

液状化判定 検討書

(地点名： BV-1 (水平地盤))

業務名： サンプル横浜市

地区名： 富岡公園周辺

備考： 昭和町、鳥浜町、新杉田町

1. 設計条件

適用基準 : 「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 H24.3 (社)日本道路協会」
 地点名 : BV-1 (水平地盤)
 地盤種別 : III種地盤
 設計地震動 : レベル1およびレベル2 (タイプ I, II)
 地域別補正係数 : $C_z = 1.00$ $C_{Iz} = 1.20$ $C_{IIz} = 1.00$ (A1地域)
 設計水平震度 : $k_{hgL} = 0.18$ (レベル1) 0.48 (レベル2 タイプ I) 0.60 (レベル2 タイプ II)
 上載荷重 : — (kN/m²)
 地下水位 : $h_w = 1.000$ (m)
 耐震設計上の基盤面 : 26.000 (m)
 液状化の判定深度 : 20.000 (m)以内

2. 土質条件

2.1 地層データ

地層 No	深度 (調査) x (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H_i (m)	単位体積重量			非 液状化 層
					水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)	
1層	6.000	沖積世	砂質土	6.000	17.0	19.5	9.5	—
2層	26.000	沖積世	粘性土	20.000		19.5	9.5	○

$$\gamma'_{t2} = \gamma_{t2} - \gamma_w \quad (\gamma_w : \text{水の単位体積重量} = 10.0 \text{ (kN/m}^3\text{)})$$

2.2 N値データ

No	深度 (調査) x (m)	N値 N	地層 No	深度 (調査) x (m)	堆積 時代	適用 土質	層厚 H _i (m)	平均N値 N _i
1	1.001	3.9						
2	2.000	4.4						
3	3.000	4.8						
4	4.000	5.2						
5	5.000	5.7						
6	6.000	6.1	1層	6.000	沖積世	砂質土	6.000	4.800

2.3 試験データ

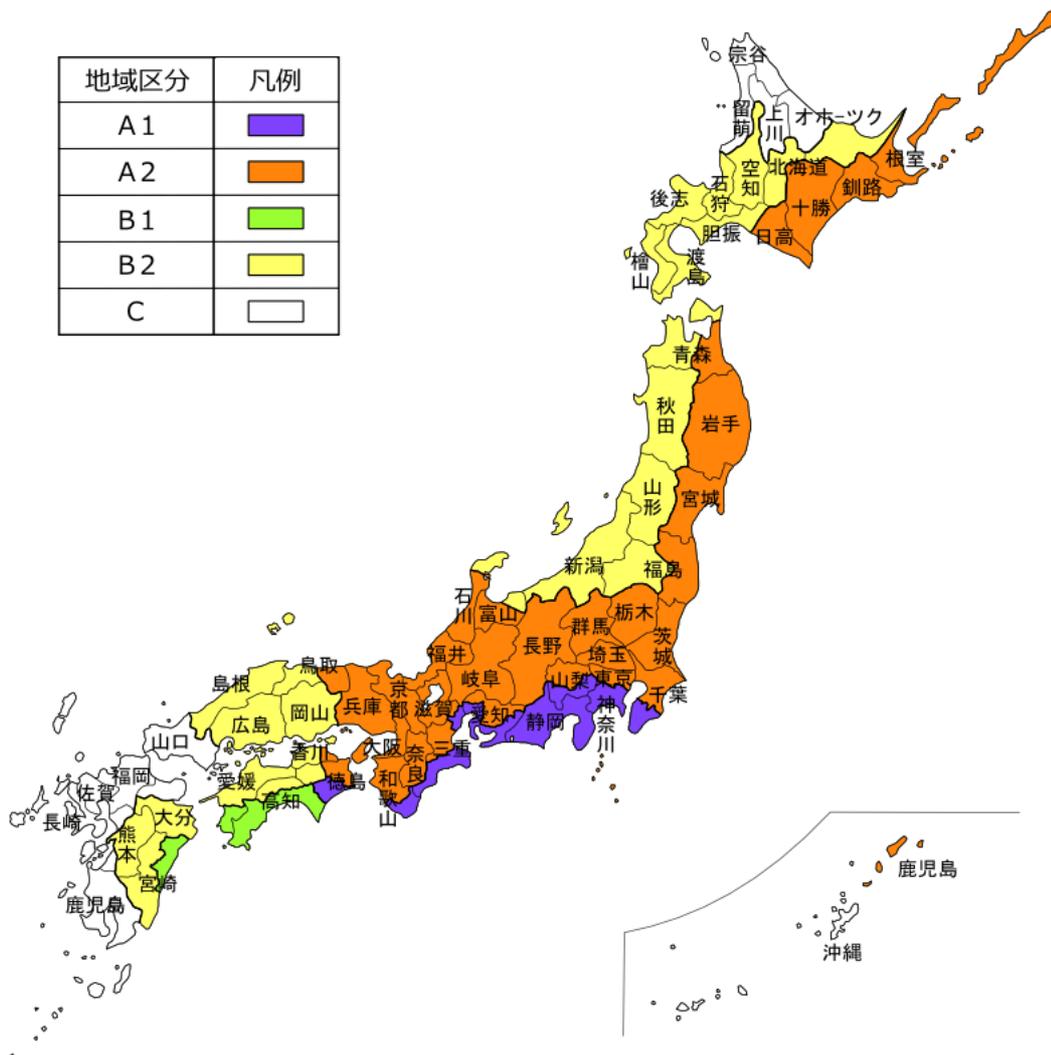
No	深度 (調査) x (m)	細粒分 含有率 F _C (%)	塑性 指数 I _p	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	10% 粒径 D ₁₀ (mm)	三軸強度比 R _L	
						(N値)	(試験値)
1	6.000	15.0	15.0	1.999	1.000	○	—

