

目次

1 液状化の判定	1
1-1 設計条件	1
1-1-1 設計基準	1
1-1-2 地盤面における設計水平震度	1
1-1-3 深度	1
1-1-4 護岸	1
1-1-5 ボーリングデータ	2
1-2 結果一覧	3
1-2-1 結果一覧（土層別）	3
1-2-2 結果一覧（深度別）	4
1-3 液状化結果詳細	5
1-3-1 耐震設計上土質定数を低減させる土層	5
1-3-2 全上載圧と有効上載圧の計算	7
1-3-3 50%粒径 D_{50} による砂質・れき質判定結果	8
1-3-4 繰返し三軸強度比の計算	9
1-3-5 地震動特性による補正係数 C_w の計算	10
1-3-6 液状化に対する抵抗率の計算	11
1-3-7 低減係数の設定	14
1-4 流動力計算結果	16

1 液状化の判定

1-1 設計条件

1-1-1 設計基準

道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成24年3月 社団法人 日本道路協会

1-1-2 地盤面における設計水平震度

地域別補正係数 c_z

地域区分	レベル1 地震動	レベル2地震動	
		タイプ I	タイプ II
A1地域	1.0	1.2	1.0
A2地域	1.0	1.0	1.0
B1地域	0.85	1.2	0.85
B2地域	0.85	1.0	0.85
C地域	0.7	0.8	0.7

液状化の判定に用いる地盤面の設計水平震度の標準値 k_{hgL0}

地盤種別	レベル1 地震動	レベル2地震動	
		タイプ I	タイプ II
I種地盤	0.12	0.50	0.80
II種地盤	0.15	0.45	0.70
III種地盤	0.18	0.40	0.60

地域区分
地盤種別

A2地域
III種地盤

地盤面における設計水平震度

レベル1地震動

レベル2地震動 (タイプ I)

レベル2地震動 (タイプ II)

$$k_{hgL} = c_z \cdot k_{hgL0} = 1.00 \times 0.18 = 0.18$$

$$k_{hgL} = c_z \cdot k_{hgL0} = 1.00 \times 0.40 = 0.40$$

$$k_{hgL} = c_z \cdot k_{hgL0} = 1.00 \times 0.60 = 0.60$$

1-1-3 深度

完成時における地表面

GL + 0.000 m

標準貫入試験を行ったときの地表面

GL + 0.000 m

地下水位 (完成時における地表面からの深さ)

3.000 m

対象外深度 (完成時における地表面からの深さ)

0.000 m

1-1-4 護岸

水際線からの距離

40.0 m

水底との高低差

8.000 m

1-1-5 ボーリングデータ

ボーリング名 B-001

1) 土層データ

No.	層厚 m	土質名	液状化 の判定	γ_{t1} kN/m ³	γ_{t2} kN/m ³	γ'_{t2} kN/m ³	ϕ 度	δ 度
1	3.000	粘性土	行う	18.00	19.00	8.00	0.0	0
2	7.000	砂質土	行う	18.00	19.00	8.00	30.0	$-\phi/3$
3	6.000	粘性土	行う	18.00	19.00	8.00	0.0	0
4	5.000	砂質土	行う	18.00	19.00	10.00	30.0	$-\phi/3$

2) N値データ

No.	深度 m	N値	FC %	Ip	D ₁₀ mm	D ₅₀ mm	q _u kN/m ²
1	4.200	5.00	25.00	20.000	0.022	0.200	0.0
2	5.000	5.00	25.00	20.000	0.022	0.200	0.0
3	6.000	5.00	25.00	20.000	0.022	0.200	0.0
4	7.000	5.00	25.00	20.000	0.022	0.200	0.0
5	8.000	8.00	25.00	20.000	0.022	0.200	0.0
6	9.000	9.00	25.00	20.000	0.022	0.200	0.0
7	10.000	9.00	25.00	20.000	0.022	0.200	0.0
8	11.000	7.00	15.00	13.000	0.018	0.000	35.0
9	12.000	7.00	15.00	13.000	0.018	0.000	35.0
10	13.000	10.00	15.00	13.000	0.018	0.000	35.0
11	14.000	9.00	15.00	13.000	0.018	0.000	35.0
12	15.000	8.00	15.00	13.000	0.018	0.000	35.0

1-2 結果一覧

1-2-1 結果一覧（土層別）

各土層の平均 F_L , R により D_E を計算する。

地下水位 : 3.000 m
 対象外深度 : 0.000 m
 最浅N値深度 : 4.200 m

No.	土質名称	層厚 m	レベル1地震動			レベル2地震動					
						タイプ I			タイプ II		
			R	F_L	D_E	R	F_L	D_E	R	F_L	D_E
1	粘性土	3.000	—	—	1	—	—	1	—	—	1
2	砂質土	7.000	0.2116	0.9249	2/3	0.2116	0.4162	1/3	0.2906	0.3802	1/3
3	粘性土	5.000	0.1938	0.7372	1	0.1938	0.3318	1/3	0.2547	0.2907	1/3

- 1) 各土層の平均 F_L 値の計算方法
 - ・各土層の平均 F_L は F_L 値と層厚との面積の平均とする。
- 2) 各土層の平均 R 値の計算方法
 - ・各土層の平均 R は R 値と層厚との面積の平均とする。
- 3) 各土層の再分割結果
 - ・N値の最終深度で土層を区切り計算する。

1-2-2 結果一覧 (深度別)

