

## II-3. 孔内水平載荷試験結果

前出の方法によって測定された結果を、巻末データシートに記載するが、下記にも各種定数の算出方法およびその値を示す。

①  $K_m$ 値の算出

実測 $K_m$ 値は $P_e - r$ 曲線上で表される。直線区間の一次関数の勾配として表わされる。

$$K_m = \frac{P_y' - P_o}{r_y - r_o} = \frac{P_y}{r_y - r_o}$$

$P_y$  : 降伏圧

$P_o$  : 静止土圧

$r_o$  : 静止土圧を求めた時の半径

$r_y$  : 降伏圧を求めた時の半径

②  $E_m$ 値の算出

地盤の弾性係数 $E_m$ は以下の式より求める。

$$E_m = (1 + \nu) \times r_m \times k_m$$

$\nu$  : ポアソン比

$r_m$  :  $k_m$ 値算出区間の中間半径  $\left( \frac{r_y - r_o}{2} \right)$

表-II. 3. 1 試験結果

Bor. No.	測定の深度 (GL-m)	静止土圧 $P_o$ KN/m <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	降伏圧 $P_y$ KN/m <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	地盤係数 $k_m$ KN/m <sup>3</sup> (kgf/cm <sup>3</sup> )	弾性係数 $E_m$ KN/m <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	土質名
4	-2.50	3.04 (0.31)	21.85 (2.23)	83.10 (8.48)	397.68 (40.58)	細粒土 (N=8)
8	-2.50	4.21 (0.43)	6.17 (0.63)	24.50 (2.50)	123.48 (12.60)	細粒土 (N=3.4)

## 5. 3. 孔内水平載荷試験結果

今回の調査では、Bor.No.1～No.4各孔の深度5.00～6.00m間で、孔内水平載荷試験を行った。試験結果は以下の通りである。

表-5. 3. 1. 孔内水平載荷試験結果一覧：Bor.No.1

試験深度 (m)	5.00～6.00	土質	シルト 混じり砂	平均N値 逆算N値	8.6 6.3
静止土圧 $P_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	221.71	降伏圧 $P_y$ (kN/m <sup>2</sup> )	160.04	破壊圧 $P_L$ (kN/m <sup>2</sup> )	459.73
地盤係数 $K_m$ (kN/m <sup>3</sup> )	72745.45	弾性係数 $E_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	4406.92	中間半径 $r_m$ (cm)	4.66

表-5. 3. 2. 孔内水平載荷試験結果一覧：Bor.No.2

試験深度 (m)	5.00～6.00	土質	シルト 混じり砂	平均N値 逆算N値	6.4 6.2
静止土圧 $P_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	111.87	降伏圧 $P_y$ (kN/m <sup>2</sup> )	180.44	破壊圧 $P_L$ (kN/m <sup>2</sup> )	418.93
地盤係数 $K_m$ (kN/m <sup>3</sup> )	78183.33	弾性係数 $E_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	4349.36	中間半径 $r_m$ (cm)	4.45

表-5. 3. 3. 孔内水平載荷試験結果一覧：Bor.No.3

試験深度 (m)	5.00～6.00	土質	シルト 混じり砂	平均N値 逆算N値	6.0 6.1
静止土圧 $P_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	91.47	降伏圧 $P_y$ (kN/m <sup>2</sup> )	188.28	破壊圧 $P_L$ (kN/m <sup>2</sup> )	597.80
地盤係数 $K_m$ (kN/m <sup>3</sup> )	75312.00	弾性係数 $E_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	4239.31	中間半径 $r_m$ (cm)	4.33

表-5. 3. 4. 孔内水平載荷試験結果一覧：Bor.No.4

試験深度 (m)	5.00～6.00	土質	シルト 混じり砂	平均N値 逆算N値	6.1 4.9
静止土圧 $P_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	89.91	降伏圧 $P_y$ (kN/m <sup>2</sup> )	213.39	破壊圧 $P_L$ (kN/m <sup>2</sup> )	381.28
地盤係数 $K_m$ (kN/m <sup>3</sup> )	59275.00	弾性係数 $E_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	3459.88	中間半径 $r_m$ (cm)	4.49

※表-5. 3. 1. ～5. 3. 4. 中の「平均N値」は、その孔対象土層の平均値、「逆算N値」は、 $E=700$  N (kN/m<sup>2</sup>) を用いて弾性係数 $E_m$  (kN/m<sup>2</sup>) より計算した値

一般に、孔内水平載荷試験から得られた変形係数 $E$ と標準貫入試験のN値の関係は、地盤材料に関わらず $E=700N$  (kN/m<sup>2</sup>) という関係が近似的に成立するとされる（「地盤調査の方法と解説」地盤工学会編）。

5. 4. 室内土質試験結果

今回の調査では、Bor.No.1の採取試料を用い室内土質試験を実施した。試験結果は以下の通りである。尚、以下の結果の「50%粒径」及び「細粒分含有率」の値が、砂質土層の液状化の検討に用いられる。

