

埋設管路の耐震設計システム

Ver2.0

適用基準

- 土地改良事業計画設計基準：設計「パイプライン」（令和3年6月版）
- 下水道施設の耐震対策指針と解説－2015年版－
- 水道施設耐震工法指針・解説（2012年版）

出力例

適用基準：土地改良設計基準「パイプライン」
管材：ダクタイル鋳鉄管φ800（D1、PI管）

○詳細計算印刷

○計算結果一覧表

開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先：大阪事務所（技術サービス）

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

TEL：06-6125-2232 FAX：06-6125-2233

<http://www.sipc.co.jp> mail@sipc.co.jp

目 次

1	設計条件	3
1.1	準拠指針	3
1.2	使用管種	3
1.3	管きよの諸値	3
1.4	地盤条件	3
2	設計水平震度	4
2.1	計算式	4
2.2	耐震設計上の地盤種別	5
2.3	地域区分	6
2.4	設計水平震度	7
3	地震動の最大変位振幅	7
4	地盤振動の波長	8
5	地盤の液状化の判定	9
5.1	計算式	9
5.2	全上載圧	10
5.3	有効上載圧	11
5.4	タイプ I 地震動	11
5.4.1	繰り返し三軸強度比	11
5.4.2	地震時せん断応力比	11
5.4.3	液状化に対する抵抗率	12
5.5	タイプ II 地震動	12
5.5.1	繰り返し三軸強度比	12
5.5.2	地震時せん断応力比	12
5.5.3	液状化に対する抵抗率	13
6	常時荷重による継手の伸縮量の検討	14
6.1	内圧による軸方向応力および継手の伸縮量	14
6.2	自動車荷重による軸方向応力および継手の伸縮量	15
6.3	温度変化による継手の伸縮量	17
6.4	不同沈下による継手の伸縮量	17
7	マンホールと管きよの接続部の検討	18
7.1	地震動による屈曲角および拔出し量	18
7.1.1	計算式	18
7.1.2	レベル1地震動	19
7.1.3	レベル2地震動	19
7.2	地盤の液状化に伴う永久ひずみによる拔出し量	20
8	管きよ継手部の検討	21
8.1	地震動による継手の軸方向伸縮量	21
8.1.1	計算式	21
8.1.2	レベル1地震動	23
8.1.3	レベル2地震動	23
8.2	地震動による継手の屈曲角	24

8.2.1	計算式.....	24
8.2.2	レベル1地震動.....	24
8.2.3	レベル2地震動.....	24
8.3	液状化に伴う地盤の沈下による屈曲角と拔出し量.....	25
8.3.1	計算式.....	25
8.3.2	レベル1地震動.....	26
8.4	地盤の硬軟急変化部通過の影響による拔出し量.....	26
9	管きよの管軸方向の検討.....	27
9.1	管きよの軸方向応力度.....	27
9.1.1	計算式.....	27
9.1.2	地盤変位の伝達係数.....	28
9.1.3	管きよの応力補正係数.....	29
9.1.4	レベル1地震動.....	33
9.1.5	レベル2地震動.....	34
10	地盤の液状化に伴う浮上がりに対する検討.....	35
10.1	計算式.....	35
10.2	レベル1地震動.....	35
10.2.1	有効上載圧.....	35
10.2.2	非液状化層のせん断抵抗力.....	36
10.2.3	浮上がりに対する安全率.....	36

1 設計条件

1.1 準拠指針

土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」令和3年版
農林水産省 農村振興局

1.2 使用管種

ダクタイル鋳鉄管 $\phi 800$ (D1, P I 形)

外径 $D_e=812.8$ (mm) , 管厚 $T=13.5$ (mm)

計算管厚 $t=T/1.1=13.5/1.1=12.2$ (mm) ($t+1 \geq 10\text{mm}$, $\phi 800$ 以上より)

1.3 管きよの諸値

管きよの重要度 A種

管きよの継手構造 差し込み継手管きよ (可とう継手あり)

管体の単重	70.0 (kN/m ³)
モルタルの単重	21.0 (kN/m ³)
管体のヤング係数(短期)	160.00×10^6 (kN/m ²)
管体のヤング係数(長期)	160.00×10^6 (kN/m ²)
管体のポアソン比	0.280
管きよの有効長	6.000 (m)
管きよの土被り	1.200 (m)

1.4 地盤条件

	層厚 (m)	土質	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ (度)	N値	F_c (%)	D_{50} (mm)
1	2.500	洪積層 砂質土	15.00	5.00	10.0	5.0	15.0	40.0	0.080
2	7.500	洪積層 砂質土	17.50	7.50	4.0	20.5	18.0	40.0	0.080
3	3.000	洪積層 砂質土	19.00	9.00	10.0	24.5	11.0	30.0	0.150
4	3.000	洪積層 砂質土	19.00	9.00	30.0	10.0	17.0	30.0	0.150
5	7.000	洪積層 砂質土	20.00	10.00	6.0	30.0	15.0	0.0	0.350
Σ	23.000								

地下水位	G. L. - 1.000 (m)
表層地盤の平均せん断弾性波速度 V_{BS}	173.28 (m/s)
基盤のせん断弾性波速度 V_{B5}	300.00 (m/s)
基盤地震動の速度応答スペクトル S'_v	0.900 (m/s)
速度応答スペクトルの最大値 S'_{vmax}	0.950 (m/s)

2 設計水平震度

2.1 計算式

液状化の判定に用いる地盤面における設計水平震度は式(1)により求める。

$$k_{hgl} = C_z \cdot k_{hgl0} \quad \dots\dots\dots (1)$$

また、レベル1地震動の耐震計算上の基盤面における設計水平震度は式(2)により求める。

$$K'_{h1} = C_z \cdot K'_{h01} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 k_{hgl} ：液状化の判定に用いる地盤面における設計水平震度

k_{hgl0} ：液状化の判定に用いる設計水平震度の標準値

k'_{h1} ：レベル1地震動の耐震計算上の基盤面における設計水平震度

k'_{h01} ：レベル1地震動の基盤面における基準水平震度 $k'_{h01}=0.15$

C_z ：地域別補正係数(表2参照)

表1 設計水平震度の標準値

地震動	地盤種別	設計水平震度の標準値 k_{hgl0}
レベル1	I種地盤	0.16
	II種地盤	0.20
	III種地盤	0.24
レベル2	I種地盤	0.60~0.70
	II種地盤	0.70~0.80
	III種地盤	0.40~0.60

表2 地域別補正係数

地域区分	地域別補正係数 C_z
A区分	1.0
B区分	0.85
C区分	0.7

2.2 耐震設計上の地盤種別

耐震設計上の地盤種別は地盤の固有周期 T_g より表3により求める。なお、地盤の固有周期は式(3), (4)により求める。

$$T_g = 4 \cdot \sum \frac{H_i}{V_{si}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$V_{si} = \begin{cases} 129 \cdot N_i^{0.183} & (0 < N_i) \quad (\text{洪積層粘性土層の場合}) \\ 123 \cdot N_i^{0.125} & (0 < N_i) \quad (\text{洪積層砂質土層の場合}) \\ 122 \cdot N_i^{0.0777} & (0 < N_i) \quad (\text{沖積層粘性土層の場合}) \\ 61.8 \cdot N_i^{0.211} & (0 < N_i) \quad (\text{沖積層砂質土層の場合}) \\ 50 & (N_i = 0) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 T_g : 地盤の固有周期 (sec)
 H_i : i 番目の土層の厚さ (m)
 V_{si} : i 番目の土層の平均せん断弾性波速度 (m/s)
 N_i : i 番目の土層の平均N値

表3 耐震設計上の地盤種別

地盤種別	地盤の固有周期 T_g (s)
I種	$T_g < 0.2$
II種	$0.2 \leq T_g < 0.6$
III種	$0.6 \leq T_g$

	層厚 H _i (m)	土の種類	平均N値 N _i	V _{si} (m/sec)		H _i /V _{si} (sec)
1	2.500	洪積層 砂質土	15.0	123 × 15.0 ^{0.125} =	172.55	0.014
2	7.500	洪積層 砂質土	18.0	123 × 18.0 ^{0.125} =	176.53	0.042
3	3.000	洪積層 砂質土	11.0	123 × 11.0 ^{0.125} =	165.99	0.018
4	3.000	洪積層 砂質土	17.0	123 × 17.0 ^{0.125} =	175.27	0.017
5	7.000	洪積層 砂質土	15.0	123 × 15.0 ^{0.125} =	172.55	0.041
	23.000					0.133

$$T_G = 4 \cdot \sum \frac{H_i}{V_{si}} = 4 \times 0.133 = 0.531 \text{ (sec)}$$

よって、 $0.2 \leq T_G < 0.6$ (sec) であるから II種地盤

液状化の判定に用いる設計水平震度の標準値

レベル1地震動 $k_{\text{reg}1.0} = 0.15$

レベル2地震動 $k_{\text{reg}2.0} = 0.70$

2.3 地域区分

位置 鳥取県 鳥取市 (A地域)