(1) レベル1地震動

No.	土質名称	層厚 m	深度 x m	R	F _L	D _E
1	粘性土	3.000	3.000	—	—	1
2	砂質土	7.000	3.000	0.2112	1.2284	1
			4.200	0.2041	1.0022	1
			5.000	0.1998	0.9132	2/3
			6.000	0.1949	0.8360	2/3
			7.000	0.1903	0.7816	2/3
			8.000	0.2305	0.9182	2/3
			9.000	0.2382	0.9288	2/3
3	粘性土	5.000	10.000	0.2332	0.8965	2/3
			11.000	0.1820	0.6937	1
			12.000	0.1784	0.6769	1
			13.000	0.2079	0.7879	1
			14.000	0.1939	0.7362	1
			15.000	0.1800	0.6862	1

(2) レベル2地震動

No.	土質名称	層厚 m	深度 x m	タイプ I			タイプ II		
				R	F _L	D _E	R	F _L	D _E
1	粘性土	3.000	3.000	—	—	1	—	—	1
2	砂質土	7.000	3.000	0.2112	0.5528	1/3	0.2886	0.5037	1/3
			4.200	0.2041	0.4510	1/3	0.2742	0.4040	1/3
			5.000	0.1998	0.4109	1/3	0.2657	0.3642	1/3
			6.000	0.1949	0.3762	1/3	0.2559	0.3293	0
			7.000	0.1903	0.3517	1/3	0.2471	0.3044	0
			8.000	0.2305	0.4132	1/3	0.3298	0.3941	2/3
			9.000	0.2382	0.4179	1/3	0.3468	0.4057	2/3
3	粘性土	5.000	10.000	0.2332	0.4034	1/3	0.3357	0.3872	2/3
			11.000	0.1820	0.3122	1/3	0.2313	0.2644	1/3
			12.000	0.1784	0.3046	1/3	0.2246	0.2556	1/3
			13.000	0.2079	0.3546	2/3	0.2819	0.3205	1/3
			14.000	0.1939	0.3313	1/3	0.2540	0.2893	1/3
			15.000	0.1800	0.3088	1/3	0.2275	0.2602	1/3

1-3 液状化結果詳細

1-3-1 耐震設計上土質定数を低減させる土層

(1) 耐震設計上ごく軟弱な土層の判定

地下水位 : 3.000 m
 対象外深度 : 0.000 m
 最浅N値深度 : 4.200 m

No.	土質名称	層厚 m	深度 x m	q _u	
				q _u kN/m ²	ごく軟弱な 土層の判定
1	粘性土	3.000	3.000	—	×
2	砂質土	7.000	3.000	—	×
			4.200	—	
			5.000	—	
			6.000	—	
			7.000	—	
			8.000	—	
			9.000	—	
			10.000	—	
3	粘性土	5.000	10.000	0.0	×
			11.000	35.0	
			12.000	35.0	
			13.000	35.0	
			14.000	35.0	
			15.000	35.0	

○ : 判定条件に該当する × : 判定条件に該当しない

※地表面から3m以内にある粘性土層及びシルト質土で、一軸圧縮強度が20kN/m²以下の土層を、耐震設計上ごく軟弱な土質と判定し、土質定数を零とする。

(2) 液状化の判定を行う必要がある土層

地下水位 : 3.000 m
 対象外深度 : 0.000 m
 最浅N値深度 : 4.200 m

No.	土質名称	層厚 m	深度 x m	D ₅₀ ≤ 10mm かつ D ₁₀ ≤ 1mm			FC ≤ 35% 又は FC > 35%かつI _p ≤ 15			液状化 判定の 必要性
				D ₅₀ mm	D ₁₀ mm	判 定	FC %	I _p	判 定	
1	粘性土	3.000	3.000	—	—	—	—	—	—	対象外
2	砂質土	7.000	3.000	—	—	—	—	—	—	必要
			4.200	0.200	0.022	○	25.00	20.000	○	
			5.000	0.200	0.022	○	25.00	20.000	○	
			6.000	0.200	0.022	○	25.00	20.000	○	
			7.000	0.200	0.022	○	25.00	20.000	○	
			8.000	0.200	0.022	○	25.00	20.000	○	
			9.000	0.200	0.022	○	25.00	20.000	○	
3	粘性土	5.000	10.000	0.200	0.022	○	25.00	20.000	○	必要
			11.000	0.000	0.018	○	15.00	13.000	○	
			12.000	0.000	0.018	○	15.00	13.000	○	
			13.000	0.000	0.018	○	15.00	13.000	○	
			14.000	0.000	0.018	○	15.00	13.000	○	
			15.000	0.000	0.018	○	15.00	13.000	○	

○ : 判定条件に該当する × : 判定条件に該当しない

沖積層の土層で以下の条件全てに該当する土層を、液状化の判定を行う必要がある土層とする。

- ・ 地下水位が地表面から10m以内にあり、かつ、地表面から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%を超えても塑性指数I_pが15以下の土層
- ・ 50%粒径D₅₀が10mm以下で、かつ10%粒径D₁₀が1mm以下である土層

1-3-2 全上載圧と有効上載圧の計算

完成時における地表面
 標準貫入試験を行ったときの地表面
 地下水位 (完成時における地表面からの深さ)
 対象外深度 (完成時における地表面からの深さ)

