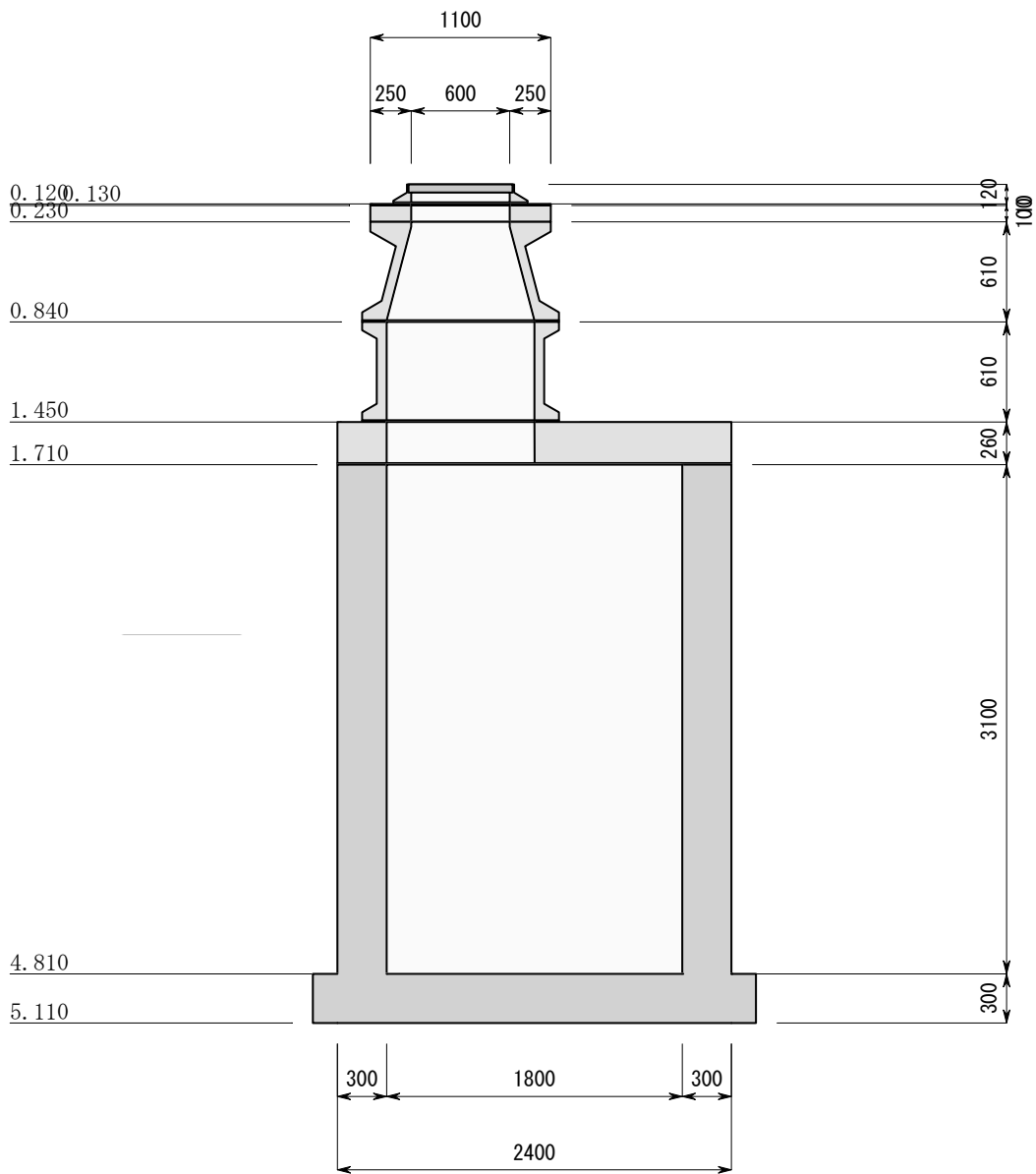
1. 設計条件

(1) 設計地震動

地震動	レベル2
-----	------

(2) 概要図

呼び方	都型(内径180cm)
内径(mm)	1800



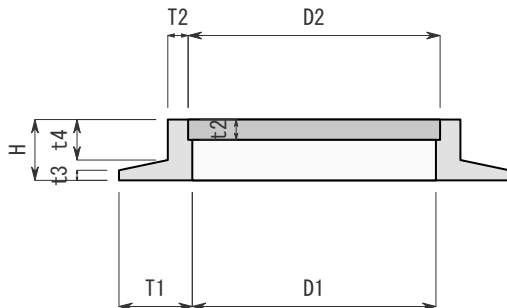
(3) マンホール条件

1) 寸法諸元

部材 No	種類	呼び名	高さ (mm)	モルタル (mm)	上部		下部	
					外径 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)	内径 (mm)
1	円形マンホールふた	丸型鉄ふた600 T25	110	10	654	634	820	600
2	調整コンクリート		10	-	1100	600	1100	600
3	調整ブロック	600×100	100	-	1100	600	1100	600
4	斜壁	600C	600	10	1100	600	1200	900
5	直壁	900B	600	10	1200	900	1200	900