地域別補正係数 $C_z = 1.00$

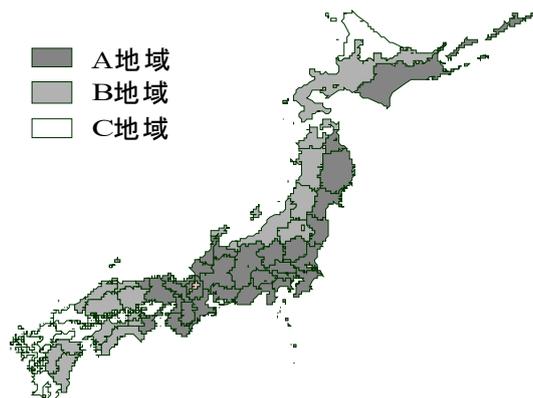


図2.1 地域区分

2.4 設計水平震度

液状化の判定に用いる地盤面における設計水平震度

$$\text{レベル1地震動 } k_{hgl} = C_z \cdot k_{hgl0} = 1.00 \times 0.15 = 0.15$$

$$\text{レベル2地震動 } k_{hgl} = C_z \cdot k_{hgl0} = 1.00 \times 0.70 = 0.70$$

耐震計算上の基盤面における設計水平震度

$$\text{レベル1地震動 } K'_{h1} = C_z \cdot K'_{h01} = 1.00 \times 0.15 = 0.15$$

3 地震動の最大変位振幅

任意の深さ z における地震動の最大変位振幅は式(5), (6)で求める。

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_g \cdot K'_{h1} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot z}{2H}\right) \quad (\text{地震動レベル1}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S'_v \cdot T_g \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot z}{2H}\right) \quad (\text{地震動レベル2}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$T_g = 4 \cdot \sum \frac{H_i}{V_{si}} = 0.531 \quad \dots\dots\dots (7)$$

- ここで、 $U_h(z)$: 深さ z における最大変位振幅 (m)
- z : 地表面からの深さ (m)
- H : 地表面から基盤層までの深さ (m)
- S_v : 基盤地震動の単位震度当たりの速度応答スペクトル (図3.1参照) (m/s)
- S'_v : 基盤地震動の速度応答スペクトル (図3.2参照) (m/s)
- K'_{h1} : 耐震設計上の基盤面における設計水平震度 $K'_{h1}=0.15$
- T_g : 表層地盤の固有周期 (s)
(式(3)の地盤の固有周期に等しい。)

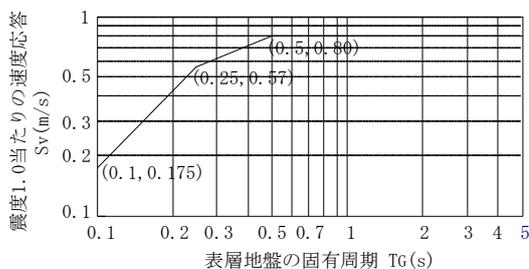


図3.1 速度応答スペクトル(レベル1)

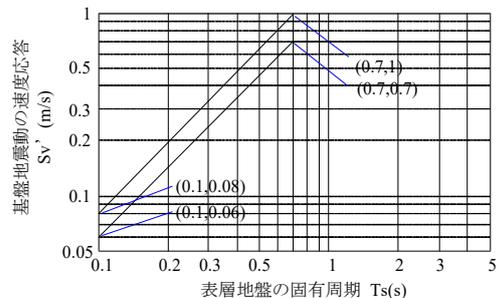


図3.2 速度応答スペクトル(レベル2)

速度応答スペクトル

$$T_g = 0.531 \text{ (s) より、}$$

$$\text{レベル1地震動 } S_v = 0.8000 \text{ (m/s)}$$

$$\text{レベル2地震動 } S'_v = 0.9000 \text{ (m/s)}$$

地震動の最大変位振幅

$$U_h(z) = \begin{cases} \frac{2}{\pi^2} \times 0.8000 \times 0.531 \times 0.15 \times \cos\left(\frac{\pi \times z}{2 \times 23.000}\right) & \text{(レベル1地震動)} \\ \frac{2}{\pi^2} \times 0.9000 \times 0.531 \times \cos\left(\frac{\pi \times z}{2 \times 23.000}\right) & \text{(レベル2地震動)} \end{cases}$$

4 地盤振動の波長

地盤振動の波長は式(8)～(10)で求める。

$$L = \frac{2L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} \dots\dots\dots (8)$$

$$L_1 = T_g \cdot V_{DS} \dots\dots\dots (9)$$

$$L_2 = T_g \cdot V_{BS} \dots\dots\dots (10)$$

ここで、L: 地盤振動の波長 (m)
 V_{DS} : 表層地盤の平均せん断弾性波速度 173.28 (m/s)
 V_{BS} : 基盤のせん断弾性波速度 300.00 (m/s)
 H: 表層地盤の厚さ 23.000 (m)
 T_g : 表層地盤の固有周期 0.531 (s)

$$L_1 = 0.531 \times 173.28 = 92.00 \text{ (m)}$$

$$L_2 = 0.531 \times 300.00 = 159.28 \text{ (m)}$$

地盤振動の波長

$$L = \frac{2 \times 92.00 \times 159.28}{92.00 + 159.28} = 116.63 \text{ (m)}$$

5 地盤の液状化の判定

5.1 計算式

液状化を生じる可能性があるとして判定された場合、式(11)～(21)により液状化に対する抵抗率 F_L を求め、この値が1.0以下の土層は地震時に液状化するものとみなす。

$$F_L = R/L \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$R = c_w \cdot R_L \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$L = \gamma_d \cdot k_{hgl} \cdot \sigma_v / \sigma'_v \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$R_L = \begin{cases} 0.0882 \sqrt{N_a/1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882 \sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\gamma_d = 1.0 - 0.015x \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$\sigma_v = \gamma_{i1} \cdot h_w + \gamma_{i2} (x - h_w) \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$\sigma'_v = \gamma_{i1} \cdot h_w + \gamma'_{i2} (x - h_w) \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$c_w = \begin{cases} 1.0 & \text{(タイプ I 地震動の場合)} \\ 1.0 & \text{(タイプ II 地震動の場合, } R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & \text{(" " " " , } 0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & \text{(" " " " , } 0.4 < R_L) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$N_a = \begin{cases} c_1 \cdot N_1 + c_2 & \text{(砂質土の場合)} \\ \{ 1 - 0.361 \log_{10} (D_{50}/2) \} \cdot N_1 & \text{(れき質土の場合)} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$N_1 = \frac{170N}{\sigma'_v + 70} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$c_1 = \begin{cases} 1.0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC+40)/50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC/20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$c_2 = \begin{cases} 0.0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC-10)/18 & (10\% \leq FC) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (22)$$

ここで、 F_L : 液状化に対する抵抗率

R : 動的せん断強度比

L : 地震時せん断応力比

c_w : 地震動特性による補正係数

R_t : 繰り返し三軸強度比

γ_d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

k_{hgl} : 液状化の判定に用いる地盤面における設計水平震度

σ_v : 全上載圧 (kN/m²)

σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²)

x : 地表面からの深さ (m)

γ_{i1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ_{i2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{i2} : 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)

h_w : 地下水位の深さ (m)

N : 標準貫入試験から得られるN値

N_i : 有効上載圧 100kN/m²相当に換算したN値

N_a : 粒度の影響を考慮した補正N値

c_1, c_2 : 細粒分含有率によるN値の補正係数

FC: 細粒分含有率 (%)

(粒径75 μ m以下の土粒子の通過質量百分率)

D_{50} : 平均粒径 (mm)

5.2 全上載圧

	地表面からの深さ (m)	全上載圧 σ_v (kN/m ²)	
1	1.250	15.00 × 1.250	18.75
2	6.250	18.75 + 15.00 × 1.250 + 17.50 × 3.750	103.13
3	11.500	103.13 + 17.50 × 3.750 + 19.00 × 1.500	197.25
4	14.500	197.25 + 19.00 × 1.500 + 19.00 × 1.500	254.25
5	19.500	254.25 + 19.00 × 1.500 + 20.00 × 3.500	352.75

5.3 有効上載圧

	地表面からの深さ (m)	有効上載圧 σ'_v (kN/m ²)	
1	1.250	15.00×1.000+5.00×0.250	16.25
2	6.250	16.25+5.00×1.250+7.50×3.750	50.63
3	11.500	50.63+7.50×3.750+9.00×1.500	92.25
4	14.500	92.25+9.00×1.500+9.00×1.500	119.25
5	19.500	119.25+9.00×1.500+10.00×3.500	167.75

5.4 タイプ I 地震動

5.4.1 繰り返し三軸強度比

	N	FC (%)	D ₅₀ (mm)	σ'_v (kN/m ²)	c ₁	c ₂	N _i	N _e	R _i
1	15.0	40.0	0.080	16.25	1.600	1.667	29.565	48.971	14.625
2	18.0	40.0	0.080	50.63	1.600	1.667	25.368	42.255	5.861
3	11.0	30.0	0.150	92.25	1.400	1.111	11.525	17.247	0.281
4	17.0	30.0	0.150	119.25	1.400	1.111	15.271	22.490	0.345
5	15.0	0.0	0.350	167.75	1.000	0.000	10.726	10.726	0.222

ただし、R_i：繰り返し三軸強度比

5.4.2 地震時せん断応力比

	x (m)	γ_d	k _{hg}	σ_v (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)	L
1	1.250	0.981	0.15	18.75	16.25	0.170
2	6.250	0.906	0.15	103.13	50.63	0.277
3	11.500	0.828	0.15	197.25	92.25	0.265
4	14.500	0.783	0.15	254.25	119.25	0.250
5	19.500	0.708	0.15	352.75	167.75	0.223

ただし、L：地震時せん断応力比

5.4.3 液状化に対する抵抗率

	R_L	c_v	R	L	F_L	判定	層厚(m)
1	14.625	1.000	14.625	0.170	86.115	非液状化層	----
2	5.861	1.000	5.861	0.277	21.164	非液状化層	----
3	0.281	1.000	0.281	0.265	1.060	非液状化層	----
4	0.345	1.000	0.345	0.250	1.379	非液状化層	----
5	0.222	1.000	0.222	0.223	0.993	液状化層	7.000
液状化層の合計厚							7.000

