

液状化の判定

液状化の判定

1. 設計条件

「下水道施設の耐震対策指針と解説 - 2006年版 - 」(社団法人 日本下水道協会)

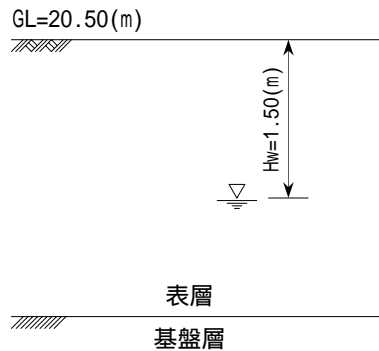
「下水道施設耐震計算例 - 管路施設編 - 2001年版」(社団法人 日本下水道協会)
により液状化の判定を行う。

(1) 設計地震動

地震動	レベル2 および レベル1
設計水平震度	タイプ
地域区分	A地域

(2) 地盤条件

地表標高 GL	20.50(m)
地下水位 H_w	1.50(m)



(3) 土質条件

調査名 Forum8

1) 土質データ

層 No	深度 (m)	層厚 (m)	土質区分	単位重量			平均N値 N
				大気中 γ_{t1} (kN/m ³)	地下水位以下 γ_{t2} (kN/m ³)	水中 γ_{s2} (kN/m ³)	
1	0.000 ~ 1.000	1.000	砂質土	18.600	18.600	9.800	2.000
2	1.000 ~ 2.500	1.500	砂質土	17.700	17.700	8.800	2.000
3	2.500 ~ 7.500	5.000	砂質土	16.700	16.700	7.800	4.000
4	7.500 ~ 9.500	2.000	砂質土	17.700	17.700	8.800	3.500
5	9.500 ~ 12.000	2.500	砂質土	18.600	18.600	9.800	7.700
6	12.000 ~ 20.500	8.500	砂質土	18.600	18.600	9.800	11.600

層 No	深度 (m)	層厚 (m)	土質区分	塑性指数 I_p	細粒分含有率 FC (%)	平均粒径 D_{50} (mm)	10%粒径 D_{10} (mm)
1	0.000 ~ 1.000	1.000	砂質土	10.0	35.0	0.080	0.040
2	1.000 ~ 2.500	1.500	砂質土	10.0	35.0	0.080	0.040
3	2.500 ~ 7.500	5.000	砂質土	10.0	45.0	0.030	0.020
4	7.500 ~ 9.500	2.000	砂質土	10.0	60.0	0.500	0.030
5	9.500 ~ 12.000	2.500	砂質土	10.0	80.0	0.800	0.500
6	12.000 ~ 20.500	8.500	砂質土	10.0	80.0	0.800	0.500

2) N値データ

層 No	土質区分	深度(m)	N 値	平均 N 値
1	砂質土	1.000	2.0	2.000
2	砂質土	2.000	3.0	2.000
3	砂質土	3.000	2.0	4.000
		4.000	5.0	
		5.000	10.0	
		6.000	2.0	
		7.000	1.0	
4	砂質土	8.000	3.0	3.500
		9.000	4.0	
5	砂質土	10.000	8.0	7.700
		11.000	7.0	
		12.000	8.0	
6	砂質土	13.000	9.0	11.600
		14.000	10.0	
		15.000	12.0	
		16.000	8.0	
		17.000	9.0	
		18.000	10.0	

2. レベル2地震動の液状化の判定

(1)耐震設計上の地盤種別

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

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

T_G : 地盤の特性値(s)

H_i : i 番目の地層の厚さ(m)

V_{Si} : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度(m/s)

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

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

$N_i = 0$ の場合 $V_{Si} = 50$

N_i : 標準貫入試験による i 番目の地層の平均 N 値

i : 当該地盤が地表面から基盤面まで n 層に区分されるときの、地表面から i 番目の地層の番号。
基盤面とは、粘性土層の場合は N 値が 25 以上、砂質土層の場合は N 値が 50 以上の地層の上面、もしくは、せん断弾性波速度が 300m/s 程度以上の地層の上面をいう。

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

層 No	土質区分	層厚 H_i (m)	平均 N 値 N_i	せん断弾性波速度 V_{Si} (m/s)	H_i/V_{Si} (s)
1	砂質土	1.000	2.000	100.794	0.00992
2	砂質土	1.500	2.000	100.794	0.01488
3	砂質土	5.000	4.000	126.992	0.03937
4	砂質土	2.000	3.500	121.464	0.01647
5	砂質土	2.500	7.700	157.974	0.01583
6	砂質土	8.500	11.600	181.096	0.04694
-	-	-	-	-	0.14341

よって、地盤の特性値 T_G は、次のようになる。

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

$$= 4 \times 0.14341 = 0.574(\text{s})$$

ゆえに、表層地盤の種別は、種とする。

(2)設計水平震度の算定

地盤面における設計水平震度 k_{hg} は、次式より求める。

ただし、タイプⅠでは、値が0.3を下回る場合には0.3とし、
タイプⅡでは、値が0.6を下回る場合には0.6とする。

$$k_{hg} = C_z k_{hg0}$$

k_{hg} : 地盤面における設計水平震度

k_{hg0} : 地盤面における設計水平震度の標準値 $k_{hg0} = 0.70$ [タイプⅠ][Ⅱ種地盤]

	Ⅰ種地盤	Ⅱ種地盤	Ⅲ種地盤
タイプⅠ	0.30	0.35	0.40
タイプⅡ	0.80	0.70	0.60

C_z : 地域別補正係数 $C_z = 1.00$ [A地域]