6	円形床版	都型 内径180cm	250	10	2400	900	2400	1800
7	側壁		3100	-	2400	1800	2400	1800
8	底版	円形	300	-	2700	1800	2700	1800

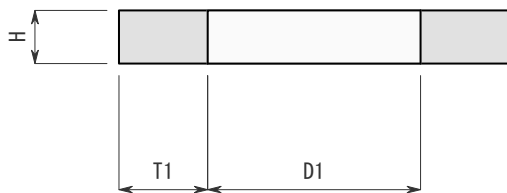
2) 部材諸元

[円形マンホールふた]



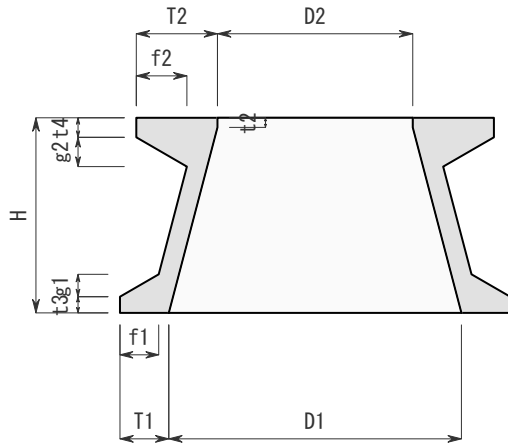
呼び名	D1 (mm)	D2 (mm)	T1 (mm)	T2 (mm)	t2 (mm)	t3 (mm)	t4 (mm)	H (mm)	W (kN)
丸型鉄ふた600 T25	600	634	110	10	50	10	50	110	0.908

[調整ブロック]



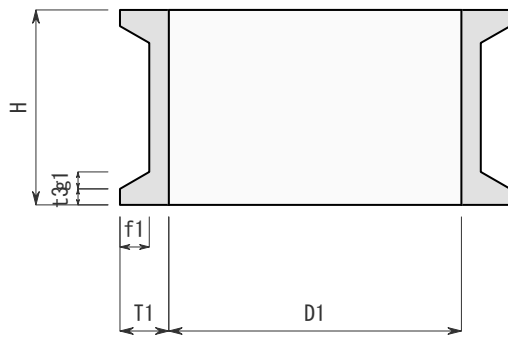
呼び名	D1 (mm)	T1 (mm)	H (mm)	W (kN)
600×100	600	250	100	1.569

[斜壁]