表-5. 4. 1. 室内土質試験結果一覧：P-1～P-7

試料番号 (深 さ)		P-1 (1.15～ 1.47m)	P-2 (2.15～ 2.45m)	P-3 (3.15～ 3.45m)	P-4 (4.15～ 4.45m)	P-6 (6.15～ 6.46m)	P-7 (7.15～ 7.45m)
一般	湿潤密度 $\rho_t$ g/cm <sup>3</sup>						
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>						
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>						
	自然含水比 $w$ %	24.82	28.21	28.74	26.55	33.72	28.43
	間隙比 $e$						
	飽和度 $S_r$ %						
粒 度	石 分(75mm以上) %						
	礫 分) $\phi$ (2～75mm) %	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	砂 分) $\phi$ (0.075～2mm) %	86.5	91.5	95.4	90.7	92.9	94.9
	シルト分) $\phi$ (0.005～0.075mm) %	11.8	8.5	4.6	9.3	7.1	5.1
	粘土分) $\phi$ (0.005mm未満) %						
	最大粒径 mm	4.75	2	2	2	2	2
	均等係数 $U_c$	*	2.15	1.87	2.73	1.95	1.83
	50 % 粒径 $D_{50}$ mm	0.1648	0.1828	0.2021	0.1968	0.1447	0.1994
	細粒分含有率 $F_c$ %	11.8	8.5	4.6	9.3	7.1	5.1
	分類	地盤材料の 分類名	細粒分まじり 砂	細粒分まじり 砂	分級された砂	細粒分まじり 砂	細粒分まじり 砂
分類記号		(S-F)	(S-F)	(SP)	(S-F)	(S-F)	(S-F)
一 軸 圧 縮	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>						
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>						
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>						
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>						

表-5. 4. 2. 室内土質試験結果一覧：P-8~P-13

試料番号 (深 さ)		P-8 (8.15~ 8.45m)	P-9 (9.15~ 9.47m)	P-10 (10.15~ 10.45m)	T-1 (11.00~ 11.40m)	P-12 (12.15~ 12.46m)	P-13 (13.15~ 13.45m)
一般	湿潤密度 $\rho_t$ g/cm <sup>3</sup>				1.902		
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>				1.375		
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.728	2.714	2.765	2.723	2.756	2.723
	自然含水比 $w_n$ %	35.78	30.30	35.77	37.34	40.30	32.70
	間隙比 $e$						
	飽和度 $S_r$ %						
粒度	石 分(75mm以上)%						
	礫 分1)(2~75mm)%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	砂 分1)(0.075~2mm)%	84.2	56.2	26.2	17.5	27.2	42.6
	シルト分1)(0.005~0.075mm)%	11.8	38.0	58.9	73.0	58.6	50.6
	粘土分1)(0.003mm未満)%	4.0	5.8	14.9	9.5	14.2	6.8
	最大粒径 mm	2	2	2	2	2	2
	均等係数 $U_c$	1.59	2.97	22.11	11.63	23.04	4.26
	50%粒径 $D_{50}$ mm	0.1118	0.0788	0.0445	0.0606	0.0546	0.0731
	細粒分含有率 $F_c$ %	15.8	43.8	73.8	82.5	72.8	57.4
	分類	地盤材料の 分類名	細粒分質砂	細粒分質砂	砂質細粒土	砂質細粒土	砂質細粒土
分類記号		(SF)	(SF)	(FS)	(FS)	(FS)	(FS)
一軸圧縮	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>				336.177		
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>				335.840		
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>				340.045		
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>				342.038		

表-5. 4. 3. 室内土質試験結果一覧: P-14~T-2

試料番号 (深 さ)		P-14 (14.15~ 14.46m)	P-15 (15.15~ 15.47m)	P-16 (16.15~ 16.46m)	P-17 (17.15~ 17.45m)	P-18 (18.15~ 18.47m)	T-2 (19.00~ 19.75m)
一般	湿潤密度 $\rho_t$ g/cm <sup>3</sup>						1.853
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>						1.319
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.720	2.743	2.731	2.735	2.737	2.727
	自然含水比 $w_n$ %	60.04	40.32	43.97	37.67	45.20	39.80
	間隙比 $e$						
	飽和度 $S_r$ %						
粒度	石 分(75mm以上)%						
	礫 分1)(2~75mm)%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	砂 分1)(0.075~2mm)%	15.5	12.4	11.8	22.6	13.5	5.0
	シルト分1)(0.005~0.075mm)%	54.8	68.7	77.0	67.6	72.8	75.6
	粘土分1)(0.005mm未満)%	29.7	18.9	11.2	9.8	13.7	19.4
	最大粒径 mm	2	2	2	2	2	2
	均等係数 $U_t$	*	42.40	12.39	12.19	13.22	25.80
	50%粒径 $D_{50}$ mm	0.0116	0.0260	0.0355	0.0550	0.0308	0.0243
細粒分含有率 $F_c$ %	84.5	87.6	88.2	77.4	86.5	95.0	
分類	地盤材料の 分類名	砂質細粒土	砂まじり 細粒土	砂まじり 細粒土	砂質細粒土	砂まじり 細粒土	砂まじり 細粒土
	分類記号	(FS)	(F-S)	(F-S)	(FS)	(F-S)	(F-S)
一軸圧縮	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>						263.109
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>						238.897
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>						242.753
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>						244.250

表-5. 4. 4. 室内土質試験結果一覧: T-3

試料番号 (深 さ)		T-3 (26.00~ 26.85m)					
一般	湿潤密度 $\rho_t$ g/cm <sup>3</sup>	1.747					
	乾燥密度 $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>	1.153					
	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.745					
	自然含水比 $w_n$ %	45.20					
	間隙比 $e$						
	飽和度 $S_r$ %						
粒度	石 分(75mm以上) %						
	礫 分(2~75mm) %	0.0					
	砂 分(0.075~2mm) %	3.5					
	シルト分(0.005~0.075mm) %	79.2					
	粘土分(0.002mm未満) %	17.3					
	最大粒径 mm	2					
	均等係数 $L_u$	22.61					
	50% 粒径 $D_{50}$ mm	0.0367					
細粒分含有率 $F_c$ %	96.5						
分類	地盤材料の 分類名	細粒土					
	分類記号	(F)					
一軸圧縮	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>	336.177					
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>	337.911					
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>	336.076					
	一軸圧縮強さ $q_u$ kN/m <sup>2</sup>	334.259					