ただし、 F_L ：液状化に対する抵抗率

$F_L \leq 1.0$ なら液状化層、 $F_L > 1.0$ なら非液状化層

5.5 タイプII地震動

5.5.1 繰返し三軸強度比

	N	FC (%)	D_{50} (mm)	σ'_v (kN/m ²)	c_1	c_2	N_1	N_a	R_L
1	15.0	40.0	0.080	16.25	1.600	1.667	29.565	48.971	14.625
2	18.0	40.0	0.080	50.63	1.600	1.667	25.368	42.255	5.861
3	11.0	30.0	0.150	92.25	1.400	1.111	11.525	17.247	0.281
4	17.0	30.0	0.150	119.25	1.400	1.111	15.271	22.490	0.345
5	15.0	0.0	0.350	167.75	1.000	0.000	10.726	10.726	0.222

ただし、 R_L ：繰返し三軸強度比

5.5.2 地震時せん断応力比

	x (m)	γ_d	k_{hg}	σ_v (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)	L
1	1.250	0.981	0.70	18.75	16.25	0.793
2	6.250	0.906	0.70	103.13	50.63	1.292
3	11.500	0.828	0.70	197.25	92.25	1.239
4	14.500	0.783	0.70	254.25	119.25	1.168
5	19.500	0.708	0.70	352.75	167.75	1.041

ただし、L：地震時せん断応力比

5.5.3 液状化に対する抵抗率

	R_L	c_v	R	L	F_L	判 定	層 厚(m)
1	14.625	2.000	29.250	0.793	36.906	非液状化層	----
2	5.861	2.000	11.721	1.292	9.070	非液状化層	----
3	0.281	1.598	0.449	1.239	0.363	液状化層	3.000
4	0.345	1.809	0.624	1.168	0.534	液状化層	3.000
5	0.222	1.401	0.310	1.041	0.298	液状化層	7.000
液状化層の合計厚							13.000

ただし、 F_L ：液状化に対する抵抗率

$F_L \leq 1.0$ なら液状化層、 $F_L > 1.0$ なら非液状化層

6 常時荷重による継手の伸縮量の検討

6.1 内圧による軸方向応力および継手の伸縮量

内圧による軸方向応力は式(23)～(25)で、継手の伸縮量は式(26)で求める。

$$\sigma_{Pi} = \sigma_{Pi1} + \sigma_{Pi2} \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$\sigma_{Pi1} = \nu \cdot \frac{P_1 \cdot (D-t)}{2t_0} \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$\sigma_{Pi2} = \nu \cdot \frac{P_2 \cdot (D-t)}{2t_0} \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$l_i = l \cdot \left(\frac{\sigma_{Pi1}}{E_L} + \frac{\sigma_{Pi2}}{E_S} \right) \quad \dots\dots\dots (26)$$

ここで、 σ_{Pi} ：	内圧による軸方向応力	(kN/m ²)
σ_{Pi1} ：	静水圧による軸方向応力	(kN/m ²)
σ_{Pi2} ：	水撃圧による軸方向応力	(kN/m ²)
l_i ：	内圧による継手の伸縮量	(m)
l ：	管長	6.000 (m)
E_L ：	管のヤング係数(長期)	160.00×10 ⁶ (kN/m ²)
E_S ：	管のヤング係数(短期)	160.00×10 ⁶ (kN/m ²)
ν ：	ポアソン比	0.280
P_1 ：	静水圧	0.25 (kN/m ²)
P_2 ：	水撃圧	0.25 (kN/m ²)
D ：	管外径	0.8128 (m)
t ：	管厚	0.0135 (m)
t_0 ：	計算管厚	0.0122 (m)

内圧による軸方向応力

$$\sigma_{Pi1} = \nu \cdot \frac{P_1 \cdot (D-t)}{2t_0} = 0.280 \times \frac{0.25 \times (0.8128 - 0.0135)}{2 \times 0.0122} = 2.29 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\sigma_{Pi2} = \nu \cdot \frac{P_2 \cdot (D-t)}{2t_0} = 0.280 \times \frac{0.25 \times (0.8128 - 0.0135)}{2 \times 0.0122} = 2.29 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Pi} &= \sigma_{Pi1} + \sigma_{Pi2} = 2.29 + 2.29 = 4.59 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ &= 0.00 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_a = 189.0 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (0k) \end{aligned}$$

内圧による継手の伸縮量

$$l_i = l \cdot \left(\frac{\sigma_{Pi1}}{E_L} + \frac{\sigma_{Pi2}}{E_S} \right) = 6.000 \times \left(\frac{2.29}{160.00 \times 10^6} + \frac{2.29}{160.00 \times 10^6} \right)$$

$$= 0.00000 \text{ (m)} = 0.00 \text{ (mm)} \leq l_a = 10.0 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (0k)$$

6.2 自動車荷重による軸方向応力および継手の伸縮量

自動車荷重による軸方向応力は式(27)で、継手の伸縮量は式(28)で求める。

$$\sigma_{P0} = \frac{0.322W_m}{Z} \cdot \sqrt{\frac{E_S \cdot I}{k_v \cdot D}} \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$l_o = \frac{l \cdot \sigma_{P0}}{E_S} \quad \dots\dots\dots (28)$$

- ここで、 σ_{P0} : 自動車荷重による軸方向応力 (kN/m²)
 l_o : 自動車荷重による継手の伸縮量 (m)
 l : 管長 6.000 (m)
 W_m : 自動車荷重。式(29)で求める。 (kN/m)
 k_v : 鉛直方向地盤反力係数 7000.00 (kN/m³)
 E_S : 管のヤング係数(短期) 160.00×10⁶ (kN/m²)
 I : 断面2次モーメント 0.002459 (m⁴)
 $I = \pi/64 \cdot \{D^4 - (D-2t_o)^4\}$
 $= \pi/64 \times \{0.8128^4 - (0.8128 - 2 \times 0.0122)^4\} = 0.002459 \text{ (m}^4\text{)}$
 Z : 断面係数 $Z = I/(D/2) = 0.002459/0.4064 = 0.006051 \text{ (m}^3\text{)}$
 D : 管外径 0.8128 (m)
 t_o : 設計管厚 0.0122 (m)

$$W_m = W_w \cdot D \quad \dots\dots\dots (29)$$

$$W_w = \frac{P \cdot \beta}{0.2+2h} \quad \dots\dots\dots (30)$$

$$P = \frac{2P_r}{B} \cdot (1+i) \quad \dots\dots\dots (31)$$

ここで、 W_m ：自動車荷重 (kN/m)
 W_w ：輪荷重による鉛直荷重 (kN/m²)
 P ：進行直角方向単位長さ当たりの後輪荷重 (kN/m)
 P_r ：後輪荷重 100.0 (kN)
 β ：断面力の低減係数 0.9
 h ：土被り 1.200 (m)
 B ：車両占有幅 2.75 (m)
 i ：衝撃係数(表4参照)
 コンクリートまたはアスファルト舗装道路、
 土被り1.8m未満より $i=0.3$

表4 衝撃係数

	土被り (m)		
	1.8m 未満	1.5m～2.5m未満	2.5m 以上
未舗装道路	0.4	0.3	0.2
コンクリートまたはアスファルト舗装	0.3	0.2	0.1

進行直角方向単位長さ当たりの後輪荷重

$$P = \frac{2P_r}{B} \cdot (1+i) = \frac{2 \times 100.0}{2.75} \times (1+0.3) = 94.55 \text{ (kN/m)}$$

輪荷重による鉛直荷重

$$W_w = \frac{P \cdot \beta}{0.2+2h} = \frac{94.55 \times 0.9}{0.2+2 \times 1.200} = 32.73 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

自動車荷重

$$W_m = W_w \cdot D = 32.73 \times 0.8128 = 26.60 \text{ (kN/m)}$$

自動車荷重による軸方向応力

$$\begin{aligned} \sigma_{p0} &= \frac{0.322W_m}{Z} \cdot \sqrt{\frac{E_s \cdot I}{k_v \cdot D}} \\ &= \frac{0.322 \times 26.60}{0.006051} \times \sqrt{\frac{160.00 \times 10^6 \times 0.002459}{7000.00 \times 0.8128}} \\ &= 11771.68 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ &= 11.77 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_a = 189.0 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots (Ok) \end{aligned}$$

自動車荷重による継手の伸縮量

$$e_0 = \frac{l \cdot \sigma_{p0}}{E_s} = \frac{6.000 \times 11771.68}{160.00 \times 10^6}$$

$$= 0.00044 \text{ (m)} = 0.44 \text{ (mm)} \leq l_a = 10.00 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (0k)$$

6.3 温度変化による継手の伸縮量

温度変化による継手の伸縮量は式(32)で求める。

$$l_t = \alpha \cdot \Delta t \cdot l \quad \dots\dots\dots (32)$$

$$= 1.15 \times 10^{-5} \times 15.0 \times 6.000$$

$$= 0.00104 \text{ (m)} = 1.04 \text{ (mm)} \leq l_a = 10.00 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (0k)$$

ここで、 l_t ： 温度変化による継手の伸縮量 (m)
 α ： 管の線膨張係数 1.15×10^{-5} (1/°C)
 Δt ： 温度変化 15.0 (°C)
 l ： 管長 6.000 (m)

6.4 不同沈下による継手の伸縮量

不同沈下による継手の伸縮量は式(33)で求める。

$$l_d = \Delta l = \sqrt{\left(\frac{L_d}{2}\right)^2 + s^2} - \frac{L_d}{2} \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$= \sqrt{\left(\frac{50.000}{2}\right)^2 + 0.200^2} - \frac{50.000}{2}$$

$$= 0.00080 \text{ (m)} = 0.80 \text{ (mm)} \leq l_a = 10.00 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (0k)$$

ここで、 l_d ： 不同沈下による継手の伸縮量 (m)
 Δl ： l_d 区間における軸心の伸び (m)
 L_d ： 軟弱地盤区間 50.000 (m)
 s ： $l_d/2$ 地点における沈下量 0.200 (m)