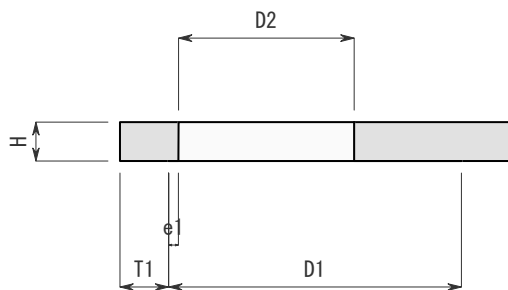
呼び名	D1 (mm)	D2 (mm)	T1 (mm)	T2 (mm)	t2 (mm)	t3 (mm)	t4 (mm)	f1 (mm)	f2 (mm)	g1 (mm)	g2 (mm)	H (mm)	W (kN)
600C	900	600	150	250	30	50	60	119	156	69	90	600	4.168

[直壁]



呼び名	D1 (mm)	T1 (mm)	t3 (mm)	f1 (mm)	g1 (mm)	H (mm)	W (kN)
900B	900	150	50	90	52	600	3.677

[円形床版]



呼び名	D1 (mm)	D2 (mm)	T1 (mm)	e1 (mm)	H (mm)	W (kN)
都型 内径180cm	1800	900	300	0	250	23.830

3) コンクリートの材料条件

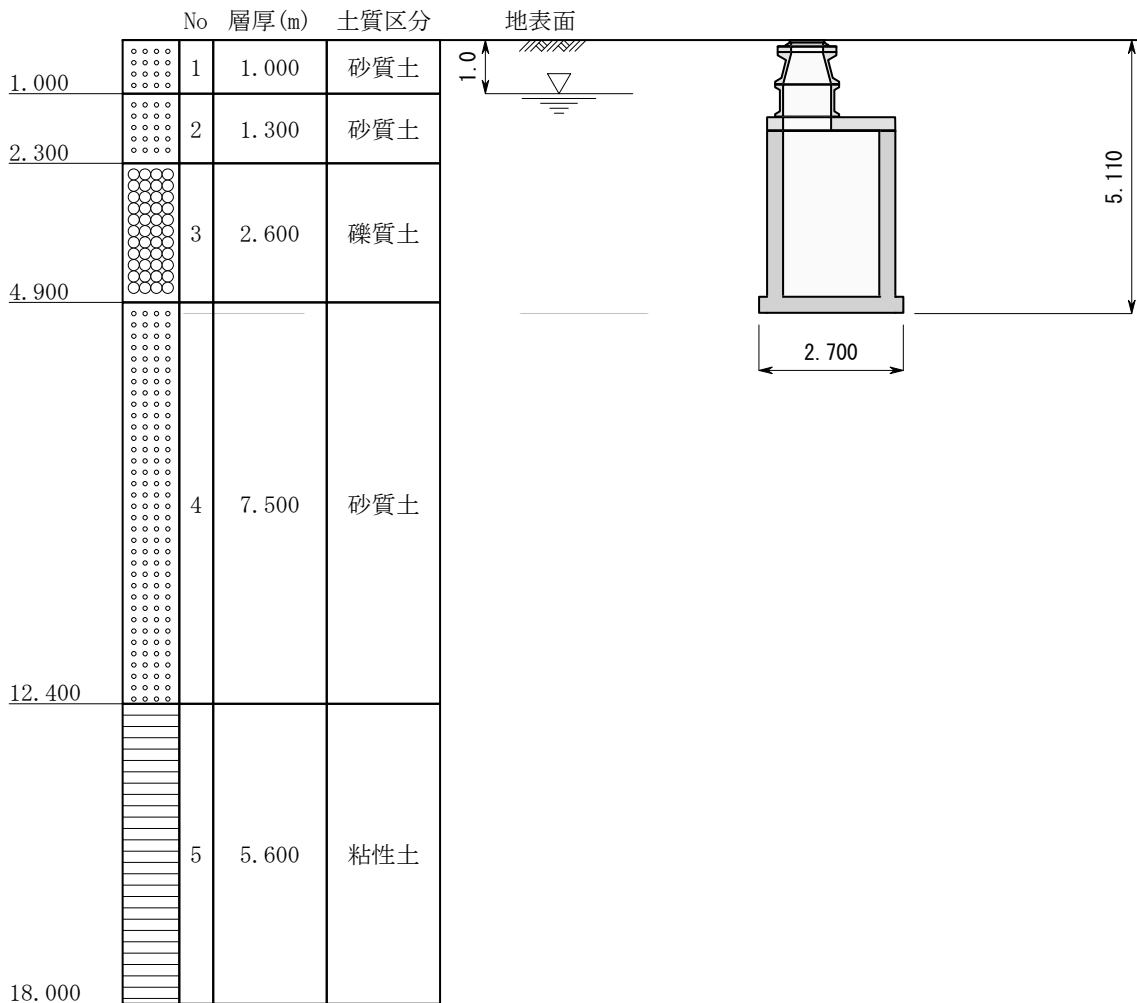
名称	単位体積重量 γ_c (kN/m ³)
組立マンホール	24.50
側壁コンクリート	24.50
底版コンクリート	24.50
インパットコンクリート	23.00
調整コンクリート	23.00
モルタル	21.00