5. 6. 地盤の液状化判定結果

・液状化判定方法：「建築基礎構造設計指針・(社) 日本建築学会編 2001年10月改定版」

1. 地盤の液状化判定

(1) 対象とすべき土層

- (a) 地表面から 20m程度以浅の飽和沖積層
- (b) 細粒分含有率 35%以下の土
- (c) 細粒分 35%以上であっても、粘土分含有率 10%以下、または塑性指数 15%以下の盛土地盤は対象
- (d) 細粒土を含む礫、透水性の低い土層に囲まれた礫

(2) 液状化危険度予測

- (a) 検討地点の地盤内の各深さに生じる等価な繰返しせん断応力比を次式から求める。

$$\tau_d / \sigma_z' = \gamma_n \times \alpha_{max} / g \times \sigma_z / \sigma_z' \times \gamma_d$$

ここに、

- $\tau_d$  : 水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力幅 (kN/m<sup>2</sup>)
- $\sigma_z'$  : 検討深さにおける有効土被り圧 (鉛直有効応力) (kN/m<sup>2</sup>)
- $\gamma_n$  : 等価の繰返し回数に関する補正係数=0.1 × (M-1), Mはマグニチュード

$\alpha_{max}$  : 地表面における設計用水平加速度 (cm/s<sup>2</sup>)

損傷限界検討用=150~200, 終局限界検討用=350

$g$  : 重力加速度=980 (cm/s<sup>2</sup>)

$\sigma_z$  : 検討深さにおける全土被り圧 (鉛直全応力) (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_d$  : 地盤が剛体でないことによる低減係数=1-0.015z, zは地表面からの検討深さ (m)

- (b) 対応する深度の補正M値 (N<sub>a</sub>) を次式から求める。

$$N_1 = C_N \times N$$

$$C_N = \sqrt{98 / \sigma_z'}$$

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

ここに、

$N_1$  : 換算M値

$C_N$  : 拘束圧に関する換算係数

$\Delta N_f$  : 細粒分含有率  $F_c$  に応じた補正M値増分

図1-1. による

$N$  : トンピ法または自動落下法による実測M値

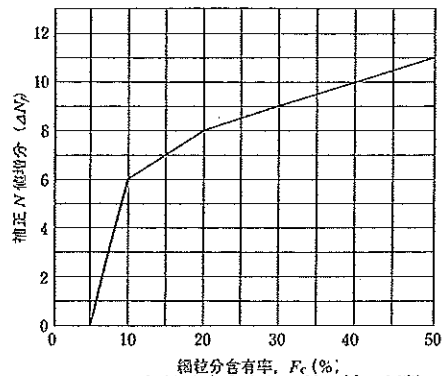


図1-1. 細粒分含有率とM値の補正係数

- (c) 図1-3. 中の限界せん断ひずみ曲線 5%を用いて、補正M値 (N<sub>a</sub>) に対応する飽和土層の液状化抵抗比  $R$  を次式から求める。

$$R = \tau_1 / \sigma_z'$$

ここに、

$\tau_1$  : 水平面における液状化抵抗

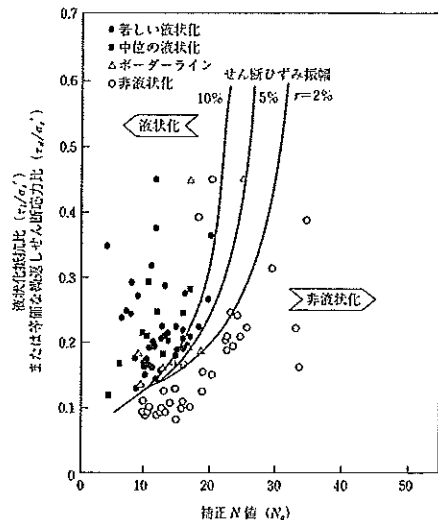


図1-3. 補正M値と液状化抵抗比、動的せん断ひずみの関係

(d) 各深さにおける液状化発生に対する安全率  $F_1$  を次式から求める。

$$F_1 = \tau / \sigma'_z / \tau_d / \sigma'_z$$

上式から求めた  $F_1$  値が 1 より大きくなる土層については液状化発生の可能性はないものと判定し、逆に 1 以下となる場合は、その可能性があり、値が小さくなるほど液状化発生危険度が高く、また、 $F_1$  の値が 1 を切る土層が厚くなるほど危険度が高くなるものと判断する。

## 2. 液状化に伴う地盤物性と地盤変形量の予測

### (1) 液状化の程度と液状化・側方流動に伴う地盤変位の予測

(a) 水平地盤での動的水平変位、残留水平変位、沈下量、液状化の程度と動的水平変位の予測

- 1) 図 2-1. から  $N_a$ ,  $\tau / \sigma'_z$  に対応する各層の繰返しせん断ひずみ  $\gamma_{cr}$  を推定する。
- 2) 各層のせん断ひずみ  $\gamma_{cr}$  が同一方向に発生すると仮定して、これを鉛直方向に積分して、振動中の最大水平変位分布とする。
- 3) 地表変位を  $D_{cy}$  とし液状化程度の指標とする。液状化の程度は、 $D_{cy}$  の値により表 2-1. のように評価する。