地域別	A地域	B地域	C地域
補正係数 C_z	1.0	0.85	0.7

よって、地盤面における設計水平震度は、次のようになる。

$$k_{hg} = 1.00 \times 0.70 = 0.70$$

(3)地震時せん断応力比の算定

地震時せん断応力比 L は、次式より求める。

$$L = \frac{d \cdot k_{hg} \cdot v}{v'}$$

L : 地震時せん断応力比

d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

k_{hg} : 地盤面における設計水平震度 $k_{hg} = 0.70$

v : 全上載圧 (kN/m²)

v' : 有効上載圧 (kN/m²)

$$d = 1.0 - 0.015 x$$

$$v = t_1 h_w + t_2 (x - h_w)$$

$$v' = t_1 h_w + t_2 (x - h_w)$$

x : 地表面からの深さ (m)

t_1 : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

t_2 : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

t_2' : 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) $h_w = 1.50$ (m)

層 No	土質区分	単位重量			深度 x (m)	深さ方向低減係数 d	全上載圧 v (kN/m ²)	有効上載圧 v' (kN/m ²)	地震時せん断応力比 L
		大気中 t_1 (kN/m ³)	地下水位以下 t_2 (kN/m ³)	水中 t_2' (kN/m ³)					
1	砂質土	18.600	18.600	9.800	1.000	-	-	-	-
					2.000	0.970	36.300	31.850	0.774
3	砂質土	16.700	16.700	7.800	3.000	0.955	53.500	40.150	0.891
					4.000	0.940	70.200	47.950	0.963
					5.000	0.925	86.900	55.750	1.009
					6.000	0.910	103.600	63.550	1.038
					7.000	0.895	120.300	71.350	1.056
4	砂質土	17.700	17.700	8.800	8.000	0.880	137.500	79.650	1.063
					9.000	0.865	155.200	88.450	1.062
5	砂質土	18.600	18.600	9.800	10.000	0.850	173.350	97.750	1.055
					11.000	0.835	191.950	107.550	1.043
					12.000	0.820	210.550	117.350	1.030
6	砂質土	18.600	18.600	9.800	12.000	0.820	210.550	117.350	1.030
					13.000	0.805	229.150	127.150	1.016
					14.000	0.790	247.750	136.950	1.000
					15.000	0.775	266.350	146.750	0.985
					16.000	0.760	284.950	156.550	0.968
					17.000	0.745	303.550	166.350	0.952
					18.000	0.730	322.150	176.150	0.935

(4)繰返し三軸強度比の算定

繰返し三軸強度比 R_L は、次式より求める。

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

ここで、

<砂質土の場合>

$$N_a = c_1 N_1 + c_2$$

$$N_1 = 170 N / (\sigma'_v + 70)$$

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

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \text{ FC} < 10\%) \\ (FC-10)/18 & (10\% \text{ FC}) \end{cases}$$

<礫質土の場合>

$$N_a = \{ 1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2) \} N_1$$

ここに、

R_L : 繰返し三軸強度比

N : 標準貫入試験から得られる N 値

N_1 : 有効上載圧 100kN/m^2 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

σ'_v : 有効上載圧 (kN/m^2)

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 $75\ \mu\text{m}$ 以下の土粒子の通過質量百分率)

D_{50} : 平均粒径 (mm)

層 No	土質区分	細粒分含有率 FC (%)	平均粒径 D_{50} (mm)	N 値の補正係数		深度 x (m)	N 値	有効上載圧 σ'_v (kN/m^2)	換算 N 値 N_1	補正 N 値 N_a	繰返し三軸強度比 R_L
				c_1	c_2						
1	砂質土	-	-	-	-	1.000	2.0	-	-	-	-
2	砂質土	35.0	0.080	1.500	1.389	1.000	2.0	-	-	-	-
						2.000	3.0	31.850	5.007	8.900	0.202
3	砂質土	45.0	0.030	1.700	1.944	3.000	2.0	40.150	3.087	7.192	0.181
						4.000	5.0	47.950	7.206	14.194	0.255
						5.000	10.0	55.750	13.519	24.926	0.413
						6.000	2.0	63.550	2.546	6.272	0.169
						7.000	1.0	71.350	1.203	3.989	0.135
4	砂質土	60.0	0.500	2.000	2.778	8.000	3.0	79.650	3.408	9.594	0.210
						9.000	4.0	88.450	4.292	11.362	0.228
5	砂質土	80.0	0.800	3.000	3.889	10.000	8.0	97.750	8.107	28.210	0.605
						11.000	7.0	107.550	6.702	23.995	0.382
						12.000	8.0	117.350	7.259	25.666	0.444
6	砂質土	80.0	0.800	3.000	3.889	12.000	8.0	117.350	7.259	25.666	0.444
						13.000	9.0	127.150	7.761	27.172	0.527
						14.000	10.0	136.950	8.215	28.534	0.634
						15.000	12.0	146.750	9.412	32.125	1.119
						16.000	8.0	156.550	6.003	21.898	0.334
						17.000	9.0	166.350	6.473	23.308	0.363
						18.000	10.0	176.150	6.906	24.607	0.402

(5)動的せん断強度比の算定

動的せん断強度比 R は、次式より求める。

$$R = c_w R_L$$

R : 動的せん断強度比

R_L : 繰返し三軸強度比

c_w : 地震動特性による補正係数

(タイプ の地震動の場合)

$$c_w = 1.0$$

(タイプ の地震動の場合)

$$c_w = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases}$$

層 No	土質区分	深度 x (m)	繰返し三軸強度比 R_L	補正係数 c_w	動的せん断強度比 R
1	砂質土	1.000	-	-	-
		2.000	0.202	1.337	0.270
3	砂質土	3.000	0.181	1.267	0.229
		4.000	0.255	1.512	0.386
		5.000	0.413	2.000	0.826
		6.000	0.169	1.228	0.208
		7.000	0.135	1.116	0.151
4	砂質土	8.000	0.210	1.363	0.286
		9.000	0.228	1.422	0.324
5	砂質土	10.000	0.605	2.000	1.210
		11.000	0.382	1.931	0.738
		12.000	0.444	2.000	0.888
6	砂質土	12.000	0.444	2.000	0.888
		13.000	0.527	2.000	1.054
		14.000	0.634	2.000	1.268
		15.000	1.119	2.000	2.238
		16.000	0.334	1.772	0.592
		17.000	0.363	1.868	0.678
		18.000	0.402	2.000	0.804