4) 管きょ条件

管 No	名称	形状			土被り (m)	
		管種	呼び径	内径 (mm)		管厚 (mm)
1	流出管	下水道推進工法用鉄筋コンクリート管 A-2 E形	1100	1100	105	3.5
2	流入管	下水道推進工法用鉄筋コンクリート管 A-2 E形	1100	1100	105	3.48

(4) 埋設条件

地表標高 GL-(m)	0.0
マンホール躯体高さ H(m)	5.110
地下水位 Hw(m)	1.0
水の単位体積重量 γ_w (kN/m ³)	10.0



(5) 土質条件

1) 土質データ

調査名 標準土質モデル(タイプII)

層 No	層厚 (m)	土質区分	単位体積重量		
			大気中 γ_t (kN/m ³)	水中 $\gamma_{t'}$ (kN/m ³)	地下水位以下 γ_{st} (kN/m ³)
1	1.000	砂質土	17.000	8.000	18.000
2	1.300	砂質土	17.000	8.000	18.000
3	2.600	礫質土	19.000	10.000	20.000
4	7.500	砂質土	18.000	9.000	19.000
5	5.600	粘性土	16.000	7.000	16.000

2) 埋戻し土

土質区分	単位体積重量			内部摩擦角 ϕ (°)	静止土圧係数 K
	大気中 γ_t (kN/m ³)	水中 $\gamma_{t'}$ (kN/m ³)	地下水位以下 γ_{st} (kN/m ³)		
砂質土	18.000	9.000	20.000	30	0.5

3) 液状化の判定

層 No	層厚 h(m)	土質区分	液状化判定
1	1.000	砂質土	非液状化層
2	1.300	砂質土	液状化層
3	2.600	礫質土	液状化層
4	7.500	砂質土	液状化層
5	5.600	粘性土	非液状化層

4) FL値

層 No	土質区分	深度 (m)	N値	液状化に対する抵抗率FL
1	砂質土	0.500	2	-
		1.500	7	0.488
3	礫質土	2.500	20	0.866
		3.500	33	5.913
		4.500	25	0.885
4	砂質土	5.500	20	3.303
		6.500	18	1.317
		7.500	16	0.720
		8.500	20	1.221
		9.500	12	0.390
		10.500	15	0.458
		11.500	20	0.744
5	粘性土	12.500	13	-
		13.500	7	-
		14.500	2	-
		15.500	1	-
		16.500	-	-
		17.500	-	-

