

§ 4. 調査結果に基づく考察

4-1 土質定数の提案

今回の調査結果に基づき、本事業において使用する土質定数の設定を行った。
この結果は、表 4-1 に示すとおりであり、以下に設定根拠を示した。

表 4-1 土質定数一覧表

地質記号	土質	N値代表値	粘着力 C (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)
B	粘性土	3	18.8	0	18.0
Ac1	粘性土	0	55.3	7	17.0
Ap	腐植土	2	45.3	2	11.4
As1	砂質土	8	0.0	27	17.0
Ac2	粘性土	0	60.4	0	15.4
As2	砂質土	4	0.0	23	17.0
Ac3	粘性土	0	60.4	0	15.4
As3	砂質土	8	0.0	27	17.0
Ds1	砂質土	16	0.0	32	18.0
Dc1	粘性土	13	81.3	0	17.0
Ds2	砂質土	31	0.0	39	19.0
Dc2	粘性土	6	37.5	0	17.0
Ds3	砂質土	50	0.0	46	20.0
Ds4	砂質土	50	0.0	46	20.0
Dc3	粘性土	15	93.8	0	17.0
Ds5	砂質土	26	0.0	37	19.0
Dc4	粘性土	12	75.0	0	18.0
Dp	腐植土	50	312.5	0	18.0
Ds6	砂質土	83	0.0	55	20.0

(1) N値について

標準貫入試験結果に基づき代表N値の設定を行った(詳細は3-2に示すとおり)。

(2) 各層の単位体積重量

各層の単位体積重量は表4-2に示した値を参考にした。各層の単位体積重量(γ_t)をまとめ、表4-3に示す。

なお、Ac2層は土質試験を実施していないが、Ac3層と同様の層相であることからAc3層の室内土質試験結果を設計値として採用することとした。

表 4-2 土質定数

種 類	状 態	単位体積重量 (kN/m^3)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	地盤工学会 基準		
盛 土	礫および礫まじり砂	締固めたもの	20	40	0	{G}	
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}
			分級されたもの	19	30	0	
	砂質土	締固めたもの	19	25	30以下	{SF}	
	粘性土	締固めたもの	18	15	50以下	{M}, {C}	
関東ローム	締固めたもの	14	20	10以下	{V}		
自 然 地 盤	礫	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	40	0	{G}	
		密実でないものまたは分級されたもの	18	35	0		
	礫まじり砂	密実なもの	21	40	0	{G}	
		密実でないもの	19	35	0		
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの	20	35	0	{S}	
		密実でないものまたは分級されたもの	18	30	0		
	砂質土	密実なもの	19	30	30以下	{SF}	
		密実でないもの	17	25	0		
	粘 性 土	固いもの(指で強く押し多少へこむ)	固いもの(指で強く押し多少へこむ)	18	25	50以下	{M}, {C}
			やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入)	17	20	30以下	
軟いもの(指が容易に貫入)			16	15	15以下		
軟いもの(指が容易に貫入)			14	10	15以下		
粘 土 及 び シ ル ト	固いもの(指で強く押し多少へこむ)	固いもの(指で強く押し多少へこむ)	17	20	50以下	{M}, {C}	
		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入)	16	15	30以下		
		軟いもの(指が容易に貫入)	14	10	15以下		
関東ローム		14	5 (ϕ_v)	30以下	{V}		

粘性土、粘土およびシルトの区分でN値の目安は次のとおりである。

固いもの(N=8~15)、やや軟らかいもの(N=4~8)、軟いもの(N=2~4)

地盤工学会基準の記号は、およその目安である。

[NEXCO総研：設計要領 第一集 土工編 より]