同様に沈下量  $S$  を求めたい場合、図 2-1. をそのまま使い、 $\gamma_{cr}$  を体積ひずみ  $\varepsilon_v$  と読み換えればよい。

表 2-1.  $D_{cy}$  と液状化の程度の関係

$D_{cy}$ (cm)	液状化の程度
0	なし
-05	軽微
05-10	小
10-20	中
20-40	大
40-	甚大

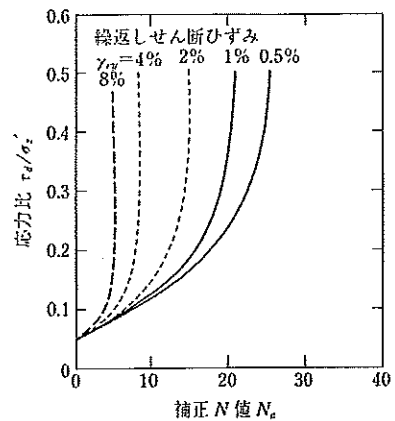


図 2-1. 補正  $N$  値と繰返しせん断ひずみの関係

・  $P_L$  法による液状化の影響判定:

「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 (社) 日本道路協会編平成 8 年 12 月版」

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

$P_L$ : 液状化指数

$F_L$ : 液状化に対する抵抗率であり、 $F_L \geq 1$  の場合には  $F_L = 1$  とする。

$x$ :  $F_L$  計算深度

表: 液状化の影響を表す  $P_L$  値による判定の区分

$P_L$ 値の区分	判定区分	
	レベル 1 地震動	レベル 2 地震動
判定対象外	液状化による影響なし	液状化による影響なし
$0 \leq P_L \leq 5$	液状化による影響は小さい	液状化による影響は小さい
$5 < P_L \leq 15$	液状化による影響は大きい	液状化による影響は大きい
$15 < P_L \leq 20$	液状化による影響は非常に大きい	液状化による影響は大きい
$20 < P_L$	液状化による影響は非常に大きい	液状化による影響は非常に大きい

※地表最大加速度が 400gal( $\text{cm/s}^2$ ) 程度以上の場合をレベル 2 地震動とする。



表-5. 6. 1. 判定結果一覧: Bor.No.1  
 損傷限界時 (マグニチュード: 7.5, 水平加速度: 150cm/s<sup>2</sup>)

計算深度 z (m)	安全率 F <sub>L</sub>	地表面の 変位量 D <sub>ey</sub> (m)	液状化 指数 P <sub>L</sub>
0.30	対象外	7.0	4.6
1.31	2.61		
2.30	1.81		
3.30	0.91		
4.30	1.74		
5.30	—		
6.31	0.69		
7.30	0.79		
8.30	0.93		
9.31	1.00		
10.33	対象外		
11.30	対象外		
12.32	対象外		
13.30	対象外		
14.31	対象外		
15.31	対象外		
16.31	対象外		
17.30	対象外		
18.31	対象外		
19.30	対象外		

表-5. 6. 2. D<sub>ey</sub>による液状化の程度

D <sub>ey</sub> (cm)	液状化の程度
0	なし
0-5	軽微
5-10	小
10-20	中
20-40	大
40-	甚大

表-5. 6. 3. P<sub>L</sub>値による判定

P <sub>L</sub> 値の区分	判定区分	
	レベル1地震動	レベル2地震動
判定対象外	液状化による影響なし	液状化による影響なし
0 ≤ P <sub>L</sub> ≤ 5	液状化による影響は小さい	液状化による影響は小さい
5 < P <sub>L</sub> ≤ 15	液状化による影響は大きい	液状化による影響は大きい
15 < P <sub>L</sub> ≤ 20	液状化による影響は非常に大きい	液状化による影響は大きい
20 < P <sub>L</sub>	液状化による影響は非常に大きい	液状化による影響は非常に大きい

表-5. 6. 4. 判定結果一覧: Bor.No.1  
 終局限界時 (マグニチュード: 7.5, 水平加速度: 350cm/s<sup>2</sup>)

計算深度 $z$ (m)	安全率 $F_1$	地表面の 変位量 $D_{cy}$ (m)	液状化 指数 $P_L$
0.30	対象外		
1.31	1.12		
2.30	0.78		
3.30	0.39		
4.30	0.74		
5.30	—		
6.31	0.30		
7.30	0.34		
8.30	0.40		
9.31	0.43		
10.33	対象外	13.5	24.7
11.30	対象外		
12.32	対象外		
13.30	対象外		
14.31	対象外		
15.31	対象外		
16.31	対象外		
17.30	対象外		
18.31	対象外		
19.30	対象外		

表-5. 6. 5.  $D_{cy}$ による液状化の程度

$D_y$ (cm)	液状化の程度
0	なし
0-5	軽微
5-10	小
10-20	中
20-40	大
40-	甚大

表-5. 6. 6.  $P_L$ 値による判定

$P_L$ 値の区分	判定区分	
	レベル1地震動	レベル2地震動
判定対象外	液状化による影響なし	液状化による影響なし
$0 \leq P_L \leq 5$	液状化による影響は小さい	液状化による影響は小さい
$5 < P_L \leq 15$	液状化による影響は大きい	液状化による影響は大きい
$15 < P_L \leq 20$	液状化による影響は非常に大きい	液状化による影響は大きい
$20 < P_L$	液状化による影響は非常に大きい	液状化による影響は非常に大きい