2. 浮上がりに抵抗する力

(1) マンホールの自重

1) 上部マンホール自重

上部マンホール自重は次の通りである。

部材 No	種類	呼び名	高さ (m)	計算式	重量 (kN)
1	円形マンホールふた	丸型鉄ふた600 T25	0.120	0.908 + $\frac{\pi \times (0.820^2 - 0.600^2)}{4}$ × 0.010 × 21.00	0.960
2	調整コンクリート		0.010	$\frac{\pi \times (1.100^2 - 0.600^2)}{4}$ × 0.010 × 23.00	0.154
3	調整ブロック	600×100	0.100		1.569
4	斜壁	600C	0.610	4.168 + $\frac{\pi \times (1.200^2 - 0.900^2)}{4}$ × 0.010 × 21.00	4.272
5	直壁	900B	0.610	3.677 + $\frac{\pi \times (1.200^2 - 0.900^2)}{4}$ × 0.010 × 21.00	3.781
6	円形床版	都型 内径180cm	0.260	23.830 + $\frac{\pi \times (2.400^2 - 1.800^2)}{4}$ × 0.010 × 21.00	24.246
合計					34.982

2) 下部マンホール自重

下部マンホール自重は次の通りである。

部材 No	種類	呼び名	高さ (m)	計算式	重量 (kN)
7	側壁		3.100	$\frac{\pi \times (2.400^2 - 1.800^2)}{4}$ × 3.100 × 24.50	150.320
8	底版	円形	0.300	$\frac{\pi \times 2.700^2}{4} \times 0.300 \times 24.50$	42.083
合計					192.403

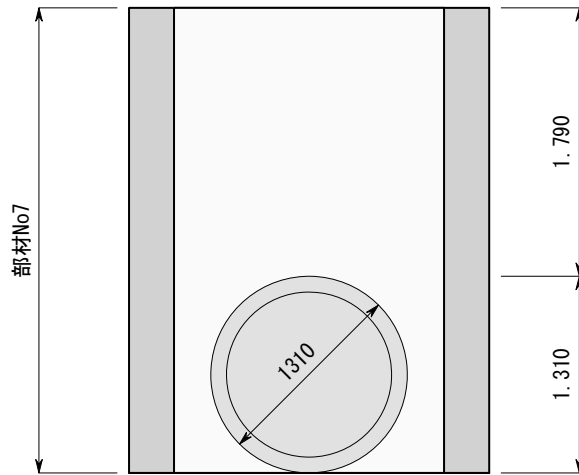
3) インバート自重

インバート自重は次の通りである。

No	種類	高さ (m)	計算式	重量 (kN)
1	インバート重量	0.655	$\frac{\pi \times 1.800^2}{4} \times 0.655 \times 23.00$	38.336
合計				38.336

4) 流出管の控除重量

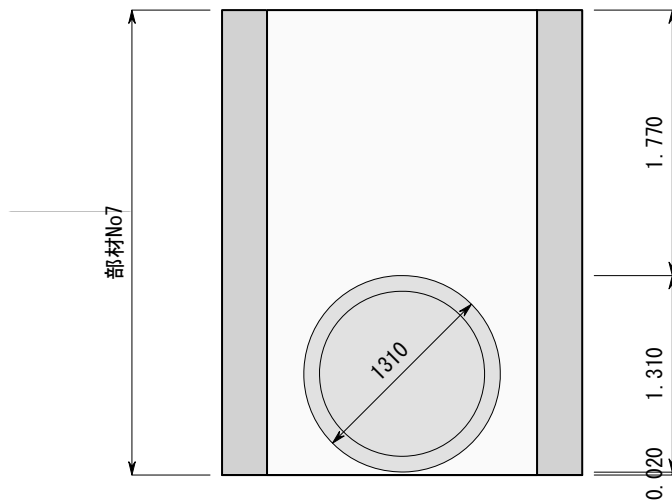
流出管の控除重量は次の通りである。



管 No	部材 No	種類	計算式	重量 (kN)
1	7	控除重量	$-\frac{\pi \times 1.310^2}{4} \times 0.300 \times 24.50$	-9.906
		インバート控除重量	$-\frac{\pi \times 1.100^2}{8} \times 0.900 \times 23.00$	-9.836
合計				-19.742