表 4-3 各層の単位体積重量

地質記号	土質	N値代表値	試験値(湿潤密度) ρ_t (g/cm ³)	文献からの推定値 γ_t (kN/m ³)	提案値 γ_t (kN/m ³)
B	粘性土	3	—	18.0	18.0
Ac1	粘性土	0	1.730	16.0	17.0
Ap	腐植土	2	1.163	14.0	11.4
As1	砂質土	8	—	17.0	17.0
Ac2	粘性土	0	1.572	16.0	15.4
As2	砂質土	4	—	17.0	17.0
Ac3	粘性土	0	1.572	16.0	15.4
As3	砂質土	8	—	17.0	17.0
Ds1	砂質土	16	—	18.0	18.0
Dc1	粘性土	13	—	17.0	17.0
Ds2	砂質土	31	—	19.0	19.0
Dc2	粘性土	6	—	17.0	17.0
Ds3	砂質土	50	—	20.0	20.0
Ds4	砂質土	50	—	20.0	20.0
Dc3	粘性土	15	—	17.0	17.0
Ds5	砂質土	26	—	19.0	19.0
Dc4	粘性土	12	—	18.0	18.0
Dp	腐植土	50	—	18.0	18.0
Ds6	砂質土	83	—	20.0	20.0

※Ac2層は、Ac3層の室内土質試験結果を設計値として採用

(3) 強度定数 (粘着力、内部摩擦角)

強度設定は、室内土質試験結果を実施した地層は室内土質試験結果をその他の地層は、代表N値から以下の一般式に基づき、設定した。

なお、Ac2層は土質試験は実施していないが、Ac3層と同様の層相であることから、Ac3層の室内土質試験結果を設計値として採用することとした。

【粘着力】

粘性土層の粘着力は、Terzaghi and Peck が提案した式 4-1 の標準貫入試験N値と粘着力の関係式から求める。なお砂質土の粘着力は、安全を考慮し、0(kN/m²)とする。

$$q_u = 12.5 \cdot N \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots\dots\dots \text{式 4-1}$$

粘性土層の粘着力は、一軸圧縮強さから式 4-2 を用いて求める。

$$C = q_u / 2 \quad \dots\dots\dots \text{式 4-2}$$

ここに

N : 標準貫入試験N値

q_u : 一軸圧縮強さ (kN/m²)

C : 粘着力 (kN/m²)

これより各層の粘着力をまとめ、表 4-4 に示す。

【内部摩擦角】

内部摩擦角は、「建築基礎構造設計指針」に記された式 4-3 を用いて推定した。なお粘性土の粘着力は、安全を考慮し、0(°)とする。

$$\phi = \sqrt{20 \cdot N} + 15 \quad \dots\dots\dots \text{式 4-3}$$

ここに、

φ : 砂のせん断抵抗角 (°)

N : 標準貫入試験から得られるN値

なお N ≤ 5 の場合も式 4-3 を用いて推定した。

表 4-4 各層の粘着力

地質記号	土質	土質試験値 C (kN/m ²)	N値からの推定値		代表値 C (kN/m ²)
			代表N値	推定C値 (kN/m ²)	
B	粘性土	—	3	18.8	18.8
Ac1	粘性土	55.3	0	0.0	55.3
Ap	腐植土	45.3	2	12.5	45.3
As1	砂質土	—	8	0.0	0.0
Ac2	粘性土	60.4	0	0.0	60.4
As2	砂質土	—	4	0.0	0.0
Ac3	粘性土	60.4	0	0.0	60.4
As3	砂質土	—	8	0.0	0.0
Ds1	砂質土	—	16	0.0	0.0
Dc1	粘性土	—	13	81.3	81.3
Ds2	砂質土	—	31	0.0	0.0
Dc2	粘性土	—	6	37.5	37.5
Ds3	砂質土	—	50	0.0	0.0
Ds4	砂質土	—	50	0.0	0.0
Dc3	粘性土	—	15	93.8	93.8
Ds5	砂質土	—	26	0.0	0.0
Dc4	粘性土	—	12	75.0	75.0
Dp	腐植土	—	50	312.5	312.5
Ds6	砂質土	—	83	0.0	0.0