## 5. 7. 調査結果の考察

今回の調査結果を総括する。

表-5. 7. 1. 調査結果総括

区分 記号	平均深度 (m)	平均層厚 (m)	土質区分	平均N値	地震時液状化 の程度	圧密沈下の 可能性
F I	0.00~1.10	1.10	埋土	6.3	判定対象外	ナシ
A s 1	1.10~8.00	6.90	砂質土	6.7	小	ナシ
A s 1'	8.00~9.45	1.45	砂質土	6.1	小	ナシ
A c 1	9.45~15.00	5.55	粘性土	5.2	判定対象外	小さい
A c 1'	15.00~20.00	5.00	粘性土	3.9	判定対象外	有り
A c 1''	20.00~33.58	13.58	粘性土	1.9	判定対象外	有り
A c 1'''	35.10~36.10	1.00	粘性土	0.0	判定対象外	有り
A c 1''''	33.58~36.88	3.05	粘性土	5.2	判定対象外	小さい
D g	36.88~42.25	5.38	礫質土	40.0	判定対象外	ナシ
D c	42.25~44.77	2.10	粘性土	14.9	判定対象外	ナシ
D s	43.00~44.50	1.50	砂質土	19.9	判定対象外	ナシ
D g'	44.77~46.75	2.18	礫質土	30.6	判定対象外	ナシ
D c'	46.75~	—	粘性土	6.6	判定対象外	ナシ
D c''	58.00~	—	粘性土	15.7	判定対象外	ナシ

### ・地下水位

ボーリング作業中の孔内水位は、GL-0.60~6.10mとボーリング孔・作業日毎に大きな変動を示した。掘進工程から、自然水位は GL-0.60~1.75mと推定、液状化判定ではこのうちの最高水位：GL-0.60mを用いた。尚、調査地周辺は感潮域であり、地下水位は潮位の影響下にあると推定される。

### ・構造物支持地盤

先端支持・杭基礎の場合、D g以深が良好な支持地盤と考えられる。

この場合、杭上部周面地盤のA s 1 及びA s 1'は、地震時液状化の危険性が有り、設計上考慮が必要である。杭中部周面地盤のA c 1~A c 1''''はN値より推定して、圧密沈下の影響が考えられる。

3.2 孔内水平載荷試験結果

Bor. No. 1 から Bor. No. 4 孔にて実施した孔内水平載荷試験結果は次のとおりであった。

表-3.2.1 孔内水平載荷試験結果一覧表

試錐地点	地層	中央深度 (m)	付近 のN値	静止土圧	降伏圧	破壊圧	地盤係数	弾性係数	K値を求めた 中間半径 $r_m$ (cm)
				$P_0$ (KN/m <sup>2</sup> )	$P_v$ (KN/m <sup>2</sup> )	$P_t$ (KN/m <sup>2</sup> )	$K_m$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_m$ (KN/m <sup>2</sup> )	
Bor.No.1	シルト混じり砂	4.50	6	91.39	213.94	-	69.01	4189.60	4.67
	シルト質砂	8.50	10	72.16	221.38	-	100.63	5677.55	4.34
Bor.No.2	シルト混じり砂	4.50	7	132.27	219.93	-	75.84	4594.39	4.66
	シルト混じり砂	8.50	4	75.44	165.39	-	127.22	6913.14	4.18
Bor.No.3	シルト質砂	4.50	5	81.27	253.09	-	97.34	5960.13	4.71
	シルト質砂	8.50	7	83.20	130.59	-	50.23	3245.36	4.97
Bor.No.4	シルト質砂	4.50	3	54.73	226.71	-	66.68	3623.39	4.18
	シルト混じり砂	8.50	8	-	307.62	-	83.14	4496.21	4.16

なお既往文献(※注1)によれば、弾性係数(変形係数) $E_m$ と標準貫入試験時のN値とから、  
 $E_m=700N$  (KN/m<sup>2</sup>)

となる近似式が提唱されている。

(※注1、地盤調査の方法と解説、(社)地盤工学会、平成16年6月、P323、)

以下に、近似式で算出された弾性係数(変形係数) $E_m$ を示す。

表-3.2.2 近似式による推定弾性係数一覧表

試錐地点	中央深度 (m)	付近のN値	N値からの推定弾性係数
			$E_m=700N$ (KN/m <sup>2</sup> )
Bor.No.1	4.50	6	4200.0
	8.50	10	7000.0
Bor.No.2	4.50	7	4900.0
	8.50	4	2800.0
Bor.No.3	4.50	5	3500.0
	8.50	7	4900.0
Bor.No.4	4.50	3	2100.0
	8.50	8	5600.0

Bor. No. 1 孔の、GL-4. 50m は試験結果と N 値からの推定弾性係数とほぼ近い値となり、GL-8. 50m は N 値からの推定弾性係数が、心持ち大きい値となったが、これは孔内水平載荷試験深度付近の現地盤（付近の N 値）がある程度締まった状態の土層であったと考えられる。

Bor. No. 2 孔の、GL-4. 50m は試験結果と N 値からの推定弾性係数とほぼ近い値となり、GL-8. 50m は試験結果の弾性係数が、大きい値となったが、これは孔内水平載荷試験深度の現地盤がある程度締まった状態（砂分が多い）の土層であったと考えられる。