(N値)・・・N値から算出

3. 地域別補正係数

地域別補正係数は、地域区分図に応じて下表の値とする。

地域区分	凡例
A1	
A2	
B1	
B2	
C	



地域区分	地域別補正係数		
	C_z	C_{Iz}	C_{IIz}
A1	1.00	1.20	1.00
A2	1.00	1.00	1.00
B1	0.85	1.20	0.85
B2	0.85	1.00	0.85
C	0.70	0.80	0.70

当該地区は A1地域 に属するので、地域別補正係数は $C_z = 1.00$ 、 $C_{Iz} = 1.20$ 、 $C_{IIz} = 1.00$ となる。

4. 地盤種別

耐震設計上の地盤種別は、原則として次式により算出する地盤の基本固有周期 T_G をもとに下表により区別する。

$$T_G = 4 \sum \frac{H_i}{V_{si}}$$

T_G : 地盤の基本固有周期 (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)

実測値がない場合は、 N_i (標準貫入試験による i 番目の地層の平均N値) より求める。

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

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

$N_i=0$ の場合 $V_{si} = 50$

- i : 当該地盤が地表面から耐震設計上の基盤面(※までn層に区分されるときの地表面から i 番目の地層番号
 ※耐震設計上の基盤面とは、せん断弾性波速度300(m/s)程度以上(粘性土層では $N_i > 25$ 、砂質土層では $N_i > 50$)の値を有している剛性の高い地層の上面をいう。

地層 No	深度 (調査) X (m)	堆積 時代	土質	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層	6.000	沖積世	砂質土	6.000	4.800	134.949	0.04446
2層	26.000	沖積世	粘性土	20.000	6.100	182.716	0.10946
計							0.15392

※ V_{si} は N_i より算出

よって、地盤の基本固有周期 T_G は、次のようになる。

$$T_G = 4 \times 0.15392 = 0.616 \text{ (s)}$$

ゆえに、調査地点の地盤種別は $0.6 \leq T_G$ となることからⅢ種地盤とする。

5. 設計水平震度

地盤面における設計水平震度 k_{hgL} は、次式により求める。

$$k_{hgL} = C_z k_{hgL0}$$

k_{hgL} : 地盤面における設計水平震度

C_z : 地域別補正係数($C_z=1.00$ $C_{Iz}=1.20$ $C_{IIz}=1.00$)

k_{hgL0} : 地盤面における設計水平震度の標準値

地震動レベルおよび地盤種別に応じて下表の値を参考にする。

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

地盤種別は III 種地盤であることから、地盤面における設計水平震度の標準値 k_{hgL0} は、次のようになる。

$$k_{hgL0} = 0.18 \text{ (レベル1)}$$

$$k_{hgL0} = 0.40 \text{ (レベル2 タイプ I)}$$

$$k_{hgL0} = 0.60 \text{ (レベル2 タイプ II)}$$

よって、地盤面における設計水平震度 k_{hgL} は、次のようになる。

$$k_{hgL} = 1.00 \times 0.18 = 0.18 \text{ (レベル1)}$$

$$k_{hgL} = 1.20 \times 0.40 = 0.48 \text{ (レベル2 タイプ I)}$$

$$k_{hgL} = 1.00 \times 0.60 = 0.60 \text{ (レベル2 タイプ II)}$$

6. 液状化の判定

本適用基準では、液状化の判定を行う必要がある土層として、次のように示されている。

沖積層の土層で以下の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、液状化の判定を行わなければならない。