5) 流入管の控除重量

流入管の控除重量は次の通りである。



管 No	部材 No	種類	計算式	重量 (kN)
2	7	控除重量	$-\frac{\pi \times 1.310^2}{4} \times 0.300 \times 24.50$	-9.906
		インバート控除重量	$-\frac{\pi \times 1.100^2}{8} \times 0.900 \times 23.00$	-9.836
合計				-19.742

6) マンホールの自重

よって、マンホールの自重 W_B は以下ようになる。

$$W_B = 34.982 + 192.403 + 38.336 - 19.742 - 19.742 = 226.237 \text{ (kN)}$$

(2) マンホールにかかる上載土の荷重

マンホールにかかる上載土の荷重は次式により求め、その総和により算定する。

$$W_M = \sum \{ (A \cdot h - V) \cdot \gamma_t \}$$

ここに、

- W_M : 上載土の荷重 (kN)
- A : 載荷面積 (m²)
- h : 層厚 (m)
- V : 層厚に対する部材体積 (m³)
- γ_t : 土の単位体積重量 (kN/m³)

マンホールにかかる上載土の荷重 W_M は以下のようになる。

部材 No	層 No	深度 (m)	層厚 h (m)	土の単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	荷重面積 A (m ²)	部材体積 V (m ³)	上載荷重 W_M (kN)
1	埋戻し土	0.000~0.120	0.120	18.000	4.524	0.049	8.890
2		0.120~0.130	0.010	18.000	4.524	0.010	0.634
3		0.130~0.230	0.100	18.000	4.524	0.095	6.433
4		0.230~0.840	0.610	18.000	4.524	0.452	41.538
5		0.840~1.000	0.160	18.000	4.524	0.154	10.257
		1.000~1.450	0.450	20.000	4.524	0.394	32.836
合計							100.588

よって、上載土の荷重 W_S は以下のようになる。

$$W_S = W_M$$

$$W_S = 100.588 \text{ (kN)}$$

(3) 非液化化層による上載土のせん断抵抗

1) 各層中央での有効上載圧

床版より上部にある各層中央での有効上載圧 σ_v は以下のようになる。

部材 No	層 No	土質区分	単位体積重量		深度 (m)	層厚 h (m)	重量 × 層厚 (kN/m ²)	層上端有効上載圧 (kN/m ²)	重量 × 層厚/2 (kN/m ²)	層中央有効上載圧 (kN/m ²)
			大気中 γ_t (kN/m ³)	水中 γ_t' (kN/m ³)						
1	埋戻し土	砂質土	18.000	9.000	0.000~0.120	0.120	2.160	0.000	1.080	1.080
2					0.120~0.130	0.010	0.180	2.160	0.090	2.250
3					0.130~0.230	0.100	1.800	2.340	0.900	3.240
4					0.230~0.840	0.610	10.980	4.140	5.490	9.630
5					0.840~1.000	0.160	2.880	15.120	1.440	16.560
					1.000~1.450	0.450	4.050	18.000	2.025	20.025
6					1.450~1.700	0.250	2.250	22.050	1.125	23.175
					1.700~1.710	0.010	0.090	24.300	0.045	24.345

2) 非液状化層による上載土のせん断抵抗

非液状化層による上載土のせん断抵抗 Q_{SM} は床版より上部にある非液状化層による上載土のせん断抵抗を次式により求め、その総和により算定する。

[砂質土・礫質土]

$$Q_{SM} = K \cdot \sigma_v \cdot A \cdot \tan \phi$$

[粘性土]

$$Q_{SM} = C \cdot A$$

ここに、

Q_{SM} : 非液状化層のせん断抵抗力 (kN)

C : 粘着力 (kN/m²)

K : 静止土圧係数

σ_v : 層中央での有効上載圧 (kN/m²)

ϕ : 内部摩擦角 (°)

A : 土の側面積 (m²)