(6)液状化の判定

1)液状化の判定を行う必要がある砂質土層

沖積層の砂質土層で以下の3つの条件すべてに該当する場合には、地震時に液状化が生じる可能性があるため、2)項によって液状化の判定を行わなければならない。

地下水位が現地盤面から10m以内にあり、かつ現地盤面から20m以内の深さに存在する飽和土層。
 細粒分含有率FCが35%以下の土層、またはFCが35%をこえても塑性指数 I_p が15以下の土層。
 平均粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層。

2)液状化の判定

1)項の規定により液状化の判定を行う必要がある土層に対しては、液状化に対する抵抗率 F_L を次式により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなすものとする。

$$F_L = R / L$$

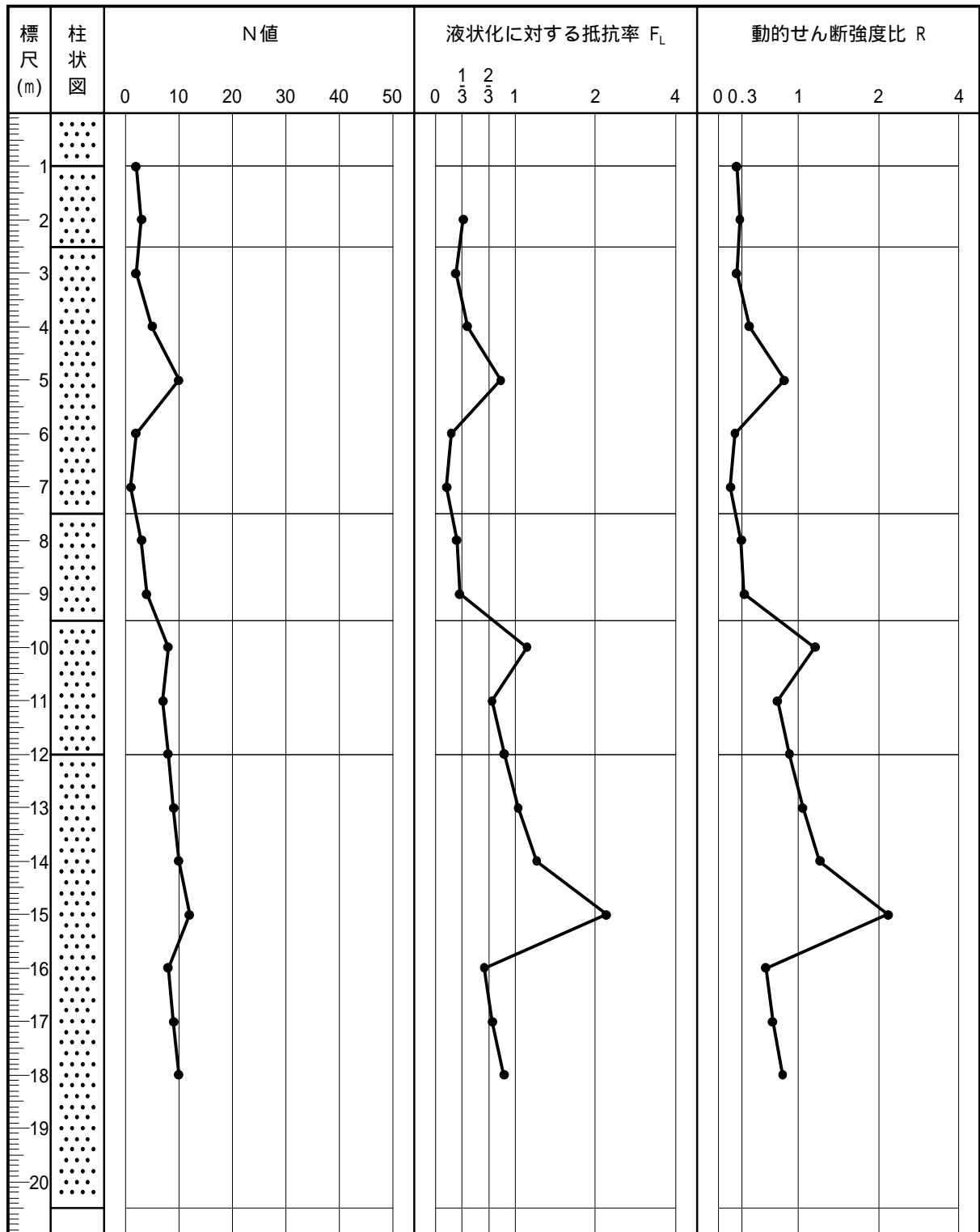
F_L : 液状化に対する抵抗率

R : 動的せん断強度比

L : 地震時せん断応力比

層 No	土質区分	塑性指数 I_p	細粒分含有率 FC(%)	平均粒径 D_{50} (mm)	10%粒径 D_{10} (mm)	深度 x (m)	N値	せん断強度比 R	せん断応力比 L	抵抗率 F_L	判定	層判定
1	砂質土	-	-	-	-	1.000	2.0	-	-	-	-	-
2	砂質土	10.0	35.0	0.080	0.040	1.000	2.0	-	-	-	-	×
						2.000	3.0	0.270	0.774	0.349	×	
3	砂質土	10.0	45.0	0.030	0.020	3.000	2.0	0.229	0.891	0.257	×	×
						4.000	5.0	0.386	0.963	0.401	×	
						5.000	10.0	0.826	1.009	0.819	×	
						6.000	2.0	0.208	1.038	0.200	×	
4	砂質土	10.0	60.0	0.500	0.030	8.000	3.0	0.286	1.063	0.269	×	×
						9.000	4.0	0.324	1.062	0.305	×	
5	砂質土	10.0	80.0	0.800	0.500	10.000	8.0	1.210	1.055	1.147		×
						11.000	7.0	0.738	1.043	0.708	×	
						12.000	8.0	0.888	1.030	0.862	×	
6	砂質土	10.0	80.0	0.800	0.500	12.000	8.0	0.888	1.030	0.862	×	×
						13.000	9.0	1.054	1.016	1.037		
						14.000	10.0	1.268	1.000	1.268		
						15.000	12.0	2.238	0.985	2.272		
						16.000	8.0	0.592	0.968	0.612	×	
						17.000	9.0	0.678	0.952	0.712	×	
18.000	10.0	0.804	0.935	0.860	×							