- ① 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
- ② 細粒分含有率 F_c が35%以下の土層、又は、 F_c が35%を超えても塑性指数 I_p が15以下の土層
- ③ 50%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

以下に液状化判定の必要性を検討し、該当する土層については液状化の判定を行う。

地下水位 : $h_w = 1.000$ (m) ・ ・ ・ 10m以内 (液状化の判定必要)

耐震設計上の基盤面 : 26.000 (m)

液状化の判定深度 : 20.000 (m) 以内

No	深度 (調査) x (m)	N値 N	堆積 時代	適用 土質	細粒分 含有率 F_c (%)	塑性 指数 I_p	50% 粒径 D_{50} (mm)	10% 粒径 D_{10} (mm)	液状化判定 (F_L 算出)			結果
									判定深度 以内の 飽和土層	$F_c \leq 35\%$ または $I_p \leq 15$	$D_{50} \leq 10\text{mm}$ かつ $D_{10} \leq 1\text{mm}$	
1	1.001	3.9	沖積世	砂質土	15.0	15.0	1.999	1.000	○	○	○	する
2	2.000	4.4	沖積世	砂質土	15.0	15.0	1.999	1.000	○	○	○	する
3	3.000	4.8	沖積世	砂質土	15.0	15.0	1.999	1.000	○	○	○	する
4	4.000	5.2	沖積世	砂質土	15.0	15.0	1.999	1.000	○	○	○	する
5	5.000	5.7	沖積世	砂質土	15.0	15.0	1.999	1.000	○	○	○	する
6	6.000	6.1	沖積世	砂質土	15.0	15.0	1.999	1.000	○	○	○	する

○ : 該当する — : 該当しない

7. 深度毎の上載圧

深度毎の全上載圧 σ_v 、有効上載圧 σ'_v (および σ'_{vb})は、次式により求める。

$$\sigma_v = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma_{vi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma_{t2} H_i + \sigma_{vi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_v = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma'_{vi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2} H_i + \sigma'_{vi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

$$\sigma'_{vb} = \begin{cases} \gamma_{t1} H_i + \sigma'_{vbi-1} & (\text{水位より上層の場合}) \\ \gamma'_{t2} H_i + \sigma'_{vbi-1} & (\text{水位より下層の場合}) \end{cases}$$

σ_v : 全上載圧 (kN/m²)

σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²)

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)

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)

H_i : 層厚 (m)

No	深度 (調査) x (m)	層厚 H _i (m)	境界	単位体積重量			全上載圧 σ_v (kN/m ²)	有効上載圧 σ'_v (kN/m ²)	有効上載圧 (調査) σ'_{vb} (kN/m ²)
				水位上 γ_{t1} (kN/m ³)	水位下 γ_{t2} (kN/m ³)	有効 γ'_{t2} (kN/m ³)			
1	0.000	—					0.00	0.00	—
2	1.000	1.000	水位				17.00	17.00	17.00
3	1.001	0.001					17.02	17.01	17.01
4	2.000	0.999					36.50	26.50	26.50
5	3.000	1.000					56.00	36.00	36.00
6	4.000	1.000					75.50	45.50	45.50
7	5.000	1.000					95.00	55.00	55.00
8	6.000	1.000		17.0	19.5	9.5	114.50	64.50	64.50
9	26.000	20.000			19.5	9.5	504.50	254.50	254.50

8. 地震時せん断応力比

地震時せん断応力比Lは、次式により求める。

$$L = r_d k_{hgL} \sigma_v / \sigma'_v$$

$$r_d = 1.0 - 0.015x$$

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 (= 0.18 (レベル1))
 (= 0.48 (レベル2 タイプI))
 (= 0.60 (レベル2 タイプII))

σ_v : 全上載圧 (kN/m²)

σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²)

x : 深度 (m)