※Ac2層は、Ac3層の室内土質試験結果を設計値として採用

表 4-5 各層のせん断抵抗角

地質記号	土質	土質試験値 ϕ (度)	N 値		代表値 ϕ (度)
			代表値	推定 ϕ 値 (度)	
B	粘性土	—	3	0.0	0
Ac1	粘性土	7.86	0	0.0	7
Ap	腐植土	2.96	2	0.0	2
As1	砂質土	—	8	27.6	27
Ac2	粘性土	—	0	0.0	0
As2	砂質土	—	4	23.9	23
Ac3	粘性土	—	0	0.0	0
As3	砂質土	—	8	27.6	27
Ds1	砂質土	—	16	32.9	32
Dc1	粘性土	—	13	0.0	0
Ds2	砂質土	—	31	39.9	39
Dc2	粘性土	—	6	0.0	0
Ds3	砂質土	—	50	46.6	46
Ds4	砂質土	—	50	46.6	46
Dc3	粘性土	—	15	0.0	0
Ds5	砂質土	—	26	37.8	37
Dc4	粘性土	—	12	0.0	0
Dp	腐植土	—	50	0.0	0
Ds6	砂質土	—	83	55.7	55

内部摩擦摩擦角の上限を $\phi=45^\circ$ とした。

4-2 液状化の検討

当地区には緩い沖積砂質土層が分布するため、液状化が懸念される。

このため、液状化の程度を把握することを目的として、土の物理試験結果に基づき「建築基礎構造設計指針：日本建築学会：2001」に基づき液状化の検討を実施した。

(1) 液状化の判定を行う必要がある砂質土層

本業務の液状化判定には「建築基礎構造設計指針」に示される判定手法を用いた。

「建築基礎構造設計指針」では、次の条件が満たされる土層とされる。

- ① 飽和土層
- ② 地表面から 20m 以浅の沖積層
- ③ 細粒土含有率が 35%以下

ただし埋立地盤など人工造成地盤の場合

- ① 粘土分 (0.005mm 以下の粒径を持つ土粒子) 含有率が 10%以下
- ② 塑性指数が 15%以下

調査地に分布する沖積層は、全て飽和した地層であった。このため土質試験結果から上記の検討対象条件を満たしているかを確認してから液状化の検討を行う。

(2) 液状化の判定式

(a) 検討地点の地盤内の各深さに発生する等価な繰り返しせん断応力は式 4-4 によって求められる。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = \gamma_n \frac{\alpha_{max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} \gamma_d \dots\dots\dots \text{式 4-4}$$

[記号]

τ_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/m²)

σ'_z : 検討深さにおける有効土被り圧 (kN/m²)

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

ただし、Mはマグニチュード

α_{max} : 地表面における設計用水平加速度 (cm/sec²)

g : 重力加速度 (980 cm/sec²)

σ_z : 検討深さにおける全土被り圧 (鉛直全応力) (t/m²)

γ_d : 地盤が鋼体でないことによる低減係数で (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

(b) 各深さにおける補正N値 (N_a) を下式から求める。

$$N_1 = C_N \cdot N \dots\dots\dots \text{式 4-5}$$

$$C_N = \sqrt{98 / \sigma'_z} \dots\dots\dots \text{式 4-6}$$

$$N_a = N_1 + \Delta N_f \dots\dots\dots \text{式 4-7}$$

[記号]

N_a : 補正N値

N_1 : 換算N値

ΔN_f : 細粒土含有率に応じた補正N値増分で、図 4-1 による。

C_N : 換算N値係数 (σ' の単位は kN/m²)

N : 実測N値

(c) 図 4-2 のせん断ひずみ振幅 5% 曲線を用いて、補正N値 (N_a) に対応する飽和土層液状化抵抗比 τ_1 / σ'_z を求める。ここに、 τ_1 は、水平断面における液状化抵抗である。

(d) 各深さにおける液状化発生に対する安全率 F_L を式 4-8 により求める。

$$F_L = \frac{\tau_1 / \sigma'_z}{\tau_d / \sigma'_z} \dots\dots\dots \text{式 4-8}$$

式 4-8 により求めた F_L 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その土層の液状化発生危険度は高いと判定する。