7 マンホールと管きよの接続部の検討

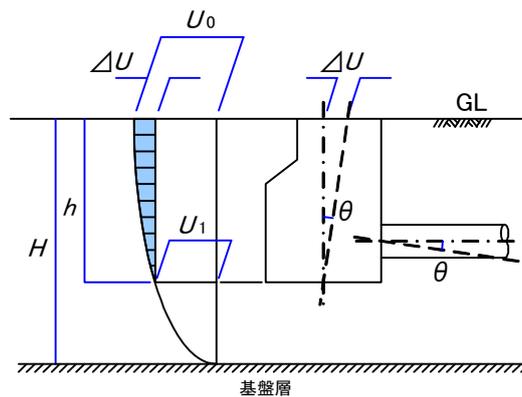


図7.1 マンホールと管きよの接続部の荷重

7.1 地震動による屈曲角および拔出し量

7.1.1 計算式

マンホールと管きよの接続部の継ぎ手の屈曲角はマンホールおよび本管の回転角と同じとして式(34), (35)で求める(図7.1参照)。

また、地震動による本管のマンホールからの拔出し量は式(36), (37)で求める。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta U}{h} \right) \quad \dots\dots\dots (34)$$

$$\Delta U = U_h(0) - U_h(h) = U_0 - U_1 \quad \dots\dots\dots (35)$$

$$\delta = \varepsilon_{gd} \cdot l \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{L} \cdot U_p \quad \dots\dots\dots (37)$$

- ここで、 θ ：マンホールおよび本管の回転角(継ぎ手の屈曲角) (rad)
 δ ：地震動による本管のマンホールからの拔出し量 (m)
 $U_h(z)$ ：深さzにおける最大変位振幅。式(5), (6)で求める。 (m)
 z ：地表面からの深さ (m)
 U_0 ：地表面における最大変位振幅 (m)
 U_1 ：マンホール底面位置における最大変位振幅 (m)
 U_p ：管きよ中心深度(1.606(m))における最大変位振幅 (m)
 h ：マンホールの深さ 2.500 (m)
 ε_{gd} ：地震動により地盤に生じるひずみ
 l ：管の有効長 6.000 (m)
 L ：地盤振動の波長 116.63 (m)

7.1.2 レベル1地震動

地表面における最大変位振幅

$$\begin{aligned}
 U_0 &= \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_G \cdot K'_{hl} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot z}{2H}\right) \\
 &= \frac{2}{\pi^2} \times 0.8000 \times 0.531 \times 0.15 \times \cos\left(\frac{\pi \times 0.000}{2 \times 23.000}\right) = 0.01291 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

マンホール底面位置における最大変位振幅

$$U_1 = \frac{2}{\pi^2} \times 0.8000 \times 0.531 \times 0.15 \times \cos\left(\frac{\pi \times 2.500}{2 \times 23.000}\right) = 0.01272 \text{ (m)}$$

管きよ中心深度における最大変位振幅

$$U_p = \frac{2}{\pi^2} \times 0.8000 \times 0.531 \times 0.15 \times \cos\left(\frac{\pi \times 1.606}{2 \times 23.000}\right) = 0.01283 \text{ (m)}$$

地震動により地盤に生じるひずみ

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{L} \cdot U_p = \frac{\pi}{116.63} \times 0.01283 = 0.000346$$

地震動による屈曲角

$$\begin{aligned}
 \theta &= \tan^{-1}\left(\frac{\Delta U}{h}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0.01291 - 0.01272}{2.500}\right) \\
 &= 0.0001 \text{ (rad)} = 0.004 \text{ (度)} \leq \theta_a = 5.0 \text{ (度)} \quad \dots\dots\dots (0k)
 \end{aligned}$$

地震動による拔出し量

$$\begin{aligned}
 \delta &= \varepsilon_{gd} \cdot l = 0.000346 \times 6.000 \\
 &= 0.0021 \text{ (m)} = 2.07 \text{ (mm)} \leq 10.0 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (0k)
 \end{aligned}$$

7.1.3 レベル2地震動

地表面における最大変位振幅

$$\begin{aligned}
 U_0 &= \frac{2}{\pi^2} \cdot S'_v \cdot T_G \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot z}{2H}\right) \\
 &= \frac{2}{\pi^2} \times 0.9000 \times 0.531 \times \cos\left(\frac{\pi \times 0.000}{2 \times 23.000}\right) = 0.09683 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

マンホール底面位置における最大変位振幅

$$U_1 = \frac{2}{\pi^2} \times 0.9000 \times 0.531 \times \cos\left(\frac{\pi \times 2.500}{2 \times 23.000}\right) = 0.09542 \text{ (m)}$$

管きよ中心深度における最大変位振幅

$$U_p = \frac{2}{\pi^2} \times 0.9000 \times 0.531 \times \cos\left(\frac{\pi \times 1.606}{2 \times 23.000}\right) = 0.09625 \text{ (m)}$$

地震動により地盤に生じるひずみ

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{L} \cdot U_p = \frac{\pi}{116.63} \times 0.09625 = 0.002593$$

地震動による屈曲角

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1}\left(\frac{\Delta U}{h}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0.09683-0.09542}{2.500}\right) \\ &= 0.0006 \text{ (rad)} = 0.032 \text{ (度)} \leq \theta_a = 5.0 \text{ (度)} \quad \dots\dots\dots (Ok) \end{aligned}$$

地震動による拔出し量

$$\begin{aligned} \delta &= \varepsilon_{gd} \cdot l = 0.002593 \times 6.000 \\ &= 0.0156 \text{ (m)} = 15.56 \text{ (mm)} > 10.0 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (NG) \end{aligned}$$

7.2 地盤の液状化に伴う永久ひずみによる拔出し量

地盤の永久ひずみによる本管のマンホールからの拔出し量は式(38)で求める。

$$\delta = \varepsilon_g \cdot l \quad \dots\dots\dots (38)$$

- ここで、 δ ： 地盤の永久ひずみによる本管の
マンホールからの拔出し量 (m)
- ε_g ： 地盤の永久ひずみ
- l ： 管の有効長 6.000 (m)

レベル1地震動 $\varepsilon_g=1.20\%$

$$\delta = 0.0120 \times 6.000 = 0.0720 \text{ (m)} = 72.0 \text{ (mm)} > \delta_a=10.0 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (NG)$$

8 管きよ継手部の検討

8.1 地震動による継手の軸方向伸縮量

8.1.1 計算式

本管継手部の地震動による軸方向伸縮量は式(39)～(46)で求める。

$$|u_j| = u_0 \cdot u_j \quad \dots\dots\dots (39)$$

$$u_0 = \alpha_1 \cdot \frac{U_h}{\sqrt{\frac{2}{2}}} \cdot \eta \quad \dots\dots\dots (40)$$

$$u_j = \frac{2\gamma_1 \cdot |\cosh \beta_1 - \cos \gamma_1|}{\beta_1 \cdot \sinh \beta_1} \quad \dots\dots\dots (41)$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + (\gamma_1 / \beta_1)^2} \quad \dots\dots\dots (42)$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{K_{g1}}{E_L \cdot A}} \cdot l \quad \dots\dots\dots (43)$$

$$\gamma_1 = \frac{2\pi \cdot l}{L'} \quad \dots\dots\dots (44)$$

$$K_{g1} = C_1 \cdot \frac{\gamma_t}{g} \cdot V_s^2 \quad \dots\dots\dots (45)$$

$$L' = \sqrt{2} \cdot L = \sqrt{2} \times 116.6 = 164.9 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots (46)$$

- ここで、 $|u_j|$: 管軸方向継手伸縮量 (m)
 u_j : 継手変位係数
 u_0 : 無限連続梁とした場合の管軸方向継手伸縮量 (m)
 L : 地盤振動の波長 116.6 (m)
 L' : 地盤振動の見かけの波長 (m)
 U_h : 管きよ敷設深度1.606(m)における地盤の最大変位振幅
 式(5), (6)で求める (m)
 K_{g1} : 管軸方向の単位長さ当たりの地盤剛性係数 (kN/m³)
 γ_t : 表層地盤の換算単位体積重量 $\gamma_t = \Sigma \gamma_{ti} H_i / \Sigma H_i$ (kN/m³)
 V_s : 管路位置での表層地盤のせん断弾性
 波速度 134.13 (m/s)
 C_1 : 管軸方向単位長さ当たりの地盤剛性係数に対する定数 $C_1=1.50$
 E_L : 管材のヤング係数(長期) 160.00×10^6 (kN/m²)
 A : 管きよの断面積
 $A = \pi / 4 \times (0.8128^2 - 0.7884^2) = 0.030685$ (m²)
 l : 継手間の長さ 6.000 (m)
 η : 地盤の不均一度係数(表5参照)
 均一のため 1.0

表5 地盤の不均一度係数 η

不均一の程度	η	地盤条件
均一	1.0	洪積地盤、均一な沖積地盤
不均一	1.4	層厚の変化がやや激しい沖積地盤、普通の丘陵宅造地
極めて不均一	2.0	河川流域、おぼれ谷などの非常に不均一な沖積地盤、大規模な切土・盛土の造成地

(注) 洪積地盤であっても平坦でない地形の場合は、不均一な地盤と見なす。

表層地盤の換算単位体積重量

	層厚 H_i (m)	単位体積重量 γ_{ii} (kN/m ³)	$\gamma_{ii}H_i$ (kN/m ²)
1	2.500	15.00	37.50
2	7.500	17.50	131.25
3	3.000	19.00	57.00
4	3.000	19.00	57.00
5	7.000	20.00	140.00
	23.000		422.75

$$\gamma_t = \frac{422.75}{23.000} = 18.38 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