Bor. No. 3 孔の、GL-4. 50m は試験結果の弾性係数が、心持ち大きい値となったが、これは孔内水平載荷試験深度の現地盤がある程度締まった状態（砂分が多い）の土層であったと考えられ、GL-8. 50m は N 値からの推定弾性係数が、心持ち大きい値となり、孔内水平載荷試験深度付近の現地盤（付近の N 値）がある程度締まった状態の土層であったと考えられる。

Bor. No. 4 孔の、GL-4. 50m は試験結果の弾性係数が、心持ち大きい値となったが、これは孔内水平載荷試験深度の現地盤がある程度締まった状態（砂分が多い）の土層であったと考えられ、GL-8. 50m は N 値からの推定弾性係数が、心持ち大きい値となり、孔内水平載荷試験深度付近の現地盤（付近の N 値）がある程度締まった状態の土層であったと考えられる。

設計時に於いては、孔内水平載荷試験の弾性係数の内もっとも小さい値を適応することとし、GL-4. 50m は Bor. No. 4 孔の試験結果、GL-8. 50m は Bor. No. 3 孔の試験結果が安全側となる。

### 3.4 一軸圧縮試験結果

Bor. No. 1 孔のシンウォールサンプリング試料 (乱れの少ない試料) で、土の一軸圧縮試験を実施した。

試験により得られた強度定数 (一軸圧縮強さ:  $q_u$ ) およびその他の結果を以下に示す。

表-3.4.1 一軸圧縮試験結果一覧

ボーリングNo.		Bor.No.1		
試料No.		T-1	T-2	T-3
採取中央深度(GL-m)		15.50	20.50	26.50
一般	湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.862	1.727	1.897
	乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.369	1.150	1.406
	土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.748	2.740	2.780
	自然含水比 $w_n$ (%)	36.0	50.1	34.9
	間隙比 $e$	1.008	1.382	0.978
	飽和度 $S_r$ (%)	98.17	99.37	99.30
粒度	礫分(2~75mm) (%)	0.1	0.0	0.0
	砂分(0.075~2mm) (%)	23.1	1.5	6.6
	シルト分(0.005~0.075mm) (%)	62.1	57.6	67.3
	粘土分(0.005未満) (%)	14.7	40.9	26.1
	60%粒径 (mm)	0.0507	0.0106	0.0274
	50%粒径 (mm)	0.0388	0.0072	0.0187
	30%粒径 (mm)	0.0154	0.0029	0.0065
	10%粒径 (mm)	0.0031	-	-
	20%粒径 (mm)	0.0078	0.0013	0.0032
	一軸圧縮試験	一軸圧縮強さ $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	68.33	98.47
破壊ひずみ $\epsilon_f$ (%)		4.93	3.00	3.40
変形係数 $E_{50}$ (MN/m <sup>2</sup> )		3.186	5.016	9.081
鋭敏比 $S_t$		-	-	-
推定土質定数	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	18.3	16.94	18.60
	粘着力 $C_u$ ( $C_u = q_u/2$ ) (kN/m <sup>2</sup> )	34.16	49.23	62.68
土質名(上段) 土質記号(下段)		砂質シルト (MLS)	粘土 (CL)	砂混じり粘土 (CL-S)

## 第6章 地盤の液状化判定

ここでは、建築基礎構造設計指針、(社)日本建築学会に準じ、Bor. No. 1 孔について、地震時の液状化判定を実施した。

### 6.1 液状化の判定

建築基礎構造設計指針、(社)日本建築学会に準じ、地盤の液状化判定を実施した。

#### (1) 対象とすべき土層

液状化の判定を行う必要のある土層を以下に示す。

- ・ 地表面から 20m 程度以浅の地下水面下の沖積層
- ・ 細粒分含有率が 35%以下の土
- ・ 細粒分含有率が 35%以上でも、粘土分含有率が 10%以下、または塑性指数が 15%以下の埋立あるいは盛土地盤
- ・ 細粒土を含む礫や透水性の低い土層に囲まれた礫

#### (2) せん断応力比の算定

$$\text{せん断応力比} \quad \frac{\tau_d}{\sigma_d} = \gamma_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma_z'} \gamma_d$$

ここに  $\tau_d$  : 水平面に生じる等価な一定繰り返しせん断応力振幅 (KN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_z'$  : 検討深さにおける有効土被り圧 (KN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_n$  : 等価の繰り返し回数に関する補正係数で、0.1 (M-1)

M : マグニチュード

$\alpha_{\max}$  : 地表面における設計用水平加速度 (cm/s<sup>2</sup>)

g : 重力加速度 980cm/s<sup>2</sup>

$\sigma_z$  : 検討深さにおける全土被り圧 (KN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_d$  : 地盤が剛体でないことによる低減係数で、