床版より上部にある非液状化層による上載土のせん断抵抗 Q_{SM} は以下ようになる。

部材 No	層 No	土質区分	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	静止土圧係数 K	土の側面積 A (m ²)	層中央有効上載圧 σ_v (kN/m ²)	液状化の判定	せん断抵抗力 Q_{SM} (kN)
1	埋戻し土	砂質土		30.0	0.500	0.905	1.080	非液状化層	0.282
2						0.075	2.250	非液状化層	0.049
3						0.754	3.240	非液状化層	0.705
4						4.599	9.630	非液状化層	12.785
5						1.206	16.560	非液状化層	5.765
合計						3.393	20.025	液状化層	19.586

よって、非液状化層による上載土のせん断抵抗 Q_s は以下ようになる。

$$Q_s = Q_{SM}$$

$$Q_s = 19.586 \text{ (kN)}$$

(4) 非液状化層によるマンホール側面の摩擦抵抗力

1) 各層中央での有効上載圧

各層中央での有効上載圧 σ_v は以下ようになる。

部材 No	層 No	土質区分	単位体積重量		深度 (m)	層厚 h (m)	重量 × 層厚 (kN/m ²)	層上端有効上載圧 (kN/m ²)	重量 × 層厚/2 (kN/m ²)	層中央有効上載圧 (kN/m ²)
			大気中 γ_t (kN/m ³)	水中 γ_t' (kN/m ³)						
1	埋戻し土	砂質土	18.000	9.000	0.000~0.120	0.120	2.160	0.000	1.080	1.080
2					0.120~0.130	0.010	0.180	2.160	0.090	2.250
3					0.130~0.230	0.100	1.800	2.340	0.900	3.240
4					0.230~0.840	0.610	10.980	4.140	5.490	9.630
5					0.840~1.000	0.160	2.880	15.120	1.440	16.560
					1.000~1.450	0.450	4.050	18.000	2.025	20.025
6					1.450~1.700	0.250	2.250	22.050	1.125	23.175
					1.700~1.710	0.010	0.090	24.300	0.045	24.345
7					1.710~2.300	0.590	5.310	24.390	2.655	27.045
					2.300~4.810	2.510	22.590	29.700	11.295	40.995
8	4.810~4.900	0.090	0.810	52.290	0.405	52.695				
	4.900~5.110	0.210	1.890	53.100	0.945	54.045				

2) 非液状化層によるマンホール側面の摩擦抵抗力

非液状化層によるマンホール側面の摩擦抵抗力 Q_{BM} は次式により求め、その総和により算定する。

[砂質土・礫質土]

$$Q_{BM} = K \cdot \sigma_v \cdot A \cdot \tan \frac{2}{3} \cdot \phi$$

[粘性土]

$$Q_{BM} = C \cdot A$$

ここに、

Q_{BM} : 非液状化層によるマンホール側面の摩擦抵抗力 (kN)

C : 粘着力 (kN/m²)

K : 静止土圧係数

σ_v : 層中央での有効上載圧 (kN/m²)

ϕ : 内部摩擦角 (°)

A : マンホールの側面積 (m²)

非液状化層によるマンホール側面の摩擦抵抗力 Q_{BM} は以下ようになる。

部材 No	層 No	土質区分	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	静止土圧係数 K	躯体の側面積 A (m ²)	層中央有効上載圧 σ_v (kN/m ²)	液状化の判定	摩擦抵抗力 Q_{BM} (kN)				
6	埋戻し土	砂質土		30.0	0.500	1.885	23.175	液状化層					
						0.075	24.345	液状化層					
7						4.448	27.045	液状化層					
						18.925	40.995	液状化層					
8						0.763	52.695	液状化層					
						1.781	54.045	液状化層					
合計													0.000