管軸方向および管軸直角方向の単位長さ当たりの地盤剛性係数

$$K_{g1} = C_1 \cdot \frac{\gamma_t}{g} \cdot V_s^2 = 1.50 \times \frac{18.38}{9.8} \times 134.13^2 = 50616.10 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{K_{g1}}{E_L \cdot A}} \cdot l = \sqrt{\frac{50616.10}{160.00 \times 10^6 \times 0.030685}} \times 6.000 = 0.6092$$

$$\gamma_1 = \frac{2\pi \cdot l}{L'} = \frac{2 \times \pi \times 6.000}{164.9} = 0.2286$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + (\gamma_1 / \beta_1)^2} = \frac{1}{1 + (0.2286 / 0.6092)^2} = 0.8766$$

継手変位係数

$$u_j = \frac{2\gamma_1 \cdot |\cosh\beta_1 - \cos\gamma_1|}{\beta_1 \cdot \sinh\beta_1} \dots\dots\dots (41)$$

$$= \frac{2 \times 0.2286 \times |\cosh 0.6092 - \cos 0.2286|}{0.6092 \times \sinh 0.6092} = 0.252$$

8.1.2 レベル1地震動

管きょ敷設深度における最大変位振幅

無限連続梁とした場合の管軸方向継手伸縮量

$$u_0 = \alpha_1 \cdot \frac{U_h}{\sqrt{2}} \cdot \eta = 0.87662 \times \frac{0.012833}{\sqrt{2}} \times 1.0 = 0.0080 \text{ (m)}$$

管軸方向継手伸縮量

$$|u_j| = u_0 \cdot u_j = 0.00795 \times 0.252$$

$$= 0.00200 \text{ (m)} = 2.00 \text{ (mm)} \leq \delta_a = 10.0 \text{ (mm)} \dots\dots\dots (Ok)$$

継手の伸縮量合計

	拔出し量 (mm)
内圧による継手の伸縮量	0.00
自動車荷重による継手の伸縮量	0.44
温度変化による継手の伸縮量	1.04
不同沈下による継手の伸縮量	0.80
地震動による継手の伸縮量	2.00
合 計	4.28

$$\delta = 4.28 \text{ (mm)} \leq \delta_a = 10.0 \text{ (mm)} \dots\dots\dots (Ok)$$

8.1.3 レベル2地震動

管きょ敷設深度における最大変位振幅

無限連続梁とした場合の管軸方向継手伸縮量

$$u_0 = \alpha_1 \cdot \frac{U_h}{\sqrt{2}} \cdot \eta = 0.87662 \times \frac{0.096248}{\sqrt{2}} \times 1.0 = 0.0597 \text{ (m)}$$

管軸方向継手伸縮量

$$|u_j| = u_0 \cdot u_j = 0.05966 \times 0.252$$

$$= 0.01503 \text{ (m)} = 15.03 \text{ (mm)} > \delta_a = 10.0 \text{ (mm)} \dots\dots\dots (NG)$$

継手の伸縮量合計

	拔出し量 (mm)
内圧による継手の伸縮量	0.00
自動車荷重による継手の伸縮量	0.44
温度変化による継手の伸縮量	1.04
不同沈下による継手の伸縮量	0.80
地震動による継手の伸縮量	15.03
合 計	17.30

$$\delta = 17.30 \text{ (mm)} > \delta_a = 10.0 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots \text{(NG)}$$

8.2 地震動による継手の屈曲角

8.2.1 計算式

本管継手部の地震動による屈曲角は式(47)で求める。

$$\theta = \frac{4\pi^2 \cdot l \cdot U_h \cdot \eta}{L^2} \quad \dots\dots\dots \text{(47)}$$

- ここで、 θ ：地震動による継手の屈曲角 (rad)
 l ：継手間の長さ 6.000 (m)
 L ：地盤振動の波長 116.6 (m)
 U_h ：管きょ敷設深度1.606(m)における地盤の最大変位振幅 (m)
 式(5), (6)で求める
 η ：地盤の不均一度係数(表5参照) 均一 のため 1.0

8.2.2 レベル1地震動

管きょ敷設深度における最大変位振幅

地震動による継手の屈曲角

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{4\pi^2 \cdot l \cdot U_h \cdot \eta}{L^2} \\ &= \frac{4 \times \pi^2 \times 6.000 \times 0.01283 \times 1.0}{116.6^2} \\ &= 0.000223 \text{ (rad)} = 0.013 \text{ (度)} \leq \theta_a = 5.0 \text{ (度)} \quad \dots\dots\dots \text{(Ok)} \end{aligned}$$

8.2.3 レベル2地震動

管きょ敷設深度における最大変位振幅

地震動による継手の屈曲角

$$\theta = \frac{4\pi^2 \cdot l \cdot U_h \cdot \eta}{L^2}$$

$$= \frac{4 \times \pi^2 \times 6.000 \times 0.09625 \times 1.0}{116.6^2}$$

$$= 0.001676(\text{rad}) = 0.096(\text{度}) \leq \theta_a = 5.0(\text{度}) \quad \dots\dots\dots (0k)$$

8.3 液状化に伴う地盤の沈下による屈曲角と抜出し量

8.3.1 計算式

地盤の液状化に伴う地盤沈下による屈曲角は、マンホール間の沈下状況を図8.1のように2次曲線で近似し、式(48)で求める。また、液状化に伴う地盤沈下による抜出し量は式(49)で求める。

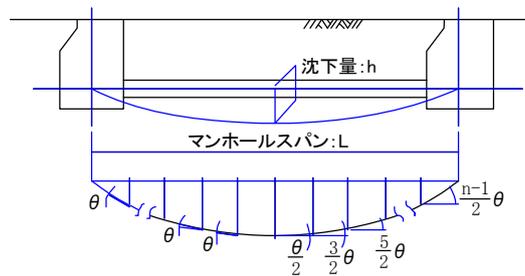


図8.1 地盤の沈下による屈曲角

$$\theta = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{4h}{L^2} \cdot l \right) \quad \dots\dots\dots (48)$$

$$\delta_{s \cdot \max} = \frac{1}{\cos \left(\frac{n-1}{2} \cdot \theta \right)} - 1 \quad \dots\dots\dots (49)$$

- ここで、 θ ：継ぎ手の屈曲角 (rad)
 $\delta_{s \cdot \max}$ ：最大抜出し量 (m)
 h ：液状化に伴う地盤沈下量 (m)
 液状化層の合計厚の5%とする。
 L ：マンホールスパン 20.000 (m)
 l ：管の有効長 6.000 (m)
 n ：マンホールスパンの管きよ本数 8 (本)

8.3.2 レベル1地震動

液状化層の合計厚 7.000(m)

液状化に伴う地盤沈下量 $h = 7.000 \times 0.05 = 0.350$ (m)

液状化に伴う地盤の沈下による屈曲角

$$\begin{aligned} \theta &= 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{4h}{L^2} \cdot l \right) = 2 \times \tan^{-1} \left(\frac{4 \times 0.350}{20.000^2} \times 6.000 \right) \\ &= 0.0420 \text{ (rad)} = 2.406 \text{ (度)} \leq \theta_a = 5.0 \text{ (度)} \quad \dots\dots\dots (Ok) \end{aligned}$$

液状化に伴う地盤の沈下による拔出し量

$$\begin{aligned} \delta_{s \cdot \max} &= \frac{l}{\cos \left(\frac{n-1}{2} \cdot \theta \right)} - l = \frac{6.000}{\cos \left(\frac{8-1}{2} \times 0.0420 \right)} - 6.000 \\ &= 0.0654 \text{ (m)} = 65.40 \text{ (mm)} > 10.0 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (NG) \end{aligned}$$

8.4 地盤の硬軟急変化部通過の影響による拔出し量

推進工法により敷設された管きよが地盤の硬軟急変化部を通過する場合、地盤の永久ひずみによる管きよ継手部の拔出し量は式(50)で求める。

$$\delta = \varepsilon_{gd2} \cdot l \quad \dots\dots\dots (50)$$

ここで、 δ ：硬軟境界部に生じるひずみによる

管きよ継手部の拔出し量 (m)

ε_{gd2} ：硬軟境界部に生じるひずみ

l ：管の有効長 6.000 (m)

レベル1地震動 $\varepsilon_{gd2} = 0.50$ (%)

$$\delta = 0.0050 \times 6.000 = 0.0300 \text{ (m)} = 30.0 \text{ (mm)} \leq \delta_a = 30.0 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (Ok)$$

レベル2地震動 $\varepsilon_g = 0.50$ (%)

$$\delta = 0.0050 \times 6.000 = 0.0300 \text{ (m)} = 30.0 \text{ (mm)} \leq \delta_a = 30.0 \text{ (mm)} \quad \dots\dots\dots (Ok)$$

9 管きよの管軸方向の検討

9.1 管きよの軸方向応力度

9.1.1 計算式

管軸方向断面引張応力度は式(51)～(54)で照査する。

$$\sigma_x = \sqrt{\gamma \cdot \sigma_L^2 + \sigma_B^2} \quad \dots\dots\dots (51)$$

$$\sigma_L = \alpha_1 \cdot \xi_1 \cdot \frac{\pi \cdot U_h}{L} \cdot E_L \cdot \eta \quad \dots\dots\dots (52)$$

$$\sigma_L = \xi_1 \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot \tau \cdot l}{2A} \quad \dots\dots\dots (53)$$

$$\sigma_B = \alpha_2 \cdot \xi_2 \cdot \frac{2\pi^2 \cdot D \cdot U_h}{L^2} \cdot E_L \cdot \eta \quad \dots\dots\dots (54)$$