GL + 0.000 m
 GL + 0.000 m
 3.000 m
 0.000 m

No.	層厚 m	深度x m	深度 x_b m	γ_{t1} kN/m ³	γ_{t2} kN/m ³	γ_{t2}' kN/m ³	σ_v kN/m ²	σ_v' kN/m ²	σ_{vb}' kN/m ²
1	3.000	3.000	3.000	18.00	19.00	8.00	54.000	54.000	54.000
2	—	3.000	3.000	18.00	19.00	8.00	54.000	54.000	54.000
3	1.200	4.200	4.200	18.00	19.00	8.00	76.800	63.600	63.600
4	0.800	5.000	5.000	18.00	19.00	8.00	92.000	70.000	70.000
5	1.000	6.000	6.000	18.00	19.00	8.00	111.000	78.000	78.000
6	1.000	7.000	7.000	18.00	19.00	8.00	130.000	86.000	86.000
7	1.000	8.000	8.000	18.00	19.00	8.00	149.000	94.000	94.000
8	1.000	9.000	9.000	18.00	19.00	8.00	168.000	102.000	102.000
9	1.000	10.000	10.000	18.00	19.00	8.00	187.000	110.000	110.000
10	—	10.000	10.000	18.00	19.00	8.00	187.000	110.000	110.000
11	1.000	11.000	11.000	18.00	19.00	8.00	206.000	118.000	118.000
12	1.000	12.000	12.000	18.00	19.00	8.00	225.000	126.000	126.000
13	1.000	13.000	13.000	18.00	19.00	8.00	244.000	134.000	134.000
14	1.000	14.000	14.000	18.00	19.00	8.00	263.000	142.000	142.000
15	1.000	15.000	15.000	18.00	19.00	8.00	282.000	150.000	150.000

ここに、

σ_v : 地表面からの深さx(m)における全上載圧 (kN/m²)
 σ_v' : 地表面からの深さx(m)における有効上載圧 (kN/m²)
 σ_{vb}' : 標準貫入試験をおこなったときの地表面からの深さx(m)における有効上載圧 (kN/m²)
 x : 完成時における地表面からの深さ (m)
 x_b : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さ (m)
 γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)
 γ_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)
 γ_{t2}' : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)

1-3-3 50%粒径D₅₀による砂質・れき質判定結果

No.	入力土質名称	層厚 m	深度 x m	D ₅₀ mm	判定	処理上の土質名称
1	粘性土	3.000	3.000	—	—	—
2	砂質土	7.000	3.000	0.200	< 2.0mm	砂質土
			4.200	0.200	< 2.0mm	砂質土
			5.000	0.200	< 2.0mm	砂質土
			6.000	0.200	< 2.0mm	砂質土
			7.000	0.200	< 2.0mm	砂質土
			8.000	0.200	< 2.0mm	砂質土
			9.000	0.200	< 2.0mm	砂質土
			10.000	0.200	< 2.0mm	砂質土
3	粘性土	5.000	10.000	0.200	< 2.0mm	砂質土
			11.000	0.000	< 2.0mm	砂質土
			12.000	0.000	< 2.0mm	砂質土
			13.000	0.000	< 2.0mm	砂質土
			14.000	0.000	< 2.0mm	砂質土
			15.000	0.000	< 2.0mm	砂質土

砂質土とれき質土の区別はD₅₀ (50%粒径) 2.0mm以上で判定する。

D₅₀ < 2.0 (mm) 砂質土
D₅₀ ≥ 2.0 (mm) れき質土

1-3-4 繰返し三軸強度比の計算

No.	深度 x m	FC %	D ₅₀ mm	σ_{vb}' kN/m ²	N	N _a	N ₁	c ₁	c ₂	R _L
1	3.000	—	—	54.000	—	—	—	—	—	—
2	3.000	25.00	0.200	54.000	5.00	9.74	6.85	1.30000	0.83333	0.2112
3	4.200	25.00	0.200	63.600	5.00	9.10	6.36	1.30000	0.83333	0.2041
4	5.000	25.00	0.200	70.000	5.00	8.73	6.07	1.30000	0.83333	0.1998
5	6.000	25.00	0.200	78.000	5.00	8.30	5.74	1.30000	0.83333	0.1949
6	7.000	25.00	0.200	86.000	5.00	7.92	5.45	1.30000	0.83333	0.1903
7	8.000	25.00	0.200	94.000	8.00	11.61	8.29	1.30000	0.83333	0.2305
8	9.000	25.00	0.200	102.000	9.00	12.40	8.90	1.30000	0.83333	0.2382
9	10.000	25.00	0.200	110.000	9.00	11.88	8.50	1.30000	0.83333	0.2332
10	10.000	25.00	0.200	110.000	9.00	11.88	8.50	1.30000	0.83333	0.2332
11	11.000	15.00	0.000	118.000	7.00	7.24	6.33	1.10000	0.27778	0.1820
12	12.000	15.00	0.000	126.000	7.00	6.96	6.07	1.10000	0.27778	0.1784
13	13.000	15.00	0.000	134.000	10.00	9.44	8.33	1.10000	0.27778	0.2079
14	14.000	15.00	0.000	142.000	9.00	8.22	7.22	1.10000	0.27778	0.1939
15	15.000	15.00	0.000	150.000	8.00	7.08	6.18	1.10000	0.27778	0.1800