$$\gamma_d = 1 - 0.015z$$

z はメートル単位で表した地表面からの検討深さ

#### (3) 補正 N 値 (N<sub>a</sub>) の算定

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{98 / \sigma_z'}$$

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

ここに N<sub>1</sub> : 換算 N 値

N : 実測 N 値

C<sub>N</sub> : 拘束圧に関する換算係数

$\Delta N_f$  : 細粒分含有率  $F_c$  に応じた補正  $N$  値増分で次  
図による

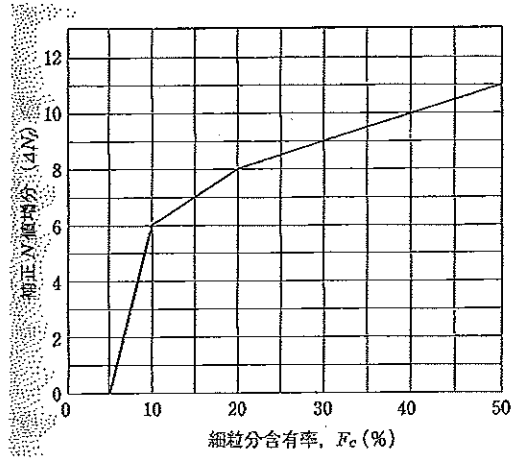


図-6.1.1 補正  $N$  値 ( $N_a$ ) の算定

※建築基礎構造設計指針、(社)日本建築学会、P63

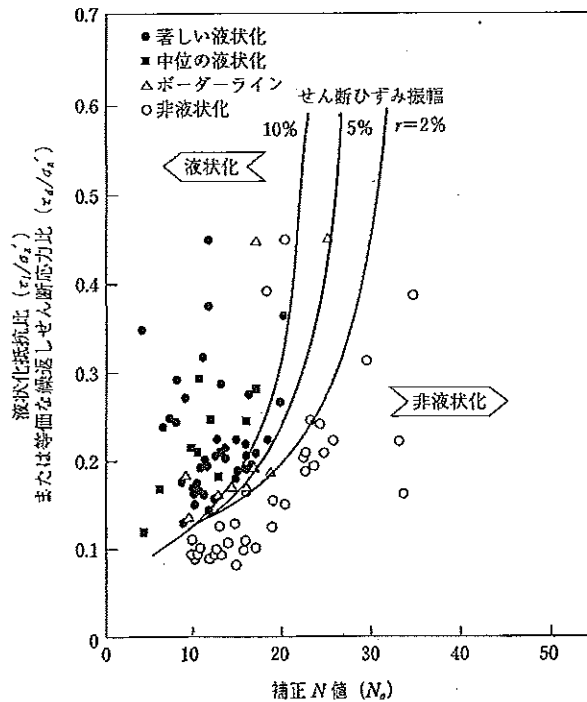
(4) 液状化抵抗比の算定

(3) で求められた補正  $N$  値 ( $N_a$ ) と、下図の限界ひずみ曲線から、液状化・非液状化のボーダーラインである 5%せん断ひずみ振幅を用いて、飽和土層の液状化抵抗比

$R = \tau_l / \sigma'_v$  を求める。

ここに  $\tau_l$  : 水平面における液状化抵抗

表-6.1.1 補正  $N$  値 ( $N_a$ ) と液状化抵抗比  $R$



※建築基礎構造設計指針、(社)日本建築学会、P63



(5) 液状化発生の安全率  $F_1$  の算定

$$\text{安全率} \quad F_1 = \frac{\tau_1 / \sigma'_z}{\tau_d / \sigma'_z} \quad \text{より}$$

$F_1 > 1 \rightarrow$  液状化発生の可能性はない

$F_1 \leq 1 \rightarrow$  液状化発生の可能性がある

と判定する。

以上で作業を進めるが、「建築基準法」では、杭基礎を対象とした大地震時の耐震設計は規定されておらず、中地震動を対象とした耐震設計のみが要求されており、地表面水平加速度  $\alpha_{\text{MAX}}$  は、

損傷限界検討の  $150\text{cm/s}^2 \sim 200\text{cm/s}^2$  の上限値  $200\text{cm/s}^2$  とし、  
マグニチュード  $M$  は  $M=7.5$  (レベル1) と設定する。

(本論には、終局限界検討の  $350\text{cm/s}^2$  も算定した。)

(6) 液状化判定結果

適用式	建築基礎構造設計指針式 (2001)
タイトル1	B2住宅 附属住宅集約化事業地・万代 地質調査業務
ボーリング名	Bo1, No. 1
孔口標高 (m)	10.50
地下水水位	GL-1.20 (m)
PL (加速度)	0.033 (150.000gal), 3.026 (200.000gal), 21.254 (350.000gal)
低減係数	0.015
計算対象範囲	地下水水位以下 (修正N値の上限を20とした)

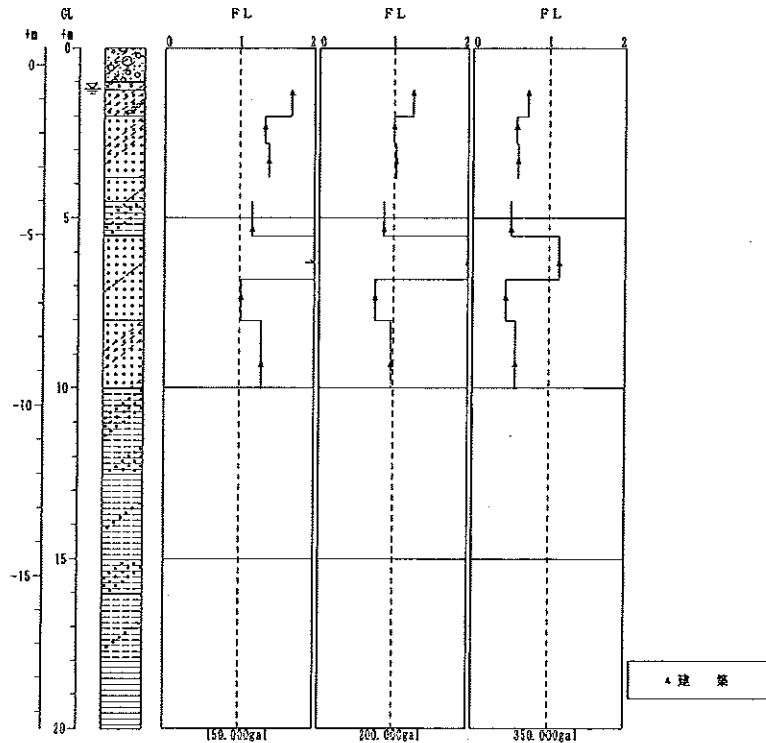


図-6.1.2 液状化判定結果図

1) 損傷限界検討 (200cm/s<sup>2</sup>)