- ここで、 σ_x : 可とう継手から管軸方向に距離 x (m) の位置における軸方向力と曲げ方向応力の合成応力 (kN/m²)
 σ_L : 管きよの軸方向応力 (kN/m²)
 レベル1地震動のとき式(52)で求める
 レベル2地震動のとき式(52), 式(53)で求めた値の大きいほうを用いる
 σ_B : 管きよの曲げ方向応力 (kN/m²)
 U_h : 管きよ敷設深度における最大変位振幅。式(5), (6)で求める。 (m)
 z : 管きよ敷設深度 1.606 (m)
 L : 地盤振動の波長 116.6 (m)
 E_L : 管きよの弾性係数(長期) 160.00×10⁶ (kN/m²)
 D : 管の外径 0.813 (m)
 A : 管きよの断面積
 $A = \pi / 4 \times (0.8128^2 - 0.7884^2) = 0.030685$ (m²)
 l : 管長 6.000 (m)
 τ : 管きよと地盤の摩擦力 10.00 (kN/m²)
 γ : 重畳係数 $\gamma=2.00$ (レベル1地震動)
 $\gamma=1.00$ (レベル2地震動)
 α_1 : 管軸方向の地盤変位の伝達係数。式(55)で求める。
 α_2 : 管軸直角方向の地盤変位の伝達係数。式(55)で求める。
 η : 地盤の不均一度係数(表5参照) 均一のため
 ξ_2 : 管きよの可とう継手がある場合の応力補正係数。式(60)で求める。

9.1.2 地盤変位の伝達係数

管軸方向および管軸直角方向の地盤変位の伝達係数は式(55)～(58)で照査する。

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_1 \cdot L'} \right)^2}, \quad \alpha_2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_2 \cdot L} \right)^4} \quad \dots\dots\dots (55)$$

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{K_{g1}}{E_L \cdot A}}, \quad \lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{K_{g2}}{E_L \cdot I}} \quad \dots\dots\dots (56)$$

$$K_{g1} = C_1 \cdot \frac{\gamma_t}{g} \cdot V_s^2, \quad K_{g2} = C_2 \cdot \frac{\gamma_t}{g} \cdot V_s^2 \quad \dots\dots\dots (57)$$

$$L' = \sqrt{2} \cdot L = \sqrt{2} \times 116.6 = 164.9 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots (58)$$

- ここで、 L' ：地盤振動の見かけの波長 (m)
 E_L ：管きよの弾性係数(長期) 160.00×10^6 (kN/m²)
 A ：管きよの断面積 $A = \pi / 4 \times (0.8128^2 - 0.7884^2) = 0.03068$ (m²)
 I ：管きよの断面2次モーメント
 $I = \pi / 64 \times (0.8128^4 - 0.7884^4) = 0.00246$ (m⁴)
 K_{g1} ：管軸方向の単位長さ当たりの地盤剛性係数 (kN/m²)
 K_{g2} ：管軸直角方向の単位長さ当たりの地盤剛性係数 (kN/m²)

γ_t ：表層地盤の換算単位体積重量 $\gamma_t = \Sigma \gamma_{ti} H_i / \Sigma H_i$ (kN/m³)

	層厚 H_i (m)	単位体積重量 γ_{ti} (kN/m ³)	$\gamma_{ti} H_i$ (kN/m ²)
1	2.500	15.00	37.50
2	7.500	17.50	131.25
3	3.000	19.00	57.00
4	3.000	19.00	57.00
5	7.000	20.00	140.00
	23.000		422.75

$$\gamma_t = \frac{422.75}{23.000} = 18.38 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

- g ：重力の加速度 9.8 (N/s²)
 V_s ：管路位置での表層地盤のせん断弾性波速度 134.13 (m/s)
 C_1 ：管軸方向単位長さ当たりの地盤剛性係数に対する定数 $C_1=1.50$
 C_2 ：管軸直角方向単位長さ当たりの地盤剛性係数に対する定数 $C_2=3.00$

管軸方向および管軸直角方向の単位長さ当たりの地盤剛性係数

$$K_{g1} = C_1 \cdot \frac{\gamma_t}{g} \cdot V_s^2 = 1.50 \times \frac{18.38}{9.8} \times 134.13^2 = 50616.1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$K_{g2} = C_2 \cdot \frac{\gamma_t}{g} \cdot V_s^2 = 3.00 \times \frac{18.38}{9.8} \times 134.13^2 = 101232.2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{K_{g1}}{E_L \cdot A}} = \sqrt{\frac{50616.1}{160.00 \times 10^6 \times 0.03068}} = 0.1015$$

$$\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{K_{g2}}{E_L \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{101232.2}{160.00 \times 10^6 \times 0.0025}} = 0.7122$$

管軸方向および管軸直角方向の地盤変位の伝達係数

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_1 \cdot L'} \right)^2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{0.1015 \times 164.9} \right)^2} = 0.8766$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_2 \cdot L} \right)^4} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{0.7122 \times 116.6} \right)^4} = 1.0000$$

9.1.3 管きよの応力補正係数

管きよの可とう継手がある場合の応力補正係数は式(59), (60)で求める。

$$\xi_1 = \frac{\sqrt{\phi_1^2 + \phi_2^2}}{\exp(\nu' \cdot \lambda_1 \cdot L') - \exp(-\nu' \cdot \lambda_1 \cdot L')} \dots\dots\dots (59)$$

$$\xi_2 = \sqrt{\phi_3^2 + \phi_4^2} \dots\dots\dots (60)$$

$$\nu = \frac{1}{L} = \frac{6.000}{116.6} = 0.0514 \quad , \quad \nu' = \frac{1}{L'} = \frac{6.000}{164.9} = 0.0364$$

$$\mu = \frac{x}{L} = \frac{3.000}{116.6} = 0.0257 \quad , \quad \mu' = \frac{x}{L'} = \frac{3.000}{164.9} = 0.0182$$

ここで、L: 管路の可とう継手間の長さ 6.000 (m)

x: 応力度算出位置。可とう継手間の中央とする。

$$6.000 / 2 = 3.000 \text{ (m)}$$

$\phi_1 \sim \phi_4$: 式(61)～(64)で求める。

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \{ \exp(-\nu' \lambda_1 L') - \cos(2\pi \nu') \} \cdot \exp(\mu' \lambda_1 L') \\ &\quad - \{ \exp(\nu' \lambda_1 L') - \cos(2\pi \nu') \} \cdot \exp(-\mu' \lambda_1 L') \\ &\quad + 2 \sinh(\nu' \lambda_1 L') \cdot \cos(2\pi \mu') \end{aligned} \dots\dots\dots (61a)$$

$$\begin{aligned} &= \{ \exp(-0.0364 \times 0.1015 \times 164.9) - \cos(2\pi \times 0.0364) \} \\ &\quad \times \exp(0.0182 \times 0.1015 \times 164.9) \\ &\quad - \{ \exp(0.0364 \times 0.1015 \times 164.9) - \cos(2\pi \times 0.0364) \} \\ &\quad \times \exp(-0.0182 \times 0.1015 \times 164.9) \\ &\quad + 2 \times \sinh(0.0364 \times 0.1015 \times 164.9) \times \cos(2\pi \times 0.0182) \\ &= 0.0655 \end{aligned}$$

$$\phi_2 = 2 \sin(2\pi \nu') \cdot \sinh(\mu' \lambda_1 L') - 2 \sin(2\pi \mu') \cdot \sinh(\nu' \lambda_1 L') \dots\dots\dots (61b)$$

$$\begin{aligned} &= 2 \sin(2\pi \times 0.0364) \times \sinh(0.0182 \times 0.1015 \times 164.9) \\ &\quad - 2 \sin(2\pi \times 0.0182) \cdot \sinh(0.0364 \times 0.1015 \times 164.9) \\ &= -0.0075 \end{aligned}$$

$$\phi_3 = f_3 \cdot e_3 - f_1 \cdot e_2 - f_4 \cdot e_1 - \sin(2\pi \mu) \dots\dots\dots (61c)$$

$$\begin{aligned} &= -0.028 \times 1.29153 \times 10^{-1} + 0.135 \times 2.37133 \\ &\quad - 0.111 \times 2.15100 - \sin(2\pi \times 0.0257) \\ &= -0.0831 \end{aligned}$$

$$\phi_4 = e_4 + f_2 \cdot e_3 - f_2 \cdot e_2 - f_5 \cdot e_1 - \cos(2\pi \mu) \dots\dots\dots (61d)$$

$$\begin{aligned} &= 1.42383 \times 10^{-1} - 1.084 \times 1.29153 \times 10^{-1} + 1.084 \times 2.37133 \\ &\quad - 0.974 \times 2.15100 - \cos(2\pi \times 0.0257) \\ &= -0.5096 \end{aligned}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_{g2}}{4E_L \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{101232.2}{4 \times 160.00 \times 10^6 \times 0.00246}} \dots\dots\dots (61d)$$

$$= 0.5036 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$e_1 = \sin(\mu \beta L) \cdot \sinh(\mu \beta L) \dots\dots\dots (62a)$$

$$\begin{aligned} &= \sin(0.0257 \times 0.5036 \times 116.6) \times \sinh(0.0257 \times 0.5036 \times 116.6) \\ &= \sin(1.5108) \times \sinh(1.5108) = 2.15100 \end{aligned}$$

$$e_2 = \sin(\mu \beta L) \cdot \cosh(\mu \beta L) \dots\dots\dots (62b)$$

$$= \sin(1.5108) \times \cosh(1.5108) = 2.37133$$

$$e_3 = \cos(\mu \beta L) \cdot \sinh(\mu \beta L) \dots\dots\dots (62c)$$

$$= \cos(1.5108) \times \sinh(1.5108) = 1.29153 \times 10^{-1}$$

$$e_4 = \cos(\mu \beta L) \cdot \cosh(\mu \beta L) \quad \dots\dots\dots (62d)$$

$$= \cos(1.5108) \times \cosh(1.5108) = 1.42383 \times 10^{-1}$$

$$C_1 = \sin(\nu \beta L) \cdot \sinh(\nu \beta L) \quad \dots\dots\dots (63a)$$

$$= \sin(0.0514 \times 0.5036 \times 116.6) \times \sinh(0.0514 \times 0.5036 \times 116.6)$$