判定 × : 液状化する : 液状化しない



(7)土質定数の低減係数の設定

土質定数の低減係数は、下表により定める。

F _{L2} の範囲	現地盤面からの深度 x(m)	低減係数 D _{E2}	
		R > 0.3	0.3 < R
F _{L2} < 1/3	0 < x < 10	0	1/6
	10 < x < 20	1/3	1/3
1/3 < F _{L2} < 2/3	0 < x < 10	1/3	2/3
	10 < x < 20	2/3	2/3
2/3 < F _{L2} < 1	0 < x < 10	2/3	1
	10 < x < 20	1	1

層 No	土質区分	層厚 (m)	深度 x (m)	動的 せん断強度比 R ₂	液状化に対 する抵抗率 F _{L2}	土質定数の 低減係数 D _{E2}	層ごとの 低減係数 D _{E2}
1	砂質土	1.000	1.000	-	-	-	-
2	砂質土	1.500	1.000	-	-	-	1/3
			2.000	0.270	0.349	1/3	
3	砂質土	5.000	3.000	0.229	0.257	0	0
			4.000	0.386	0.401	2/3	
			5.000	0.826	0.819	1	
			6.000	0.208	0.200	0	
			7.000	0.151	0.143	0	
4	砂質土	2.000	8.000	0.286	0.269	0	0
			9.000	0.324	0.305	1/6	
5	砂質土	2.500	10.000	1.210	1.147	1	1
			11.000	0.738	0.708	1	
			12.000	0.888	0.862	1	
6	砂質土	8.500	12.000	0.888	0.862	1	2/3
			13.000	1.054	1.037	1	
			14.000	1.268	1.268	1	
			15.000	2.238	2.272	1	
			16.000	0.592	0.612	2/3	
			17.000	0.678	0.712	1	
			18.000	0.804	0.860	1	

(8)液状化による沈下量の算定

液状化による沈下量 は、次式より求める。

$$= H_{FL} \times \quad \times 100$$

： 液状化による沈下量(cm)

H_{FL} ： 液状化層厚(m)

： 沈下率 = 0.050

層 No	土質区分	層厚 (m)	判定	沈下量 (cm)
1	砂質土	1.000	-	-
2	砂質土	0.500	×	-
		1.000		5.000
3	砂質土	5.000	×	25.000
4	砂質土	2.000	×	10.000
5	砂質土	2.500	×	12.500
6	砂質土	8.000	×	40.000
		0.500		-

判定 ×： 液状化する : 液状化しない

CSD

(9)液状化指数の算定

液状化の範囲、程度については、深さ方向の分布および周辺地盤の状況等から総合的に判断する必要がある。この場合、下式より算定される液状化指数 P_L (液状化抵抗率の深さ方向の変化から、液状化の激しさの程度を表す指標)が目安となる。