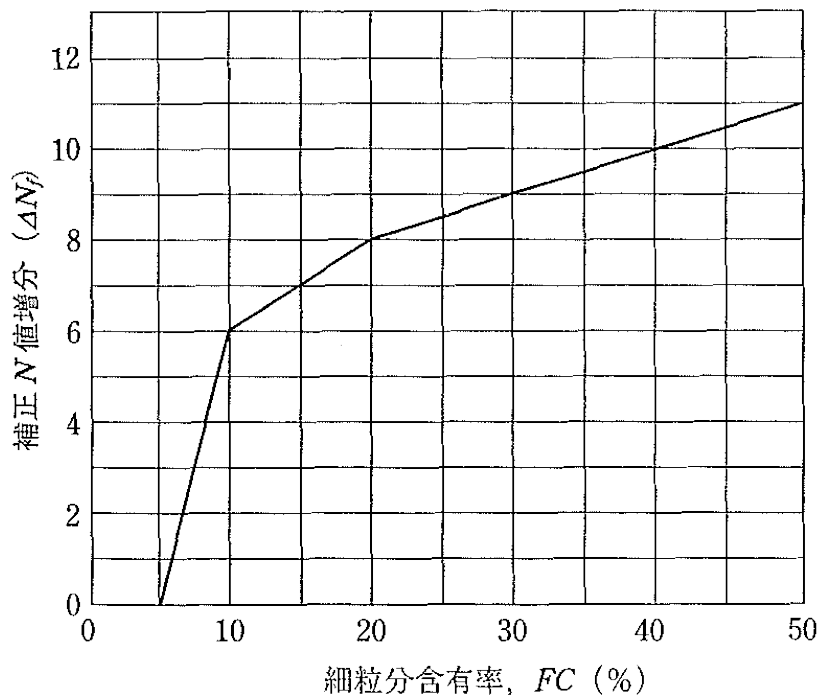


図 4-1 細粒土含有率と補正 N 値増分 ΔN_f の関係 (建築基礎構造設計指針 より)

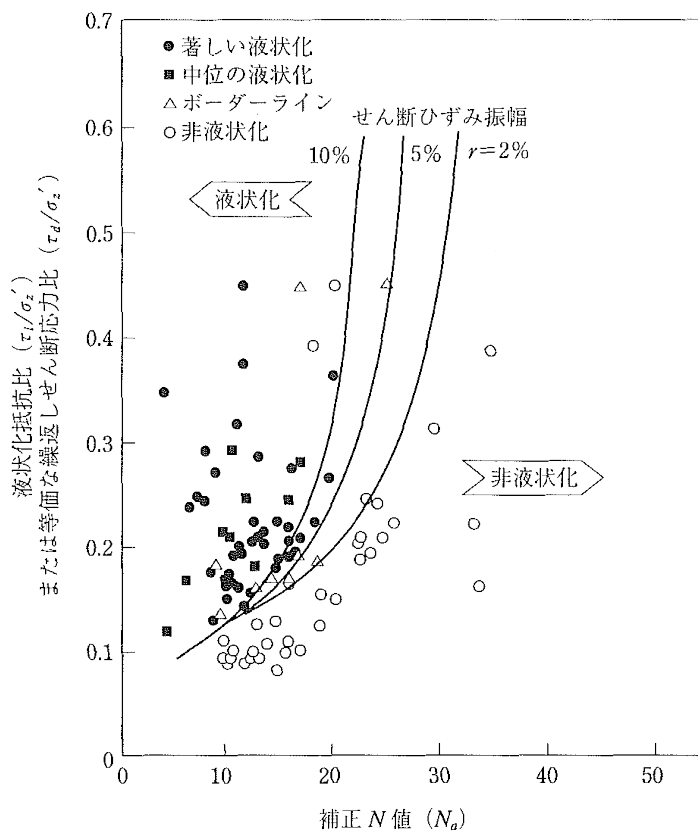


図 4-2 補正 N 値 (N_a) と飽和土層の液状化抵抗比 τ_1/σ'_z (建築基礎構造設計指針より)

このほか液状化による危険度を判定する方法として PL 法がある。この液状化指数(PL 値)は、限界耐力計算を行う場合の表層地盤による地震動増幅率(G_s)の算定の際に告示式の適用可否を確認するために用いられるものであり、基礎構造設計そのものの考え方ではないとされている。また、設計者の判断により、二次設計レベルにおける液状化の検討を行う際の指標としても用いられる。PL 値は FL 値を用いて式 4-9 により算定される。なお、このとき、FL 値が 1 以下の層のみを算定の対象とする。

$$PL = \int (1 - FL)(10 - 0.5z) dz \quad \dots\dots\dots \text{式 4-9}$$

[記号]