No	深度 (調査) x (m)	N値 N	全上載圧 σ_v (kN/m ²)	有効上載圧 σ'_v (kN/m ²)	低減係数 r_d	レベル1	レベル2	
						せん断応力比 L	(タイプI)	(タイプII)
							せん断応力比 L	せん断応力比 L
1	1.001	3.9	17.02	17.01	0.985	0.177	0.473	0.591
2	2.000	4.4	36.50	26.50	0.970	0.240	0.641	0.802
3	3.000	4.8	56.00	36.00	0.955	0.267	0.713	0.891
4	4.000	5.2	75.50	45.50	0.940	0.281	0.749	0.936
5	5.000	5.7	95.00	55.00	0.925	0.288	0.767	0.959
6	6.000	6.1	114.50	64.50	0.910	0.291	0.775	0.969

9. 動的せん断強度比

動的せん断強度比Rは、次式により求める。

$$R = C_w R_L$$

<レベル1およびレベル2(タイプ I)の地震動の場合>

$$C_w = 1.0$$

<レベル2(タイプ II)の地震動の場合>

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

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

<砂質土(D₅₀ < 2mm)の場合>

$$N_a = c_1 N_1 + c_2$$

$$N_1 = 170N / (\sigma'_{vb} + 70)$$

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

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

<礫質土(D₅₀ ≥ 2mm)の場合>

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

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

N_a : 粒度の影響を考慮した補正N値

N₁ : 有効上載圧100kN/m²相当に換算したN値

N : 標準貫入試験から得られるN値

c₁, c₂ : 細粒分含有率によるN値の補正係数

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)

F_c : 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)

D₅₀ : 50%粒径 (mm)

No	深度 (調査) x (m)	細粒分 含有率 Fc (%)	50% 粒径 D ₅₀ (mm)	N値の 補正係数		換算 N値 N ₁	補正 N値 N _a	三軸 強度比 R _L	レベル1		レベル2			
				c ₁	c ₂				補正 係数 C _w	せん断 強度比 R	(タイプ I)		(タイプ II)	
											補正 係数 C _w	せん断 強度比 R	補正 係数 C _w	せん断 強度比 R
1	1.001	15.0	1.999	1.10	0.28	7.620	8.662	0.199	1.000	0.199	1.000	0.199	1.327	0.264
2	2.000	15.0	1.999	1.10	0.28	7.751	8.806	0.201	1.000	0.201	1.000	0.201	1.333	0.268
3	3.000	15.0	1.999	1.10	0.28	7.698	8.748	0.200	1.000	0.200	1.000	0.200	1.330	0.266
4	4.000	15.0	1.999	1.10	0.28	7.654	8.699	0.200	1.000	0.200	1.000	0.200	1.330	0.266
5	5.000	15.0	1.999	1.10	0.28	7.752	8.807	0.201	1.000	0.201	1.000	0.201	1.333	0.268
6	6.000	15.0	1.999	1.10	0.28	7.710	8.761	0.200	1.000	0.200	1.000	0.200	1.330	0.266

10. 液状化抵抗率

液状化に対する抵抗率 F_L は次式により算出し、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。

$$F_L = \frac{R}{L}$$

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

No	深度 (調査) x (m)	N値 N	液状化 判定 (F_L 算出)	レベル1			レベル2					
				せん断 応力比 L	せん断 強度比 R	液状化 抵抗率 F_L	(タイプ I)			(タイプ II)		
							せん断 応力比 L	せん断 強度比 R	液状化 抵抗率 F_L	せん断 応力比 L	せん断 強度比 R	液状化 抵抗率 F_L
1	1.001	3.9	する	0.177	0.199	1.124	0.473	0.199	0.421	0.591	0.264	0.447
2	2.000	4.4	する	0.240	0.201	0.838	0.641	0.201	0.314	0.802	0.268	0.334
3	3.000	4.8	する	0.267	0.200	0.749	0.713	0.200	0.281	0.891	0.266	0.299
4	4.000	5.2	する	0.281	0.200	0.712	0.749	0.200	0.267	0.936	0.266	0.284
5	5.000	5.7	する	0.288	0.201	0.698	0.767	0.201	0.262	0.959	0.268	0.279
6	6.000	6.1	する	0.291	0.200	0.687	0.775	0.200	0.258	0.969	0.266	0.275

11. 液状化指数

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、次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。

$$P_L = \int_0^{20} (1-F_L) (10-0.5x) dx$$

この積分は、 F_L 値が連続的でないために次式にて算出する。

$$P_L = \sum \frac{p_{Li-1} + p_{Li}}{2} H_i$$

$$p_{Li} = (1-F_L) (10-0.5x)$$

P_L : 液状化指数 (m^2)

p_{Li} : 深度 x に対する液状化指数 (m)