$$P_L = \int_0^H (1 - F_L)(10 - 0.5x) dx$$

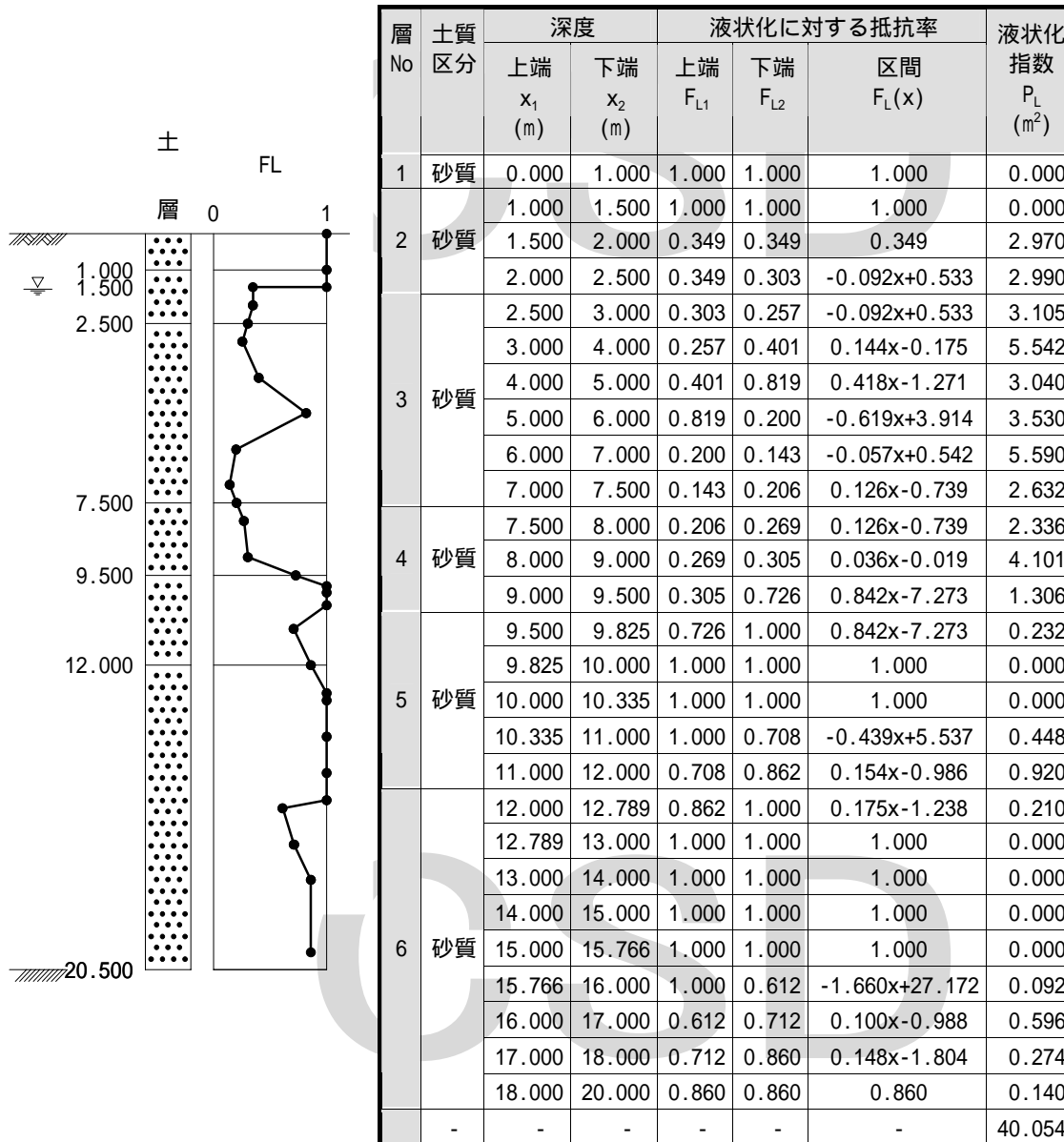
P_L : 液状化指数 (m^2)

F_L : 液状化に対する抵抗率

$F_L > 1$ の土層および液状化の判定対象外の土層については $F_L=1$ として考慮する。

x : 地表面からの深さ (m)

H : 表層地盤の厚さで $H=20m$ とする



よって、液状化指数 P_L は、 $40.054(m^2)$ となる。

3. レベル1地震動の液状化の判定

(1)耐震設計上の地盤種別

レベル2地震動の液状化の判定で計算したように、表層地盤の種別は、種とする。

(2)設計水平震度の算定

地盤面における設計水平震度 k_{hg} は、次式より求める。

$$k_{hg} = 0.15 C_z$$

k_{hg} : 地盤面における設計水平震度

C_z : 地域別補正係数 $C_z = 1.00$ [A地域]

地域別	A地域	B地域	C地域
補正係数 C_z	1.0	0.85	0.7

よって、地盤面における設計水平震度は、次のようになる。

$$k_{hg} = 0.15 \times 1.00 = 0.15$$

(3)地震時せん断応力比の算定

地震時せん断応力比 L は、次式より求める。

$$L = \frac{d \cdot k_{hg} \cdot v}{v}$$

L : 地震時せん断応力比

d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

k_{hg} : 地盤面における設計水平震度 $k_{hg} = 0.15$

v : 全上載圧 (kN/m²)

v : 有効上載圧 (kN/m²)

$$d = 1.0 - 0.015 x$$

$$v = t_1 h_w + t_2 (x - h_w)$$

$$v = t_1 h_w + t_2 (x - h_w)$$

x : 地表面からの深さ (m)

t_1 : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

t_2 : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

t_2 : 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) $h_w = 1.50$ (m)

層 No	土質区分	単位重量			深度 x (m)	深さ方向低減係数 d	全上載圧 (kN/m ²) v	有効上載圧 (kN/m ²) v	地震時せん断応力比 L
		大気中 t_1 (kN/m ³)	地下水位以下 t_2 (kN/m ³)	水中 t_2 (kN/m ³)					
1	砂質土	18.600	18.600	9.800	1.000	-	-	-	-
					2.000	0.970	36.300	31.850	0.166
3	砂質土	16.700	16.700	7.800	3.000	0.955	53.500	40.150	0.191
					4.000	0.940	70.200	47.950	0.206
					5.000	0.925	86.900	55.750	0.216
					6.000	0.910	103.600	63.550	0.223
					7.000	0.895	120.300	71.350	0.226
4	砂質土	17.700	17.700	8.800	8.000	0.880	137.500	79.650	0.228
					9.000	0.865	155.200	88.450	0.228
5	砂質土	18.600	18.600	9.800	10.000	0.850	173.350	97.750	0.226
					11.000	0.835	191.950	107.550	0.224
					12.000	0.820	210.550	117.350	0.221
6	砂質土	18.600	18.600	9.800	12.000	0.820	210.550	117.350	0.221
					13.000	0.805	229.150	127.150	0.218
					14.000	0.790	247.750	136.950	0.214
					15.000	0.775	266.350	146.750	0.211
					16.000	0.760	284.950	156.550	0.208
					17.000	0.745	303.550	166.350	0.204
18.000	0.730	322.150	176.150	0.200					