繰返し三軸強度比R_Lは以下の式により計算する。

$$(N_a < 14) \quad R_L = 0.0882 \times \sqrt{N_a} / 1.7$$

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

ここで、

(砂質土の場合)

$$N_a = c_1 \cdot N_1 + c_2$$

$$N_1 = 170 \cdot N / (\sigma_{vb}' + 70)$$

$$c_1 = 1$$

(0% ≤ FC < 10%)

$$c_1 = (FC + 40) / 50$$

(10% ≤ FC < 60%)

$$c_1 = FC / 20 - 1$$

(60% ≤ FC)

$$c_2 = 0$$

(0% ≤ FC < 10%)

$$c_2 = (FC - 10) / 18$$

(10% ≤ FC)

c₁, c₂の値はFCにより区別する。

(れき質土の場合)

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

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
- N₁ : 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
- c₁, c₂ : 細粒分含有率によるN値の補正係数
- FC : 細粒分含有率(粒径75 μm以下の土粒子の通過質量百分率) (%)
- D₅₀ : 50%粒径 (mm)
- σ_{vb}' : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効上載圧 (kN/m²)

1-3-5 地震動特性による補正係数 c_w の計算

No.	深度 x m	R_L	c_w		
			レベル1 地震動	レベル2地震動	
				タイプ I	タイプ II
1	3.000	—	—	—	—
2	3.000	0.2112	1.000	1.000	1.367
3	4.200	0.2041	1.000	1.000	1.344
4	5.000	0.1998	1.000	1.000	1.329
5	6.000	0.1949	1.000	1.000	1.313
6	7.000	0.1903	1.000	1.000	1.298
7	8.000	0.2305	1.000	1.000	1.431
8	9.000	0.2382	1.000	1.000	1.456
9	10.000	0.2332	1.000	1.000	1.440
10	10.000	0.2332	1.000	1.000	1.440
11	11.000	0.1820	1.000	1.000	1.271
12	12.000	0.1784	1.000	1.000	1.259
13	13.000	0.2079	1.000	1.000	1.356
14	14.000	0.1939	1.000	1.000	1.310
15	15.000	0.1800	1.000	1.000	1.264

地震動特性による補正係数 c_w は以下の式により計算する。

レベル1地震動・レベル2地震動（タイプ I）の場合
 $c_w = 1.0$

レベル2地震動（タイプ II）の場合
 $c_w = 1.0$ ($R_L \leq 0.1$)
 $c_w = 3.3 \cdot R_L + 0.67$ ($0.1 < R_L \leq 0.4$)
 $c_w = 2.0$ ($0.4 < R_L$)

ここに、
 c_w : 地震動特性による補正係数
 R_L : 繰返し三軸強度比

1-3-6 液状化に対する抵抗率の計算

(1) レベル1地震動

No.	深度 x m	c_w	R_L	r_d	σ_v kN/m ²	σ_v' kN/m ²	R	L	F_L
1	3.000	—	—	—	54.000	54.000	—	—	—
2	3.000	1.000	0.2112	0.955	54.000	54.000	0.2112	0.172	1.2284
3	4.200	1.000	0.2041	0.937	76.800	63.600	0.2041	0.204	1.0022
4	5.000	1.000	0.1998	0.925	92.000	70.000	0.1998	0.219	0.9132
5	6.000	1.000	0.1949	0.910	111.000	78.000	0.1949	0.233	0.8360
6	7.000	1.000	0.1903	0.895	130.000	86.000	0.1903	0.244	0.7816
7	8.000	1.000	0.2305	0.880	149.000	94.000	0.2305	0.251	0.9182
8	9.000	1.000	0.2382	0.865	168.000	102.000	0.2382	0.256	0.9288
9	10.000	1.000	0.2332	0.850	187.000	110.000	0.2332	0.260	0.8965
10	10.000	1.000	0.2332	0.850	187.000	110.000	0.2332	0.260	0.8965
11	11.000	1.000	0.1820	0.835	206.000	118.000	0.1820	0.262	0.6937
12	12.000	1.000	0.1784	0.820	225.000	126.000	0.1784	0.264	0.6769
13	13.000	1.000	0.2079	0.805	244.000	134.000	0.2079	0.264	0.7879
14	14.000	1.000	0.1939	0.790	263.000	142.000	0.1939	0.263	0.7362
15	15.000	1.000	0.1800	0.775	282.000	150.000	0.1800	0.262	0.6862

液状化に対する抵抗率 F_L は以下の式により計算する。

$$F_L = R / L$$

$$R = c_w \cdot R_L$$

$$L = r_d \cdot k_{hgl} \cdot (\sigma_v / \sigma_v')$$

$$r_d = 1.0 - 0.015 x$$

ここに、

F_L	: 液状化に対する抵抗率	
R	: 動的せん断強度比	
c_w	: 地震動特性による補正係数	
R_L	: 繰返し三軸強度比	
L	: 地震時せん断応力比	
r_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設計水平震度 (=0.180)	
σ_v	: 地表面からの深さx(m)における全上載圧	(kN/m ²)
σ_v'	: 地表面からの深さx(m)における有効上載圧	(kN/m ²)
x	: 地表面からの深さ	(m)

(2) レベル2地震動 (タイプ I)