PL : 液状化指数

$\int dz$: 0~20m までの積分値

FL : 液状化安全率

z : 地表面からの深さ (m)

PL 値の評価は、過去の事例から、表 4-6 のように示されている。PL 値が 5 以下であると、液状化の危険度が低いとされている。

表 4-6 液状化指数(PL 値)と液状化危険度の関係

PL 値	液状化の危険度
PL=0	液状化の危険度がかなり低い
$0 < PL \leq 5$	液状化の危険度が低い
$5 < PL \leq 15$	液状化の危険度が高い
$15 < PL$	液状化の危険度がかなり高い

さらに予測地盤変位量の略算値により評価する方法もある。この評価方法も、PL 値と同様に、限界耐力計算を行う場合の G_s 算定の際に告示式の適用可否を確認するために用いられるものである。また、設計者の判断により、二次設計レベルにおける液状化の検討を行う際の指標としても用いられる。

建築基礎構造設計指針には、液状化に伴う予測地盤変位量の略算値(Dcy)と液状化の程度の関係が、表 4-7 のようにまとめられている。地盤変位略算値(Dcy)が 5cm 以下の場合には、液状化の程度が軽微であると判断されている。

表 4-7 地盤変位略算値(Dcy)と液状化の程度の関係

Dcy (cm)	液状化の程度
Dcy=0	なし
Dcy ≤ 5	軽微
5 < Dcy ≤ 10	小
10 < Dcy ≤ 20	中
20 < Dcy ≤ 40	大
40 < Dcy	甚大

(3) 液状化の判定結果

調査地に分布する沖積層は、全て飽和した地層であった。このため土質試験結果から液状化の検討対象条件を満たしているかを確認してから液状化の検討を行う。

液状化の検討には、地表面水平加速度値(α_{max})を次の3種類について検討を行う。

- ① $\alpha_{max} = 150gal$ 、 $200gal$: 損傷限界検討用
- ② $\alpha_{max} = 350gal$: 終局限界検討用

なお地震マグニチュードは $M=7.5$ と仮定する。

液状化の検討結果を図 4-3 ~ 図 4-17 20 に示す。

地点名 No. 5 地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=350gal$ P L 値 21.66 (kN/m²) 地下水位面 1.40 (m)
 基準名 建築基礎構造設計指針 水の単位体積重量 9.8 (kN/m³) (注) 判定外
 判定方法 地表面設計用水平加速度と、実測N値 使用曲線 $\gamma=5$ (%) **1 地下水位より上(液状化の可能性は低い)
 Fc > 50%の取扱い 液状化の判定外とする 設計加速度 350.00 (gal) **2 $\tau d/\sigma'v$ が0.0以下である(液状化の可能性は低い)
 地表面設計用水平加速度と、実測N値 マグニチュード 7.5 **3 Fc ~ \angle MFグラフ範囲外(液状化の可能性は低い)
 液状化の程度 中 **4 全上載圧または有効上載圧が0.0以下となる層である