$$= \sin(3.0216) \times \sinh(3.0216) = 1.22506$$

$$C_2 = \sin(\nu \beta L) \cdot \cosh(\nu \beta L) \quad \dots\dots\dots (63b)$$

$$= \sin(3.0216) \times \cosh(3.0216) = 1.23089$$

$$C_3 = \cos(\nu \beta L) \cdot \sinh(\nu \beta L) \quad \dots\dots\dots (63c)$$

$$= \cos(3.0216) \times \sinh(3.0216) = -1.01646 \times 10^{-1}$$

$$C_4 = \cos(\nu \beta L) \cdot \cosh(\nu \beta L) \quad \dots\dots\dots (63d)$$

$$= \cos(3.0216) \times \cosh(3.0216) = -1.02130 \times 10^{-1}$$

$$f_1 = \frac{1}{\Delta} \cdot [\{ C_1 (C_4 - C_1) - C_3 (C_3 + C_2) - C_1 \cos(2\pi \nu) \} \cdot \frac{2\pi}{\beta L} + (C_3 + C_2) \cdot \sin(2\pi \nu)] \quad \dots\dots\dots (64a)$$

$$= \frac{1}{1.04806 \times 10^2} \times [\{ 1.22506 \times (-1.02130 \times 10^{-1} - 1.22506)$$

$$+ 1.01646 \times 10^{-1} \times (-1.01646 \times 10^{-1} + 1.23089)$$

$$- 1.22506 \times \cos(2\pi \times 0.0514) \} \times \frac{2\pi}{0.5036 \times 116.6}$$

$$+ (-1.01646 \times 10^{-1} + 1.23089) \times \sin(2\pi \times 0.0514)]$$

$$= -0.1352$$

$$f_2 = \frac{1}{\Delta} \cdot [C_1 \cdot (C_3 - C_2) - C_4 \cdot (C_3 + C_2) + (C_3 + C_2) \cdot \cos(2\pi \nu) + C_1 \cdot \frac{2\pi}{\beta L} \cdot \sin(2\pi \nu)] \quad \dots\dots\dots (64b)$$

$$= \frac{1}{1.04806 \times 10^2} \times [1.22506 \times (-1.01646 \times 10^{-1} - 1.23089)$$

$$+ 1.02130 \times 10^{-1} \times (-1.01646 \times 10^{-1} + 1.23089)$$

$$+ (-1.01646 \times 10^{-1} + 1.23089) \times \cos(2\pi \times 0.0514)$$

$$+ 1.22506 \times \frac{2\pi}{0.5036 \times 116.6} \times \sin(2\pi \times 0.0514)]$$

$$= -1.0842$$

$$f_3 = \frac{1}{\Delta} \cdot [\{C_1 \cdot (C_4 + C_1) - C_2 \cdot (C_3 + C_2) - C_1 \cdot \cos(2\pi \nu)\} \cdot \frac{2\pi}{\beta L} + (C_3 + C_2) \cdot \sin(2\pi \nu)] \dots\dots\dots (64c)$$

$$= \frac{1}{1.04806 \times 10^2} \times [1.22506 \times (-1.02130 \times 10^1 + 1.22506) - 1.23089 \times (-1.01646 \times 10^1 + 1.23089) - 1.22506 \times \cos(2\pi \times 0.0514)] \times \frac{2\pi}{0.5036 \times 116.6} + (-1.01646 \times 10^1 + 1.23089) \times \sin(2\pi \times 0.0514)]$$

$$= -0.0283$$

$$f_4 = \frac{1}{\Delta} \cdot [\{C_3 \cdot (C_4 + C_1) - C_2 \cdot (C_4 - C_1) + (C_2 - C_3) \cdot \cos(2\pi \nu)\} \cdot \frac{2\pi}{\beta L} - 2C_1 \cdot \sin(2\pi \nu)] \dots\dots\dots (64d)$$

$$= \frac{1}{1.04806 \times 10^2} \times [-1.01646 \times 10^1 \times (-1.02130 \times 10^1 + 1.22506) - 1.23089 \times (-1.02130 \times 10^1 - 1.22506) + (1.23089 + 1.01646 \times 10^1) \times \cos(2\pi \times 0.0514)] \times \frac{2\pi}{0.5036 \times 116.6} - 2 \times 1.22506 \times \sin(2\pi \times 0.0514)]$$

$$= 0.1112$$

$$f_5 = \frac{1}{\Delta} \cdot [(C_3 - C_2)^2 + 2C_1 \cdot C_4 - 2C_1 \cdot \cos(2\pi \nu) - (C_2 - C_3) \cdot \frac{2\pi}{\beta L} \cdot \sin(2\pi \nu)] \dots\dots\dots (64e)$$

$$= \frac{1}{1.04806 \times 10^2} \times [(-1.01646 \times 10^1 - 1.23089)^2 + 2 \times 1.22506 \times (-1.02130 \times 10^1) - 2 \times 1.22506 \times \cos(2\pi \times 0.0514) - (1.23089 + 1.01646 \times 10^1) \times \frac{2\pi}{0.5036 \times 116.6} \times \sin(2\pi \times 0.0514)]$$

$$= 0.9744$$

$$\begin{aligned}
\Delta &= (C_3 + C_2) \cdot (C_3 - C_2) + 2C_1^2 && \dots\dots\dots (64f) \\
&= (-1.01646 \times 10^{-1} + 1.23089) \times (-1.01646 \times 10^{-1} - 1.23089) \\
&\quad + 2 \times (1.22506)^2 \\
&= 1.04806 \times 10^{-2}
\end{aligned}$$

管きよの可とう継手がある場合の応力補正係数

$$\begin{aligned}
\xi_1 &= \frac{\sqrt{\phi_1^2 + \phi_2^2}}{\exp(\nu' \cdot \lambda_1 \cdot L') - \exp(-\nu' \cdot \lambda_1 \cdot L')} \\
&= \frac{\sqrt{(0.0655)^2 + (-0.0075)^2}}{\exp(0.0364 \times 0.1015 \times 164.9) - \exp(-0.0364 \times 0.1015 \times 164.9)} \\
&= 0.0509
\end{aligned}$$

$$\xi_2 = \sqrt{\phi_3^2 + \phi_4^2} = \sqrt{(-0.0831)^2 + (-0.5096)^2} = 0.5163$$

9.1.4 レベル1地震動

管きよ中心深度における最大変位振幅

管きよの軸方向応力

$$\begin{aligned}
\sigma_L &= \alpha_1 \cdot \xi_1 \cdot \frac{\pi \cdot U_h(z)}{L} \cdot E_L \cdot \eta \\
&= 0.877 \times 0.0509 \times \frac{\pi \times 0.01283}{116.6} \times 160.00 \times 10^6 \times 1.0 \\
&= 2467.6 \text{ (kN/m}^2\text{)} = 2.47 \text{ (N/mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_L &= \xi_1 \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot \tau \cdot l}{2A} \\
&= 0.0509 \times \frac{\pi \times 0.8128 \times 10.00 \times 6.000}{2 \times 0.030685} \\
&= 127.1 \text{ (kN/m}^2\text{)} = 0.13 \text{ (N/mm}^2\text{)}
\end{aligned}$$

よって、 $\sigma_L = 2.47 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

管きよの曲げ方向応力

$$\begin{aligned}\sigma_B &= \alpha_2 \cdot \xi_2 \cdot \frac{2\pi^2 \cdot D \cdot U_h(z)}{L^2} \cdot E_L \cdot \eta \\ &= 1.000 \times 0.5163 \times \frac{2\pi^2 \times 0.8128 \times 0.01283}{116.6^2} \times 160.00 \times 10^6 \times 1.0 \\ &= 1250.3 \text{ (kN/m}^2\text{)} = 1.25 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

軸方向力と曲げ方向応力の合成応力

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sqrt{\gamma \cdot \sigma_L^2 + \sigma_B^2} = \sqrt{2.00 \times 2.47^2 + 1.25^2} \\ &= 3.71 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_a = 283.50 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots (Ok)\end{aligned}$$

合計応力

	軸方向応力 (N/mm ²)
内圧による軸方向応力	0.00
自動車荷重による軸方向応力	11.77
地震動による軸方向応力	3.71
合計	15.48

9.1.5 レベル2地震動

管きよ中心深度における最大変位振幅

管きよの軸方向応力

$$\begin{aligned}\sigma_L &= \alpha_1 \cdot \xi_1 \cdot \frac{\pi \cdot U_h(z)}{L} \cdot E_L \cdot \eta \\ &= 0.877 \times 0.0509 \times \frac{\pi \times 0.09625}{116.6} \times 160.00 \times 10^6 \times 1.0 \\ &= 18507.0 \text{ (kN/m}^2\text{)} = 18.51 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

管きよの曲げ方向応力

$$\begin{aligned}\sigma_B &= \alpha_2 \cdot \xi_2 \cdot \frac{2\pi^2 \cdot D \cdot U_h(z)}{L^2} \cdot E_L \cdot \eta \\ &= 1.000 \times 0.5163 \times \frac{2\pi^2 \times 0.8128 \times 0.09625}{116.6^2} \times 160.00 \times 10^6 \times 1.0 \\ &= 9377.6 \text{ (kN/m}^2\text{)} = 9.38 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

軸方向力と曲げ方向応力の合成応力

$$\sigma_x = \sqrt{\gamma \cdot \sigma_L^2 + \sigma_B^2} = \sqrt{1.00 \times 18.51^2 + 9.38^2}$$

$$= 20.75 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_a = 283.50 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots (Ok)$$