F_L : 液状化に対する抵抗率 ($F_L \geq 1$ の場合は $F_L=1$ とする)

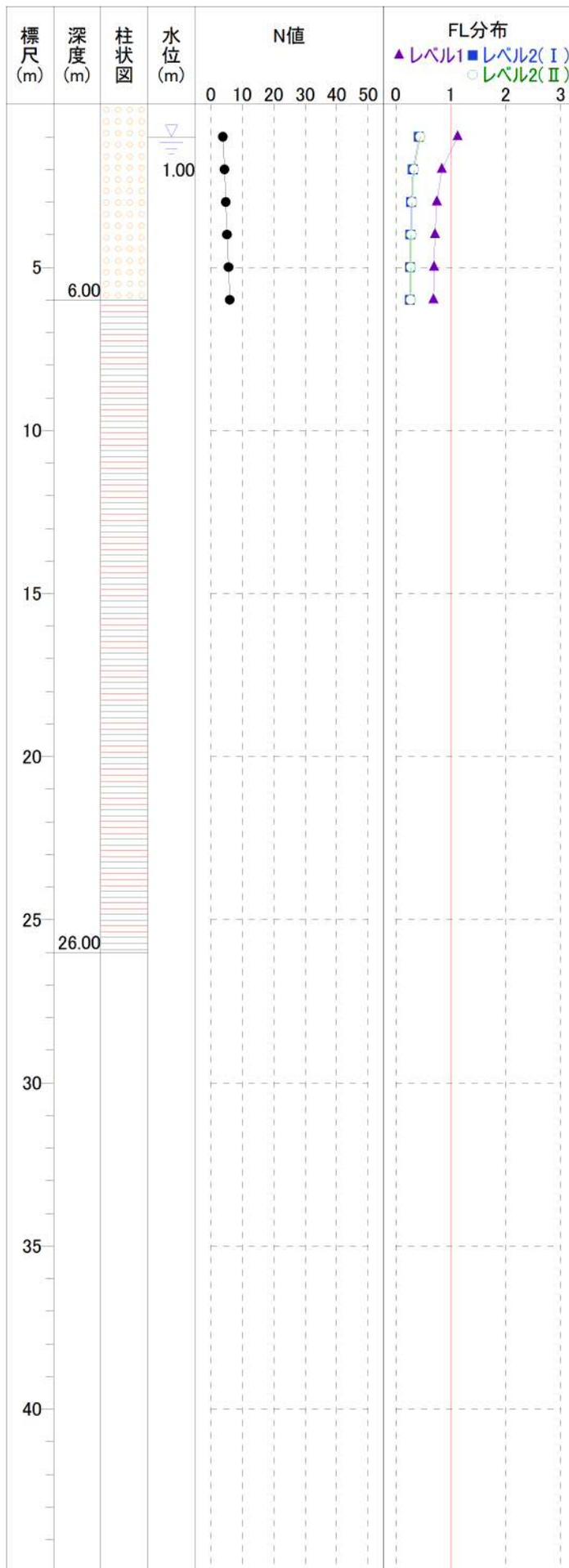
H_i : 層厚 (m)

x : 深度 (m)

No	深度 (調査) x (m)	層厚 H_i (m)	境界	レベル1		レベル2						
				液状化 抵抗率 F_L	液状化指数		(タイプⅠ)			(タイプⅡ)		
					p_{Li} (m)	P_L (m^2)	液状化 抵抗率 F_L	p_{Li} (m)	P_L (m^2)	液状化 抵抗率 F_L	p_{Li} (m)	P_L (m^2)
1	1.000	1.000	水位	1.124	0.000	—	0.421	5.501	—	0.447	5.253	—
2	1.001	0.001		1.124	0.000	0.000	0.421	5.500	0.006	0.447	5.253	0.005
3	2.000	0.999		0.838	1.458	0.728	0.314	6.174	5.831	0.334	5.994	5.618
4	3.000	1.000		0.749	2.134	1.796	0.281	6.112	6.143	0.299	5.959	5.977
5	4.000	1.000		0.712	2.304	2.219	0.267	5.864	5.988	0.284	5.728	5.844
6	5.000	1.000		0.698	2.265	2.285	0.262	5.535	5.700	0.279	5.408	5.568
7	6.000	1.000		0.687	2.191	2.228	0.258	5.194	5.365	0.275	5.075	5.242
				計	9.256		計	29.033		計	28.254	