No.	深度 x m	c_w	R_L	r_d	σ_v kN/m ²	σ_v' kN/m ²	R	L	F_L
1	3.000	—	—	—	54.000	54.000	—	—	—
2	3.000	1.000	0.2112	0.955	54.000	54.000	0.2112	0.382	0.5528
3	4.200	1.000	0.2041	0.937	76.800	63.600	0.2041	0.453	0.4510
4	5.000	1.000	0.1998	0.925	92.000	70.000	0.1998	0.486	0.4109
5	6.000	1.000	0.1949	0.910	111.000	78.000	0.1949	0.518	0.3762
6	7.000	1.000	0.1903	0.895	130.000	86.000	0.1903	0.541	0.3517
7	8.000	1.000	0.2305	0.880	149.000	94.000	0.2305	0.558	0.4132
8	9.000	1.000	0.2382	0.865	168.000	102.000	0.2382	0.570	0.4179
9	10.000	1.000	0.2332	0.850	187.000	110.000	0.2332	0.578	0.4034
10	10.000	1.000	0.2332	0.850	187.000	110.000	0.2332	0.578	0.4034
11	11.000	1.000	0.1820	0.835	206.000	118.000	0.1820	0.583	0.3122
12	12.000	1.000	0.1784	0.820	225.000	126.000	0.1784	0.586	0.3046
13	13.000	1.000	0.2079	0.805	244.000	134.000	0.2079	0.586	0.3546
14	14.000	1.000	0.1939	0.790	263.000	142.000	0.1939	0.585	0.3313
15	15.000	1.000	0.1800	0.775	282.000	150.000	0.1800	0.583	0.3088

液状化に対する抵抗率 F_L は以下の式により計算する。

$$F_L = R / L$$

$$R = c_w \cdot R_L$$

$$L = r_d \cdot k_{hgL} \cdot (\sigma_v / \sigma_v')$$

$$r_d = 1.0 - 0.015 x$$

ここに、

F_L	: 液状化に対する抵抗率	
R	: 動的せん断強度比	
c_w	: 地震動特性による補正係数	
R_L	: 繰返し三軸強度比	
L	: 地震時せん断応力比	
r_d	: 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数	
k_{hgL}	: 地盤面における設計水平震度 (=0.400)	
σ_v	: 地表面からの深さx(m)における全上載圧	(kN/m ²)
σ_v'	: 地表面からの深さx(m)における有効上載圧	(kN/m ²)
x	: 地表面からの深さ	(m)

(3) レベル2地震動 (タイプII)

No.	深度 x m	c_w	R_L	r_d	σ_v kN/m ²	σ_v' kN/m ²	R	L	F_L
1	3.000	—	—	—	54.000	54.000	—	—	—
2	3.000	1.367	0.2112	0.955	54.000	54.000	0.2886	0.573	0.5037
3	4.200	1.344	0.2041	0.937	76.800	63.600	0.2742	0.679	0.4040
4	5.000	1.329	0.1998	0.925	92.000	70.000	0.2657	0.729	0.3642
5	6.000	1.313	0.1949	0.910	111.000	78.000	0.2559	0.777	0.3293
6	7.000	1.298	0.1903	0.895	130.000	86.000	0.2471	0.812	0.3044
7	8.000	1.431	0.2305	0.880	149.000	94.000	0.3298	0.837	0.3941
8	9.000	1.456	0.2382	0.865	168.000	102.000	0.3468	0.855	0.4057
9	10.000	1.440	0.2332	0.850	187.000	110.000	0.3357	0.867	0.3872
10	10.000	1.440	0.2332	0.850	187.000	110.000	0.3357	0.867	0.3872
11	11.000	1.271	0.1820	0.835	206.000	118.000	0.2313	0.875	0.2644
12	12.000	1.259	0.1784	0.820	225.000	126.000	0.2246	0.879	0.2556
13	13.000	1.356	0.2079	0.805	244.000	134.000	0.2819	0.879	0.3205
14	14.000	1.310	0.1939	0.790	263.000	142.000	0.2540	0.878	0.2893
15	15.000	1.264	0.1800	0.775	282.000	150.000	0.2275	0.874	0.2602

液状化に対する抵抗率 F_L は以下の式により計算する。

$$F_L = R / L$$

$$R = c_w \cdot R_L$$

$$L = r_d \cdot k_{hgL} \cdot (\sigma_v / \sigma_v')$$

$$r_d = 1.0 - 0.015 x$$

ここに、

F_L	: 液状化に対する抵抗率	
R	: 動的せん断強度比	
c_w	: 地震動特性による補正係数	
R_L	: 繰返し三軸強度比	
L	: 地震時せん断応力比	
r_d	: 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数	
k_{hgL}	: 地盤面における設計水平震度 (=0.600)	
σ_v	: 地表面からの深さx(m)における全上載圧	(kN/m ²)
σ_v'	: 地表面からの深さx(m)における有効上載圧	(kN/m ²)
x	: 地表面からの深さ	(m)

1-3-7 低減係数の設定

1) 土質定数の低減係数

・レベル1地震動

No.	土質名称	層厚 m	深度 x m	R	F _L	D _E
1	粘性土	3.000	3.000	—	—	1
2	砂質土	7.000	3.000	0.2112	1.2284	1
			4.200	0.2041	1.0022	1
			5.000	0.1998	0.9132	2/3
			6.000	0.1949	0.8360	2/3
			7.000	0.1903	0.7816	2/3
			8.000	0.2305	0.9182	2/3
			9.000	0.2382	0.9288	2/3
3	粘性土	5.000	10.000	0.2332	0.8965	2/3
			11.000	0.1820	0.6937	1
			12.000	0.1784	0.6769	1
			13.000	0.2079	0.7879	1
			14.000	0.1939	0.7362	1
			15.000	0.1800	0.6862	1