合計応力

	軸方向応力 (N/mm ²)
内圧による軸方向応力	0.00
自動車荷重による軸方向応力	11.77
地震動による軸方向応力	20.75
合計	32.52

10 地盤の液状化に伴う浮上がりに対する検討

10.1 計算式

浮上がりに対する安全率は式(65), (66)で求める。

$$F_s = \frac{W_b + Q_s}{V_0 \cdot \gamma_s} \quad \dots\dots\dots (65)$$

$$Q_s = 2 \sum (t_i \cdot \tau_{si})$$

$$= 2 \sum \{ t_i \cdot (K_0 \cdot \sigma'_{vi} \cdot \tan \phi_{si} + C_{si}) \} \quad \dots\dots\dots (66)$$

ここで、 F_s : 浮上がりに対する安全率

W_b : 管の自重

$$W_b = \pi/4 \times [0.813^2 - (0.813 - 2 \times 0.012)^2] \times 70,000 = 2.148 \quad (\text{kN/m})$$

Q_s : 非液状化層のせん断抵抗力 (kN/m)

t_i : 管より上にある*i*番目の非液状化層の層厚 (m)

τ_{si} : 管より上にある*i*番目の非液状化層のせん断抵抗力 (kN/m)

K_0 : 静止土圧係数 $K_0 = 0.5$

σ'_{vi} : 浮上がり検討における各層中央での有効上載圧 (kN/m^2)

ϕ_{si} : 非液状化層の内部摩擦角 (度)

C_{si} : 非液状化層の粘着力 (kN/m^2)

V_0 : 管の単位長さ当たり体積

$$V_0 = \pi/4 \times 0.813^2 = 0.519 \quad (\text{m}^3/\text{m})$$

γ_s : 管周辺の土砂の飽和体積重量 $18.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$

10.2 レベル1地震動

10.2.1 有効上載圧

	地表面からの深さ (m)	有効上載圧 σ'_v (kN/m ²)	
1	0.600	5.00×0.600	3.00

10.2.2 非液状化層のせん断抵抗力

	t_i (m)	ϕ_i (度)	C_i (kN/m ²)	σ_{vi} (kN/m ²)	F_L	$t_i K_0 \sigma_{vi} \tan \phi_i$ (kN/m)	$t_i C_i$ (kN/m)
1	1.200	5.00	10.00	3.00	86.115	0.16	12.00
合計						0.16	12.00

$$Q_s = 2 \sum \{ t_i \cdot (K_0 \cdot \sigma'_{vi} \cdot \tan \phi_{si} + C_{si}) \}$$

$$= 2 \times (0.16 + 12.00) = 24.31 \text{ (kN/m}^2 \text{)}$$

10.2.3 浮上がりに対する安全率

$$F_s = \frac{W_B + Q_s}{V_0 \cdot \gamma_s} = \frac{2.15 + 24.31}{0.519 \times 18.00} = 2.83 \geq F_a = 1.00 \quad \dots\dots\dots (Ok)$$

目 次

1	表題	2
2	設計条件	2
	2.1 適用基準と重要度.....	2
	2.2 表層地盤の特性値.....	2
	2.3 水平震度.....	3
3	使用管種	3
4	検討項目の選択	3
	4.1 常 時.....	3
	4.2 地震時.....	4
5	管路の諸値	4
	5.1 マンホールと管きよの接合部, 管きよと管きよの接合部共通.....	4
	5.2 マンホールと管きよの接合部.....	4
	5.3 管きよと管きよの接合部.....	5
	5.4 管きよの管軸方向の応力度.....	5
	5.5 地盤の液状化に伴う浮上がりの検討.....	5
	5.6 常時荷重による継手の伸縮量.....	5
	5.6.1 内圧による継手の伸縮量.....	5
	5.6.2 自動車荷重による継手の伸縮量.....	5
	5.6.3 温度変化による継手の伸縮量.....	5
	5.6.4 不同沈下による継手の伸縮量.....	5

1 表題

パイプライン 継手構造管きよ

2 設計条件

2.1 適用基準と重要度

適用基準 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」令和3年版

重要度区分 A種

設計範囲 常時の検討 する
レベル1地震動の検討 する
レベル2地震動の検討 する

2.2 表層地盤の特性値

	層厚 (m)	土質	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ (度)	N値	F _c (%)	D ₅₀ (mm)
1	2.500	洪積層 砂質土	15.00	5.00	10.0	5.0	15.0	40.0	0.080
2	7.500	洪積層 砂質土	17.50	7.50	4.0	20.5	18.0	40.0	0.080
3	3.000	洪積層 砂質土	19.00	9.00	10.0	24.5	11.0	30.0	0.150
4	3.000	洪積層 砂質土	19.00	9.00	30.0	10.0	17.0	30.0	0.150
5	7.000	洪積層 砂質土	20.00	10.00	6.0	30.0	15.0	0.0	0.350
Σ	23.000								

地下水位 G.L. -1.000 (m)

表層地盤の平均せん断弾性波速度 V_{BS} 173.28 (m/s)

基盤のせん断弾性波速度 V_{BS} 300.00 (m/s)

基盤地震動の速度応答スペクトル S'_v 0.900 (m/s)

速度応答スペクトルの最大値 S'_{vmax} 0.950 (m/s)

2.3 水平震度

位置 鳥取県 鳥取市

地域別補正係数 C_z 1.00

液状化の判定に用いる地盤面における設計水平震度標準値

レベル1地震動 $k_{\text{reqLO}} = 0.15$

レベル2地震動 $k_{\text{reqLO}} = 0.70$

基盤盤面における設計水平震度標準値

レベル1地震動 $k'_{\text{h01}} = 0.15$

3 使用管種

ダクタイル鋳鉄管 $\phi 800$ (D1, P I 形)

管厚 13.5 (mm)

外径 812.8 (mm) , 内径 785.8 (mm)

モルタルライニング なし

管体の単重 70.0 (kN/m³)

モルタルの単重 21.0 (kN/m³)

管体のヤング係数 160.0×10^6 (kN/m²)

管体のポアソン比 0.280

管体の許容応力度 189.00 (N/mm²)

管きよの継手構造 差し込み継手管きよ
可とう継手あり

管きよの有効長 6.000 (m)

管きよの土被り 1.200 (m)

管路位置での表層地盤のせん断弾性波速度 134.13 (m/s)

4 検討項目の選択

4.1 常時

	単位	検討項目	許容値
内圧による継手伸縮量	(mm)	○	10.0
自動車荷重による継手伸縮量	(mm)	○	10.0
温度変化による継手伸縮量	(mm)	○	10.0
不同沈下による継手伸縮量	(mm)	○	10.0

4.2 地震時

	単位	検討項目		許容値	
		レベル1	レベル2	レベル1	レベル2
地盤の液状化の判定		○	○	---	---
マンホールと管きよの接合部					
地震動による屈曲角	(度)	○	○	5.0	5.0
地震動による拔出量	(mm)			10.0	10.0
地盤の液状化に伴う永久ひずみによる拔出し量	(mm)	○		10.0	---
地盤の傾斜に伴う永久ひずみによる拔出し量	(mm)			---	---
地盤の硬軟急変化部通過の影響による拔出し量	(mm)			---	---
管きよと管きよの接合部					
地震時における継手の屈曲角	(度)	○	○	5.0	5.0
地震時における継手の伸縮量	(mm)			10.0	10.0
地盤の液状化に伴う永久ひずみによる拔出し量	(mm)			---	---
地盤の液状化に伴う地盤の沈下による屈曲角	(度)	○		5.0	---
地盤の液状化に伴う地盤の沈下による拔出し量	(mm)			10.0	---
地盤の傾斜に伴う永久ひずみによる拔出し量	(mm)			---	---
地盤の硬軟急変化部通過の影響による拔出し量	(mm)	○	○	30.0	30.0
浅層不整形地盤の影響による拔出し量	(mm)			---	---
管きよの管軸方向のひずみ	(%)			---	---
管きよの管軸方向の応力度	(N/mm ²)	○	○	283.50	283.50
地盤の液状化に伴う浮上りの検討(安全率)		○		1.0	---

5 管路の諸値

5.1 マンホールと管きよの接合部, 管きよと管きよの接合部共通

マンホール底面の深度 2.500 (m)

地盤の傾斜に伴う永久ひずみ (%)

レベル1地震時 ---- , レベル2地震時 ----

地盤の硬軟急変化部通過の影響による永久ひずみ (%)

レベル1地震時 0.50 , レベル2地震時 0.50

5.2 マンホールと管きよの接合部

管きよの位置 内陸部の液状化地盤 (護岸より100m以上)

地盤の液状化に伴う永久ひずみ (%)

レベル1地震時 ---- , レベル2地震時 ----

5.3 管きよと管きよの接合部

地盤の液状化に伴う永久ひずみ (%)
レベル1地震時 ---- , レベル2地震時 ----

マンホールスパン 20.000 (m)
マンホールスパンの管きよ本数 8 (本)
地盤の不均一の程度 均一

5.4 管きよの管軸方向の応力度

重畳係数 レベル1地震時 2.00
レベル2地震時 1.00
管路の可とう継手間の長さ 6.000 (m)
管きよと地盤の摩擦力 10.00 (kN/m²)
管体の降伏ひずみ ---- (%)
地盤の剛性係数に対する係数 C1 1.50
C2 3.00

5.5 地盤の液状化に伴う浮上がりの検討

管周辺の土砂の飽和体積重量 18.00 (kN/m³)

5.6 常時荷重による継手の伸縮量

5.6.1 内圧による継手の伸縮量

静水圧 0.250 (kN/m²)
水撃圧 0.250 (kN/m²)

5.6.2 自動車荷重による継手の伸縮量

自動車荷重 : T-25
鉛直方向地盤反力係数 7000.00 (kN/m²)
舗装 : コンクリートまたはアスファルト舗装道路

5.6.3 温度変化による継手の伸縮量

線膨張係数 1.150×10^{-5}
温度変化 15 (°C)

5.6.4 不同沈下による継手の伸縮量

軟弱地盤区間 50.000 (m)
軟弱地盤区間中央における沈下量 0.200 (m)