(4)繰返し三軸強度比の算定

繰返し三軸強度比 R_L は、次式より求める。

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

ここで、

<砂質土の場合>

$$N_a = c_1 N_1 + c_2$$

$$N_1 = 170 N / (\sigma'_v + 70)$$

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

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \text{ FC} < 10\%) \\ (FC-10)/18 & (10\% \text{ FC}) \end{cases}$$

<礫質土の場合>

$$N_a = \{ 1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2) \} N_1$$

ここに、

R_L : 繰返し三軸強度比

N : 標準貫入試験から得られるN値

N_1 : 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

σ'_v : 有効上載圧(kN/m²)

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 μm 以下の土粒子の通過質量百分率)

D_{50} : 平均粒径(mm)

層 No	土質区分	細粒分含有率 FC(%)	平均粒径 D_{50} (mm)	N値の補正係数		深度 x (m)	N値	有効上載圧 σ'_v (kN/m ²)	換算N値 N_1	補正N値 N_a	繰返し三軸強度比 R_L
				c_1	c_2						
1	砂質土	-	-	-	-	1.000	2.0	-	-	-	-
2	砂質土	35.0	0.080	1.500	1.389	1.000	2.0	-	-	-	-
						2.000	3.0	31.850	5.007	8.900	0.202
3	砂質土	45.0	0.030	1.700	1.944	3.000	2.0	40.150	3.087	7.192	0.181
						4.000	5.0	47.950	7.206	14.194	0.255
						5.000	10.0	55.750	13.519	24.926	0.413
						6.000	2.0	63.550	2.546	6.272	0.169
						7.000	1.0	71.350	1.203	3.989	0.135
4	砂質土	60.0	0.500	2.000	2.778	8.000	3.0	79.650	3.408	9.594	0.210
						9.000	4.0	88.450	4.292	11.362	0.228
5	砂質土	80.0	0.800	3.000	3.889	10.000	8.0	97.750	8.107	28.210	0.605
						11.000	7.0	107.550	6.702	23.995	0.382
						12.000	8.0	117.350	7.259	25.666	0.444
6	砂質土	80.0	0.800	3.000	3.889	12.000	8.0	117.350	7.259	25.666	0.444
						13.000	9.0	127.150	7.761	27.172	0.527
						14.000	10.0	136.950	8.215	28.534	0.634
						15.000	12.0	146.750	9.412	32.125	1.119
						16.000	8.0	156.550	6.003	21.898	0.334
						17.000	9.0	166.350	6.473	23.308	0.363
						18.000	10.0	176.150	6.906	24.607	0.402

(5) 動的せん断強度比の算定

動的せん断強度比 R は、次式より求める。

$$R = c_w R_L$$

R : 動的せん断強度比

R_L : 繰返し三軸強度比

c_w : 地震動特性による補正係数

(タイプ の場合)

$$c_w = 1.0$$

(タイプ の場合)

$$c_w = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases}$$

層 No	土質区分	深度 x (m)	繰返し三軸強度比 R_L	補正係数 c_w	動的せん断強度比 R
1	砂質土	1.000	-	-	-
		2.000	0.202	1.000	0.202
3	砂質土	3.000	0.181	1.000	0.181
		4.000	0.255	1.000	0.255
		5.000	0.413	1.000	0.413
		6.000	0.169	1.000	0.169
		7.000	0.135	1.000	0.135
4	砂質土	8.000	0.210	1.000	0.210
		9.000	0.228	1.000	0.228
5	砂質土	10.000	0.605	1.000	0.605
		11.000	0.382	1.000	0.382
		12.000	0.444	1.000	0.444
6	砂質土	12.000	0.444	1.000	0.444
		13.000	0.527	1.000	0.527
		14.000	0.634	1.000	0.634
		15.000	1.119	1.000	1.119
		16.000	0.334	1.000	0.334
		17.000	0.363	1.000	0.363
		18.000	0.402	1.000	0.402

(6)液状化の判定

1)液状化の判定を行う必要がある砂質土層

沖積層の砂質土層で以下の3つの条件すべてに該当する場合には、地震時に液状化が生じる可能性があるため、2)項によって液状化の判定を行わなければならない。

地下水位が現地盤面から10m以内にあり、かつ現地盤面から20m以内の深さに存在する飽和土層。
 細粒分含有率FCが35%以下の土層、またはFCが35%をこえても塑性指数 I_p が15以下の土層。
 平均粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ10%粒径 D_{10} が1mm以下の土層。

2)液状化の判定

1)項の規定により液状化の判定を行う必要がある土層に対しては、液状化に対する抵抗率 F_L を次式により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなすものとする。