検討した深度のうち深度 GL-5.3m、GL-7.3m~GL-9.3m で  $FL \leq 1.0$  を示し、「液状化の可能性はある」と判定される。その他の深度では「液状化の可能性がない」と判定される。

2) 終局限界検討 (350cm/s<sup>2</sup>)

検討した深度のうち深度 GL-1.3m~GL-5.3、GL-7.3m~GL-9.3m、で  $FL \leq 1.0$  を示し、「液状化の可能性はある」と判定される。GL-6.3mのみ「液状化の可能性がない」と判定される。

(7) 総括

今回、Bor. No. 1 孔で採取された試料で実施した室内土質試験結果を使用し液状化の判定を行った。

GL-1.20m~GL-10.00m 区間の土層 (砂質土層) が、液状化の対象とすべき土層となり、損傷限界検討 (200cm/s<sup>2</sup>) では、3 深度で「液状化の可能性はある」と判定された。

しかし、GL-2.30m、GL-3.30m の液状化係数は  $FL=1.003$ 、 $1.035$  と極めて 1.0 に近い値を示し「液状化の可能性がない」とは判断しがたい。

傷限界検討 (350cm/s<sup>2</sup>) では、6 深度 (ほぼ全深度) で「液状化の可能性はある」と判定された。

以上の事より、今回調査ボーリングで確認された最上部層、上部砂層のほとんどが「液状化の可能性はある」と判定するほうが安全側となる。

また、Bor. No. 2~Bor. No4 孔については、室内土質試験を実施していない為、液状化の判定を実施しなかったが、調査ボーリング結果より土質、土層は Bor. No. 1 孔と同じ状態であり、Bor. No. 2 孔~Bor. No4 孔についても最上部層、上部砂層のほとんどが「液状化の可能性はある」と判断してよいものと考えられる。

表-6. 1. 2 液状化判定結果表 (Bor. No. 1)

源用式		雅楽基礎設計株式会社 (2001)																
サイトル	R22住宅 設置住宅集約化事業 五代 北賀郡安楽町																	
ボーリング名	Bor. No. 1																	
孔口標高 (m)	+0.50																	
地下水位	GL-1.20 (補)																	
PL (補測度)	0.000 (150.000ka) ● 3.025 (200.000ka) ○ 21.254 (350.000ka) ▲																	
低減係数	0.015																	
計算対象範囲																		
埋土水位深度 (補正N値の上限を3.0とした)																		
層No	計算深度 (m)	N 値 (叩)	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	D <sub>50</sub> (mm)	FC (%)	砂礫比値 (補正係数)	相対N値	R	L	FL	L	FL	L	FL	L	FL
1	0.300	16.00	19.00	6.27	0.27	1.6700	19.40	1.000	15.710	0.171	0.102	1.689	0.185	1.267	0.237	0.724		
2	1.300	3.00	19.50	25.18	24.20	0.1800	36.70	1.000	15.476	0.169	0.127	1.337	0.169	1.003	0.236	0.573		
3	2.300	4.00	19.50	44.68	33.89	0.2076	28.70	1.000	17.602	0.192	0.139	1.380	0.186	1.005	0.325	0.592		
4	3.310	6.00	19.50	64.37	43.67	0.2076	26.70	1.000	16.283	0.171	0.151	1.171	0.201	0.878	0.352	0.502		
5	5.330	3.00	18.00	102.87	62.95	0.0463	85.20	1.000	24.610	0.406	0.153	2.559	0.204	1.994	0.356	1.140		
6	6.310	16.00	20.00	122.13	72.01	0.3890	11.30	0.983	13.769	0.156	0.153	1.017	0.204	0.763	0.357	0.406		
7	7.320	7.00	20.00	142.39	82.30	0.3830	11.30	0.893	13.006	0.197	0.152	1.232	0.203	0.969	0.356	0.554		
8	8.300	10.00	19.50	181.28	101.82	0.1918	21.90	1.000										
9	10.320	6.00	17.50	200.58	111.06	0.0313	78.40											
10	11.310	10.00	17.50	217.85	118.67	0.0313	78.40											
11	12.320	7.00	17.50	235.53	126.44	0.0313	78.40											
12	13.320	5.00	17.00	252.62	133.72	0.0195	90.60											
13	14.300	7.00	17.00	269.28	140.77	0.0193	90.60											
14	14.820	5.00	17.00	278.12	144.51	0.0195	90.60											
15	16.300	5.00	17.00	304.56	156.45	0.0208	92.90											
16	17.310	7.00	17.00	321.79	163.71	0.0208	92.90											
17	18.320	3.00	18.90	339.52	171.58	0.0086	98.90											
18	19.320	2.00	18.90	358.48	182.67	0.0098	98.90											
19	19.800	1.00	18.90	387.50	185.04	0.0086	98.90											