よって、非液状化層による摩擦抵抗力 Q_B は以下ようになる。

$$Q_B = Q_{BM}$$

$$Q_B = 0.000 \text{ (kN)}$$

3. マンホール底面に作用する揚圧力

(1) 静水圧による揚圧力

マンホール底面に作用する静水圧による揚圧力は次式より求める。

$$U_s = \Sigma (\gamma_w \cdot V)$$

ここに、

U_s : マンホール底面に作用する静水圧による揚圧力 (kN)

γ_w : 水の単位体積重量 $\gamma_w = 10.0$ (kN/m³)

V : 地下水位以下のマンホールの体積 (m³)

部材 No	深度 Z (m)	高さ H (m)	体積 V (m ³)
5	1.000~1.450	0.450	0.394
6	1.450~1.710	0.260	1.176
7	1.710~4.810	3.100	14.024
8	4.810~5.110	0.300	1.718
合計			17.312

よって、マンホール底面に作用する静水圧による揚圧力 U_s は以下ようになる。

$$\begin{aligned} U_s &= 10.0 \times 17.312 \\ &= 173.120 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

(2) 過剰間隙水圧による揚圧力

マンホール底面に作用する過剰間隙水圧による揚圧力は次式より求める。

$$U_D = L_u \cdot \sigma_v' \cdot A$$

ここに、

U_D : マンホール底面に作用する過剰間隙水圧による揚圧力 (kN)

L_u : 過剰間隙水圧比

$$L_u = F_L^{-7} \quad (F_L \geq 1)$$

$$L_u = 1 \quad (F_L < 1)$$

σ_v' : マンホール底面と同じ深さの土中の有効上載圧 (kN/m²)

A : マンホールの底面積 $A = 5.726$ (m²)

F_L : 地下水位から深さ20mまでの土層のうち粘性土層を除く土層の平均 F_L 値

ここで、平均 F_L 値(単純平均)は、

No	深度 Z (m)	抵抗率 F_L
1	1.500	0.488
2	2.500	0.866
3	3.500	5.913
4	4.500	0.885
5	5.500	3.303
6	6.500	1.317
7	7.500	0.720
8	8.500	1.221
9	9.500	0.390
10	10.500	0.458
11	11.500	0.744
平均値		1.482

マンホール底面と同じ深さの土中の有効上載圧 $\sigma v'$ は、

層 No	土の単位体積重量 γt (kN/m ³)	層厚 h (m)	有効上載圧 $\sigma v'$ (kN/m ²)
1	17.000	1.000	17.000
2	8.000	1.300	10.400
3	10.000	2.600	26.000
4	9.000	0.210	1.890
合計			55.290

過剰間隙水圧比 L_u は、

$$L_u = 1.482^{-7}$$

$$= 0.064$$

よって、マンホール底面に作用する過剰間隙水圧による揚圧力 U_b は以下のようになる。

$$U_b = 0.064 \times 55.290 \times 5.726$$

$$= 20.262 \text{ (kN)}$$

4. 浮上がりに対する安全率

浮上がりに対する安全率は、次式より求める。

$$F_s = \frac{W_s + W_B + Q_s + Q_B}{U_s + U_b}$$

ここに、

F_s : 浮上がりに対する安全率

W_s : 上載土の荷重 $W_s = 100.588$ (kN)

W_B : マンホールの自重 $W_B = 226.237$ (kN)

Q_s : 上載土のせん断抵抗力 $Q_s = 19.586$ (kN)

Q_B : マンホール側面の摩擦抵抗力 $Q_B = 0.000$ (kN)

U_s : マンホール底面に作用する静水圧による揚圧力 $U_s = 173.120$ (kN)

U_b : マンホール底面に作用する過剰間隙水圧による揚圧力 $U_b = 20.262$ (kN)

よって、浮上がりに対する安全率 F_s は、以下のようになる。

$$F_s = \frac{100.588 + 226.237 + 19.586 + 0.000}{173.120 + 20.262}$$

$$= 1.791 \geq 1.1 \text{ - OK -}$$