・レベル2地震動

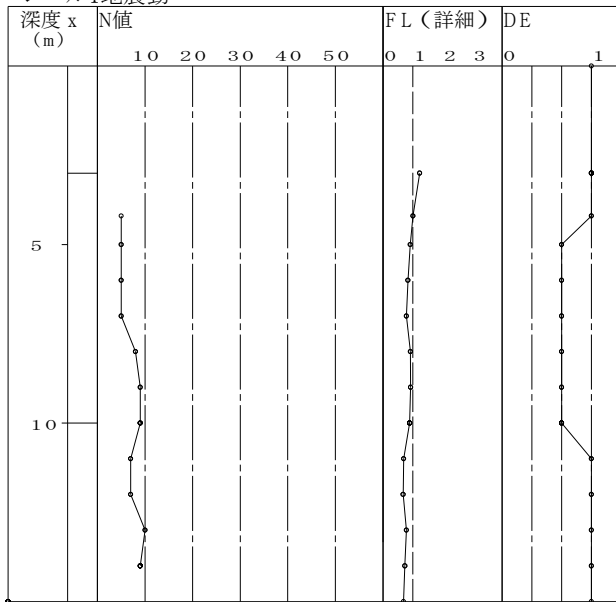
No.	土質名称	層厚 m	深度 x m	タイプ I			タイプ II		
				R	F _L	D _E	R	F _L	D _E
1	粘性土	3.000	3.000	—	—	1	—	—	1
2	砂質土	7.000	3.000	0.2112	0.5528	1/3	0.2886	0.5037	1/3
			4.200	0.2041	0.4510	1/3	0.2742	0.4040	1/3
			5.000	0.1998	0.4109	1/3	0.2657	0.3642	1/3
			6.000	0.1949	0.3762	1/3	0.2559	0.3293	0
			7.000	0.1903	0.3517	1/3	0.2471	0.3044	0
			8.000	0.2305	0.4132	1/3	0.3298	0.3941	2/3
			9.000	0.2382	0.4179	1/3	0.3468	0.4057	2/3
3	粘性土	5.000	10.000	0.2332	0.4034	1/3	0.3357	0.3872	2/3
			11.000	0.1820	0.3122	1/3	0.2313	0.2644	1/3
			12.000	0.1784	0.3046	1/3	0.2246	0.2556	1/3
			13.000	0.2079	0.3546	2/3	0.2819	0.3205	1/3
			14.000	0.1939	0.3313	1/3	0.2540	0.2893	1/3
			15.000	0.1800	0.3088	1/3	0.2275	0.2602	1/3

以下の表により低減係数D_Eを設定する。

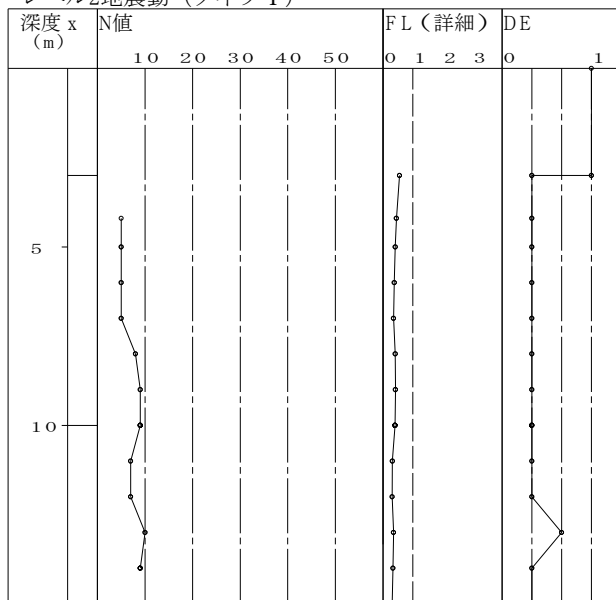
F _L の範囲	地表面からの 深度 x	動的せん断強度比R	
		R ≤ 0.3	0.3 < R
F _L ≤ 1/3	0 ≤ x ≤ 10	0	1/6
	10 < x ≤ 20	1/3	1/3
1/3 < F _L ≤ 2/3	0 ≤ x ≤ 10	1/3	2/3
	10 < x ≤ 20	2/3	2/3
2/3 < F _L ≤ 1	0 ≤ x ≤ 10	2/3	1
	10 < x ≤ 20	1	1

2) FL・DE分布図

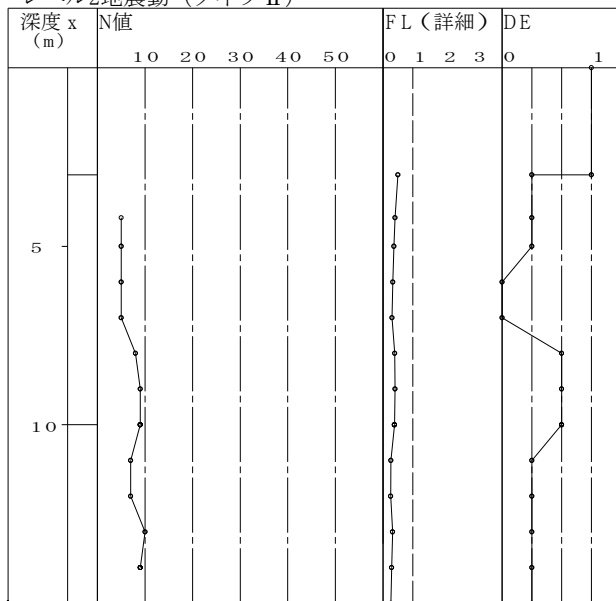
・レベル1地震動



・レベル2地震動 (タイプ I)



・レベル2地震動 (タイプ II)