$$F_L = R / L$$

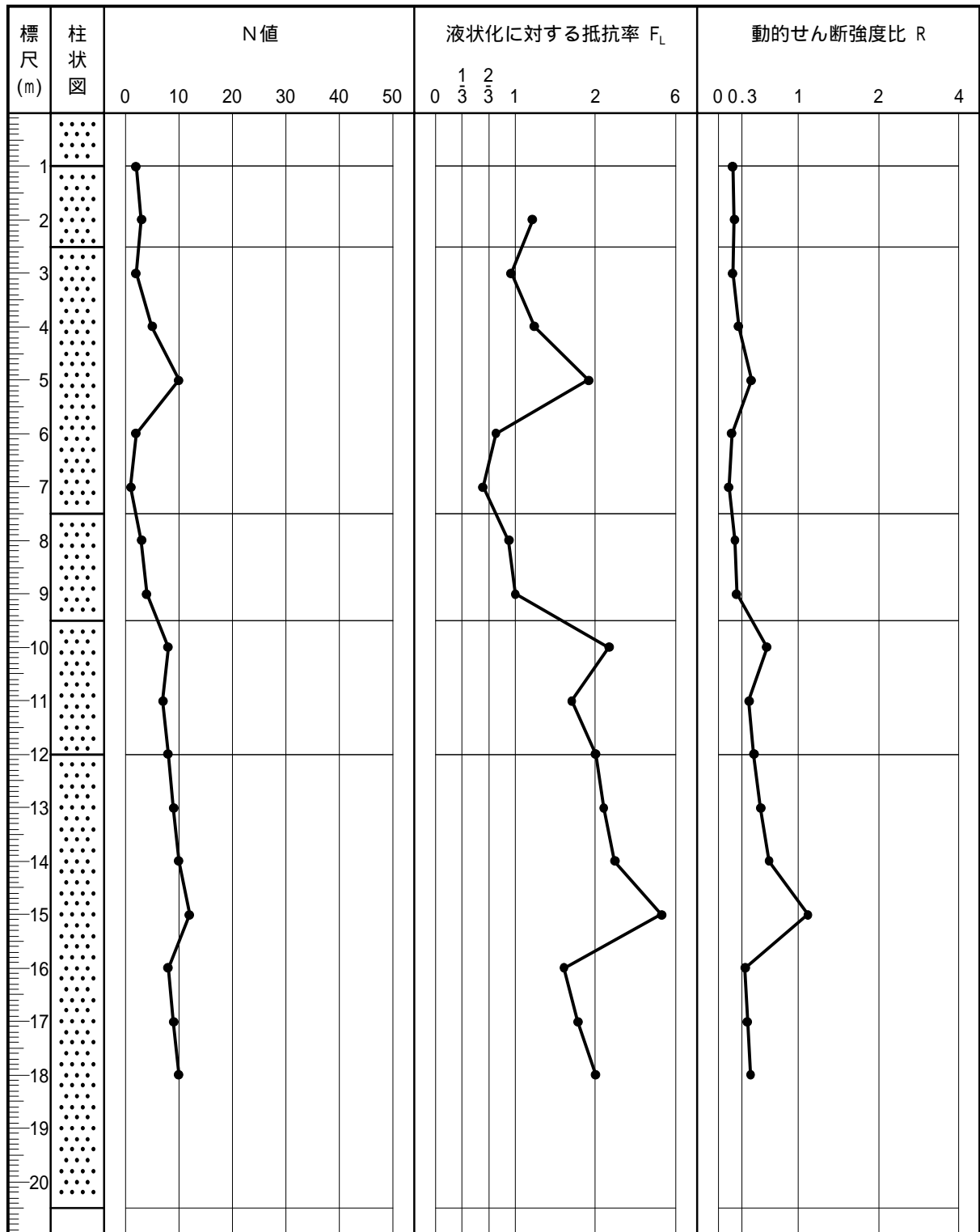
F_L : 液状化に対する抵抗率

R : 動的せん断強度比

L : 地震時せん断応力比

層No	土質区分	塑性指数 I_p	細粒分含有率FC(%)	平均粒径 D_{50} (mm)	10%粒径 D_{10} (mm)	深度x(m)	N値	せん断強度比R	せん断応力比L	抵抗率 F_L	判定	層判定
1	砂質土	-	-	-	-	1.000	2.0	-	-	-	-	-
2	砂質土	10.0	35.0	0.080	0.040	1.000	2.0	-	-	-	-	
						2.000	3.0	0.202	0.166	1.217		
3	砂質土	10.0	45.0	0.030	0.020	3.000	2.0	0.181	0.191	0.948	×	×
						4.000	5.0	0.255	0.206	1.238		
						5.000	10.0	0.413	0.216	1.912		
						6.000	2.0	0.169	0.223	0.758	×	
4	砂質土	10.0	60.0	0.500	0.030	8.000	3.0	0.210	0.228	0.921	×	×
						9.000	4.0	0.228	0.228	1.000	×	
5	砂質土	10.0	80.0	0.800	0.500	10.000	8.0	0.605	0.226	2.677		
						11.000	7.0	0.382	0.224	1.705		
						12.000	8.0	0.444	0.221	2.009		
6	砂質土	10.0	80.0	0.800	0.500	12.000	8.0	0.444	0.221	2.009		
						13.000	9.0	0.527	0.218	2.417		
						14.000	10.0	0.634	0.214	2.963		
						15.000	12.0	1.119	0.211	5.303		
						16.000	8.0	0.334	0.208	1.606		
						17.000	9.0	0.363	0.204	1.779		
18.000	10.0	0.402	0.200	2.010								

判定 × : 液状化する : 液状化しない



(7)土質定数の低減係数の設定

土質定数の低減係数は、レベル2地震動から求めた液状化の判定値 F_{L2} を基準として、下表により定める。

F_{L2} の範囲	現地盤面からの深度 $x(m)$	低減係数 D_{E1}	
		$R \geq 0.3$	$0.3 < R$
$F_{L2} \geq 1/3$	$0 \leq x < 10$	1/6	1/3
	$10 \leq x < 20$	2/3	2/3
$1/3 < F_{L2} < 2/3$	$0 \leq x < 10$	2/3	1
	$10 \leq x < 20$	1	1
$2/3 < F_{L2} < 1$	$0 \leq x < 10$	1	1
	$10 \leq x < 20$	1	1