※地下水位の F_L は直下深度と同等にした

12. Fl分布図



深度 (調査) x (m)	N値 N	レベル1		レベル2			
				(タイプ I)		(タイプ II)	
		液状化 抵抗率 FL	判定 結果	液状化 抵抗率 FL	判定 結果	液状化 抵抗率 FL	判定 結果
1.001	3.9	1.124	しない	0.421	する	0.447	する
2.000	4.4	0.838	する	0.314	する	0.334	する
3.000	4.8	0.749	する	0.281	する	0.299	する
4.000	5.2	0.712	する	0.267	する	0.284	する
5.000	5.7	0.698	する	0.262	する	0.279	する
6.000	6.1	0.687	する	0.258	する	0.275	する

13. 各地層毎の R_L および F_L

地層毎の R_L および F_L については各地層の平均値とし、次式により求める。

$$R_L = \Sigma (R_{Li} \cdot W_i) / \Sigma W_i$$

$$F_L = \Sigma (F_{Li} \cdot W_i) / \Sigma W_i$$

$$W_i = \begin{cases} H_i / 2 + H_{i+1} / 2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1} / 2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i / 2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

No	境界	深度 (調査) x (m)	層厚 H _i (m)	繰返し 三軸 強度比 R _{Li}	レベル1 液状化 抵抗率 F _{Li}	レベル2		有効層厚		繰返し 三軸 強度比 R _L	レベル1 液状化 抵抗率 F _L	レベル2	
						タイプ I	タイプ II	W _i (m)	ΣW _i (m)			タイプ I	タイプ II
						液状化 抵抗率 F _{Li}	液状化 抵抗率 F _{Li}					液状化 抵抗率 F _{Li}	液状化 抵抗率 F _{Li}
1	水位	1.000	1.000										
2		1.001	0.001	0.199	1.124	0.421	0.447	0.500					
3		2.000	0.999	0.201	0.838	0.314	0.334	1.000					
4		3.000	1.000	0.200	0.749	0.281	0.299	1.000					
5		4.000	1.000	0.200	0.712	0.267	0.284	1.000					
6		5.000	1.000	0.201	0.698	0.262	0.279	1.000					
7		6.000	1.000	0.200	0.687	0.258	0.275	0.500					
8	1層	6.000	0.000						5.000	0.200	0.781	0.293	0.311
9	2層	26.000	20.000						—	—	—	—	—

14. 土質定数の低減係数

土質定数の低減係数 D_E は、下表により求める。

F _L の範囲	深度 x(m)	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

※F_L > 1またはx > 20(m)の場合はD_E = 1とする

ここで、地層毎のRおよびF_Lについては各地層の平均値とし、低減係数一覧（試験深度毎）を参照し次式により求める。

$$R = \sum (R_i \cdot W_i) / \sum W_i$$

$$F_L = \sum (F_{Li} \cdot W_i) / \sum W_i$$

$$W_i = \begin{cases} H_i/2 + H_{i+1}/2 & \text{(直上、直下に境界が無い場合)} \\ H_i + H_{i+1}/2 & \text{(直上に境界がある場合)} \\ H_i/2 + H_{i+1} & \text{(直下に境界がある場合)} \\ H_i + H_{i+1} & \text{(直上、直下に境界がある場合)} \end{cases}$$

低減係数一覧（地層毎）

地層 No	境界	深度 (調査) x (m)	層厚 H _i (m)	レベル1			レベル2						
				せん断 強度比 R	液状化 抵抗率 F _L	低減 係数 D _E	(タイプⅠ)			(タイプⅡ)			低減 係数 (採用) D _E
							せん断 強度比 R	液状化 抵抗率 F _L	低減 係数 D _E	せん断 強度比 R	液状化 抵抗率 F _L	低減 係数 D _E	
1層	水位	1.000	1.000	-	-	1	-	-	1	-	-	1	1
		6.000	5.000	0.200	0.781	2/3	0.200	0.293	0	0.267	0.311	0	0
2層	10m	10.000	4.000	-	-	1	-	-	1	-	-	1	1
	20m	20.000	10.000	-	-	1	-	-	1	-	-	1	1
		26.000	6.000	-	-	1	-	-	1	-	-	1	1

※レベル2地震動の低減係数（採用）D_Eは（タイプⅠ）と（タイプⅡ）の最小値