1-4 流動力計算結果

(1) 受働土圧係数 K_p

No.	土質名称	層厚 m	深度 x m	ϕ (度)	δ (度)	K_p
1	粘性土	3.000	0.000	0.0	0.000	1.0000
			3.000			

受働土圧係数 K_p は以下の式により計算する。

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi + \theta)}{\cos^2\theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta) \cdot \sin(\phi + \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \cdot \cos(\theta - \alpha)}} \right\}^2}$$

ここに、

- K_p : クーロン土圧による受働土圧係数
- ϕ : 土のせん断抵抗角 (度)
- α : 地表面と水平面とのなす角 (度)
- θ : 壁背面と鉛直面とのなす角 (度)
- δ : 壁背面と土との間の壁面摩擦角 (度)

(2) 流動力の計算(レベル2地震動 タイプ I)

1) 液状化指数

No.	深度 x m	$F_L(x)$	$P_L(x)$	ΣP_L
1	3.000	—	—	—
2	3.000	0.5528	3.8013	0.0000
3	4.200	0.4510	4.3372	4.8831
4	5.000	0.4109	4.4181	8.3852
5	6.000	0.3762	4.3665	12.7774
6	7.000	0.3517	4.2139	17.0676
7	8.000	0.4132	3.5210	20.9350
8	9.000	0.4179	3.2013	24.2961
9	10.000	0.4034	2.9828	27.3882
10	10.000	0.4034	2.9828	27.3882
11	11.000	0.3122	3.0952	30.4272
12	12.000	0.3046	2.7816	33.3655
13	13.000	0.3546	2.2590	35.8858
14	14.000	0.3313	2.0061	38.0184
15	15.000	0.3088	1.7280	39.8854

$$P_L = \int_0^{20} P_L(x) dx = 39.8854 \text{ m}^2$$

ここに、

- P_L : 液状化指数 (m²)
 x : 地表面からの深さ (m)
 $P_L(x)$: 深度(x)に対する液状化指数
 $P_L(x) = (1 - F_L(x))(10 - 0.5 \cdot x)$
 $F_L(x)$: 深度(x)での液状化に対する抵抗率 ($F_L(x) \geq 1$ の場合、 $F_L(x) = 1$ とする)

2) 流動力

No.	土質名称	層厚 m	深度 x m	液状化区分	液状化層厚	γ kN/m ³	受働土 圧係数	q_{NL} kN/m ²	q_L kN/m ²
1	粘性土	3.000	0.000	非液状化層	3.000	18.000	1.0000	0.000	—
			3.000					54.000	—
2	砂質土	7.000	3.000	液状化層	12.000	19.000	—	—	16.200
			4.200					—	—
			5.000					—	—
			6.000					—	—
			7.000					—	—
			8.000					—	—
			9.000					—	—
3	粘性土	5.000	10.000			19.000	—	—	56.100
			11.000					—	—
			12.000					—	—
			13.000					—	—
			14.000					—	—
15.000	—	—	84.600						

流動力 q_{NL} , q_L は以下の式により計算する。

$$q_{NL} = c_s \cdot c_{NL} \cdot K_p \cdot \gamma_{NL} \cdot x \quad (0 \leq x \leq H_{NL})$$

$$q_L = c_s \cdot c_L \cdot \{ \gamma_{NL} \cdot H_{NL} + \gamma_L \cdot (x - H_{NL}) \} \quad (H_{NL} < x \leq H_{NL} + H_L)$$

ここに、

q_{NL} : 非液状化層中にある部材に作用する深さxの位置の単位面積当たりの流動力 (kN/m²)
 q_L : 液状化層中にある部材に作用する深さxの位置の単位面積当たりの流動力 (kN/m²)

s : 水際線からの距離 (= 40.0 m)
 c_s : 水際線からの距離による補正係数 (= 1.000)

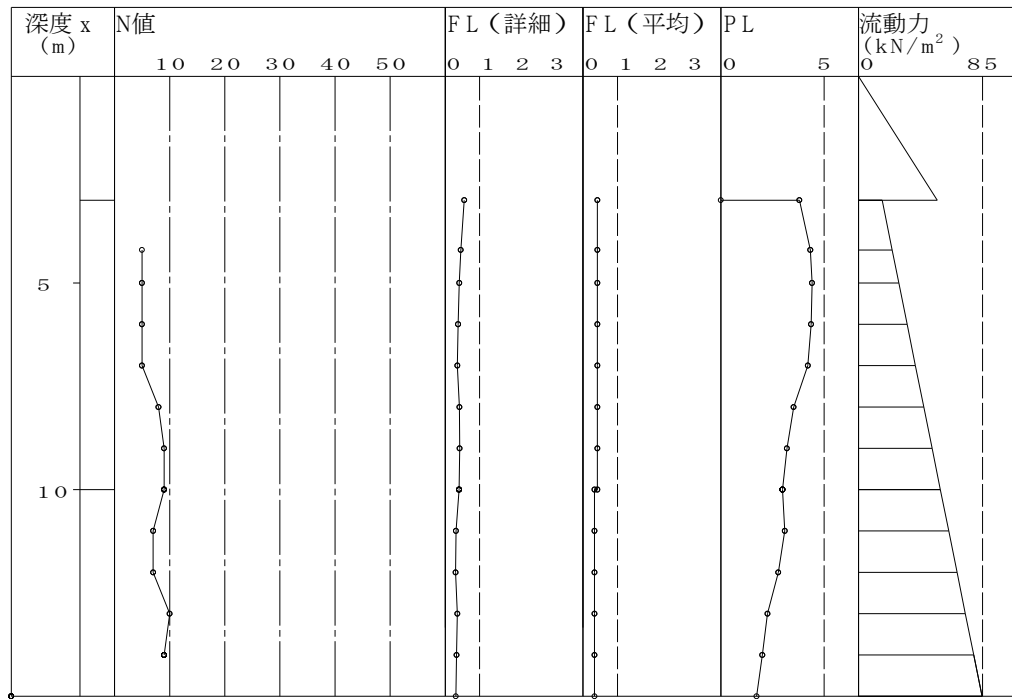
水際線からの距離 s (m)	補正係数 c_s
$s \leq 50$	1.0
$50 < s \leq 100$	0.5
$100 < s$	0