層 No	土質区分	層厚 (m)	深度 x (m)	動的 せん断強度比 R_2	液状化に対 する抵抗率 F_{L2}	土質定数の 低減係数 D_{E1}	層ごとの 低減係数 D_{E1}
1	砂質土	1.000	1.000	-	-	-	-
2	砂質土	1.500	1.000	-	-	-	2/3
			2.000	0.270	0.349	2/3	
3	砂質土	5.000	3.000	0.229	0.257	1/6	1/6
			4.000	0.386	0.401	1	
			5.000	0.826	0.819	1	
			6.000	0.208	0.200	1/6	
			7.000	0.151	0.143	1/6	
4	砂質土	2.000	8.000	0.286	0.269	1/6	1/6
			9.000	0.324	0.305	1/3	
5	砂質土	2.500	10.000	1.210	1.147	1	1
			11.000	0.738	0.708	1	
			12.000	0.888	0.862	1	
6	砂質土	8.500	12.000	0.888	0.862	1	1
			13.000	1.054	1.037	1	
			14.000	1.268	1.268	1	
			15.000	2.238	2.272	1	
			16.000	0.592	0.612	1	
			17.000	0.678	0.712	1	
			18.000	0.804	0.860	1	

(8)液状化による沈下量の算定

液状化による沈下量 は、次式より求める。

$$= H_{FL} \times \quad \times 100$$

： 液状化による沈下量 (cm)

H_{FL} : 液状化層厚 (m)

： 沈下率 = 0.050

層 No	土質区分	層厚 (m)	判定	沈下量 (cm)
1	砂質土	1.000	-	-
2	砂質土	1.500		-
3	砂質土	5.000	×	25.000
4	砂質土	2.000	×	10.000
5	砂質土	2.500		-
6	砂質土	8.500		-

判定 × : 液状化する : 液状化しない

(9)液状化指数の算定

液状化の範囲、程度については、深さ方向の分布および周辺地盤の状況等から総合的に判断する必要がある。この場合、下式より算定される液状化指数 P_L (液状化抵抗率の深さ方向の変化から、液状化の激しさの程度を表す指標)が目安となる。

$$P_L = \int_0^H (1 - F_L)(10 - 0.5x) dx$$

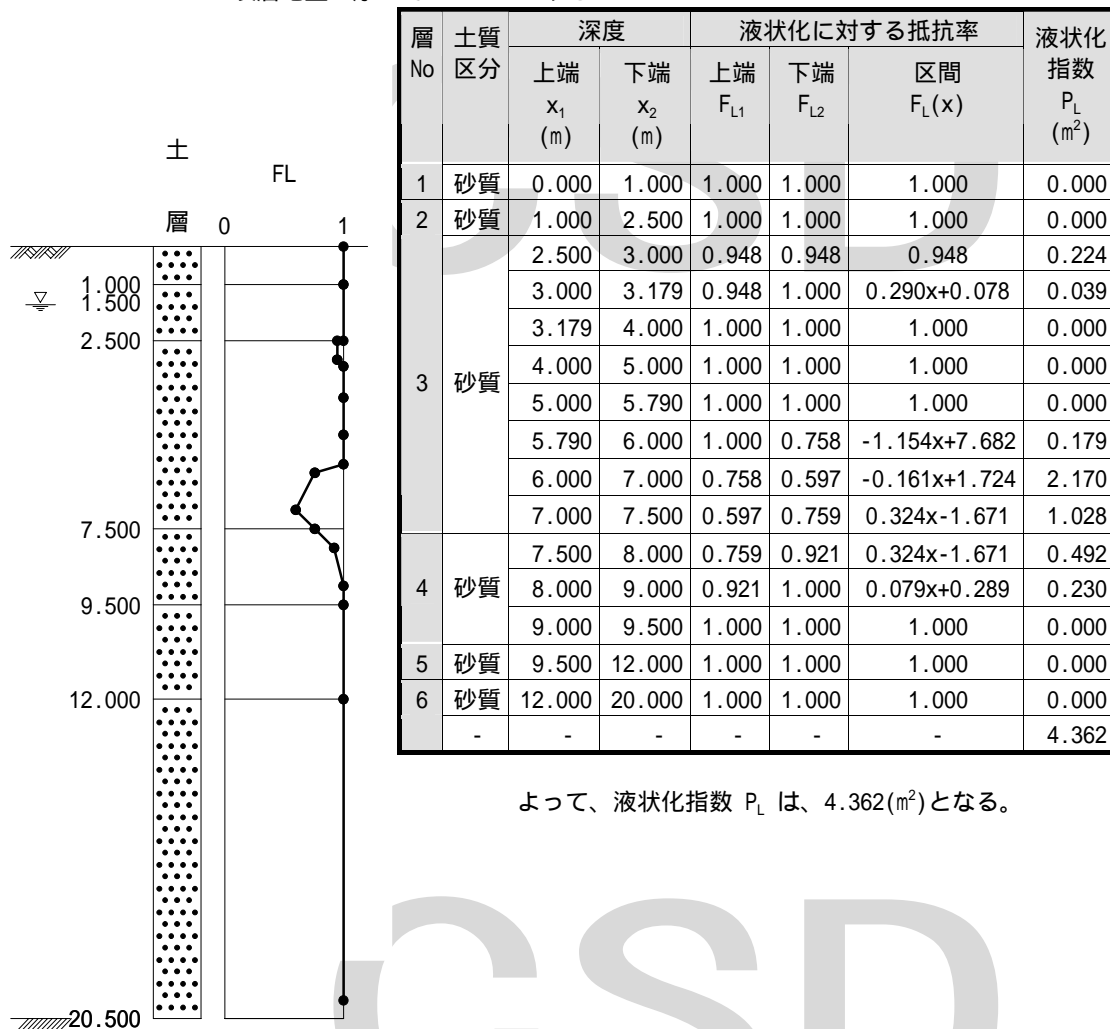
P_L : 液状化指数 (m^2)

F_L : 液状化に対する抵抗率

$F_L > 1$ の土層および液状化の判定対象外の土層については $F_L=1$ として考慮する。

x : 地表面からの深さ (m)

H : 表層地盤の厚さで $H=20m$ とする



よって、液状化指数 P_L は、 $4.362(m^2)$ となる。

CSD