P_L : 液状化指数 (= 39.885 m²)
 c_{NL} : 非液状化層中の流動力の補正係数 (= 1.000)

液状化指数 P_L (m ²)	補正係数 c_{NL}
$P_L \leq 5$	0
$5 < P_L \leq 20$	$(0.2 \cdot P_L - 1) / 3$
$20 < P_L$	1

c_L : 液状化層中の流動力の補正係数 (= 0.3)
 K_p : 受働土圧係数
 γ_{NL} : 非液状化層の平均単位体積重量 (kN/m³)
 γ_L : 液状化層の平均単位体積重量 (kN/m³)
 x : 地表面からの深さ (m)
 H_{NL} : 非液状化層厚 (m)
 H_L : 液状化層厚 (m)

3) 流動力図



(3) 流動力の計算(レベル2地震動 タイプII)

1) 液状化指数

No.	深度 x m	$F_L(x)$	$P_L(x)$	ΣP_L
1	3.000	—	—	—
2	3.000	0.5037	4.2183	0.0000
3	4.200	0.4040	4.7088	5.3563
4	5.000	0.3642	4.7685	9.1472
5	6.000	0.3293	4.6946	13.8787
6	7.000	0.3044	4.5216	18.4868
7	8.000	0.3941	3.6354	22.5653
8	9.000	0.4057	3.2687	26.0174
9	10.000	0.3872	3.0641	29.1838
10	10.000	0.3872	3.0641	29.1838
11	11.000	0.2644	3.3100	32.3708
12	12.000	0.2556	2.9775	35.5145
13	13.000	0.3205	2.3781	38.1923
14	14.000	0.2893	2.1321	40.4474
15	15.000	0.2602	1.8495	42.4382

$$P_L = \int_0^{20} P_L(x) dx = 42.4382 \text{ m}^2$$

ここに、

- P_L : 液状化指数 (m²)
 x : 地表面からの深さ (m)
 $P_L(x)$: 深度(x)に対する液状化指数
 $P_L(x) = (1 - F_L(x))(10 - 0.5 \cdot x)$
 $F_L(x)$: 深度(x)での液状化に対する抵抗率 ($F_L(x) \geq 1$ の場合、 $F_L(x) = 1$ とする)

2) 流動力

No.	土質名称	層厚 m	深度 x m	液状化区分	液状化層厚	γ kN/m ³	受働土 圧係数	q_{NL} kN/m ²	q_L kN/m ²
1	粘性土	3.000	0.000	非液状化層	3.000	18.000	1.0000	0.000	—
			3.000					54.000	—
2	砂質土	7.000	3.000	液状化層	12.000	19.000	—	—	16.200
			4.200					—	—
			5.000					—	—
			6.000					—	—
			7.000					—	—
			8.000					—	—
			9.000					—	—
3	粘性土	5.000	10.000			19.000	—	—	56.100
			11.000					—	—
			12.000					—	—
			13.000					—	—
			14.000					—	—
15.000	—	—	84.600						

流動力 q_{NL} , q_L は以下の式により計算する。

$$q_{NL} = c_s \cdot c_{NL} \cdot K_p \cdot \gamma_{NL} \cdot x \quad (0 \leq x \leq H_{NL})$$

$$q_L = c_s \cdot c_L \cdot \{ \gamma_{NL} \cdot H_{NL} + \gamma_L \cdot (x - H_{NL}) \} \quad (H_{NL} < x \leq H_{NL} + H_L)$$

ここに、

q_{NL} : 非液状化層中にある部材に作用する深さxの位置の単位面積当たりの流動力 (kN/m²)

q_L : 液状化層中にある部材に作用する深さxの位置の単位面積当たりの流動力 (kN/m²)

s : 水際線からの距離 (= 40.0 m)

c_s : 水際線からの距離による補正係数 (= 1.000)

水際線からの距離 s (m)	補正係数 c_s
$s \leq 50$	1.0
$50 < s \leq 100$	0.5
$100 < s$	0

P_L : 液状化指数 (= 42.438 m²)

c_{NL} : 非液状化層中の流動力の補正係数 (= 1.000)

液状化指数 P_L (m ²)	補正係数 c_{NL}
$P_L \leq 5$	0
$5 < P_L \leq 20$	$(0.2 \cdot P_L - 1) / 3$
$20 < P_L$	1

c_L : 液状化層中の流動力の補正係数 (= 0.3)

K_p : 受働土圧係数

γ_{NL} : 非液状化層の平均単位体積重量 (kN/m³)

γ_L : 液状化層の平均単位体積重量 (kN/m³)

x : 地表面からの深さ (m)

H_{NL} : 非液状化層厚 (m)

H_L : 液状化層厚 (m)

3) 流動力図