標尺 (m)	深さ (m)	層厚 (m)	土層種類	N 値	判定深さ (m)	選り重量 (kN/m ³)	飽和重量 (kN/m ³)	有上載圧 $\sigma'v$ (kN/m ²)	全上載圧 (kN/m ²)	細粒含有率 (%)	平均粒径 D50	コ抵抗値 γ (kN/m ²)	コ抵抗値 γ (kN/m ²)	比算出力比	液状化判定	せん断係数		液状化の判定			
																低減係数	せん断力断 (kN/m ²)	補正N値	液状化比 $\tau/\sigma'v$	せん断力断比 $\tau d/\sigma'v$	判定
0	0.00	0.20	粘性土	6.0	2.30	18.0	18.0	32.1	40.9	0.0	0.000	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	10.49	0.133	0.000	0
	1.80	1.60	粘性土	0.7	3.47	17.0	17.0	40.5	60.9	97.8	0.002	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	1
	3.20	1.40	粘性土	1.9	4.31	11.4	11.4	44.2	72.8	98.9	0.000	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	1
	4.60	0.70	砂質土	3.0	5.30	18.0	18.0	50.4	88.7	23.5	0.140	0.00	0.00	N値		0.920	18.9	12.53	0.147	0.376	0.392
	5.50	0.90	粘性土	1.0	6.30	16.0	16.0	57.0	105.2	70.0	0.024	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	1
	7.10	1.60	砂質土	8.0	7.30	17.7	17.7	63.5	121.4	16.4	0.235	0.00	0.00	N値		0.891	25.1	17.22	0.189	0.395	0.479
	7.90	0.80	砂質土	8.0	8.30	17.7	17.7	71.4	139.1	19.1	0.288	0.00	0.00	N値		0.876	28.3	17.19	0.189	0.396	0.477
	8.80	0.90	砂質土	13.0	9.30	17.7	17.7	79.3	156.8	18.9	0.158	0.00	0.00	N値		0.860	31.3	22.23	0.306	0.395	0.775
			砂質土	6.0	10.30	17.7	17.7	87.2	174.5	18.9	0.158	0.00	0.00	N値		0.845	34.3	14.14	0.159	0.393	0.405
			砂質土	8.0	11.30	17.7	17.7	95.1	192.2	18.9	0.158	0.00	0.00	N値		0.831	37.1	15.90	0.174	0.390	0.448
			砂質土	9.0	12.30	17.7	17.7	103.0	209.9	16.2	0.144	0.00	0.00	N値		0.816	39.7	16.02	0.176	0.386	0.455
			砂質土	9.0	13.30	17.7	17.7	110.9	227.6	16.2	0.144	0.00	0.00	N値		0.801	42.3	15.70	0.173	0.381	0.462
			砂質土	4.0	14.30	17.7	17.7	118.8	245.3	16.2	0.144	0.00	0.00	N値		0.785	44.7	10.87	0.136	0.377	0.361
14.80	6.00	6.00	砂質土	0.7	15.38	17.7	17.7	125.9	263.0	40.6	0.111	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	10.65	0.135	0.000	
			砂質土	0.0	16.25	17.7	17.7	130.8	276.5	37.2	0.116	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	9.72	0.128	0.000	
			砂質土	0.0	17.60	17.7	17.7	138.4	297.3	37.2	0.116	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	9.72	0.128	0.000	
			砂質土	0.0	18.30	17.7	17.7	142.3	308.1	37.2	0.116	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	9.72	0.128	0.000	
18.80	4.00	4.00	粘性土	0.0	19.30	15.4	15.4	147.9	323.5	82.5	0.012	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	
			粘性土	0.0	20.70	15.4	15.4	155.7	345.0	82.5	0.012	0.00	0.00	N値		0.000	0.0	99.90	0.600	0.000	
			粘性土	0.0	21.30	15.4	15.4	159.1	354.3	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	22.30	15.4	15.4	164.6	369.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	23.30	15.4	15.4	170.2	385.1	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	24.30	15.4	15.4	175.8	400.5	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	25.30	15.4	15.4	181.4	415.9	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	26.30	15.4	15.4	187.0	431.3	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	27.30	15.4	15.4	192.6	446.7	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
			粘性土	0.0	28.30	15.4	15.4	198.2	462.1	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.00	0.000	0.000	
28.70	9.90	9.90	粘性土	0.6	29.23	15.4	15.4	203.4	476.4	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.45	0.028	0.000	
29.80	1.10	1.10	粘性土	0.6	29.23	15.4	15.4	203.4	476.4	0.0	0.000	0.00	0.00	N値	しない	0.000	0.0	0.45	0.028	0.000	

図 4-17 No. 5 地点の液状化検討結果 350gal

各地点で行った液状化の検討で求められた液状化抵抗率をまとめると表 4-8 のようになった。

表 4-8 各地点、設計加速度における液状化抵抗率

	深度	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	
	2m	—	—	—	—	—	—	
地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=150gal$	3m	3.118	2.731	3.428	—	—	2.054	Ac1層
	4m	2.680	1.366	1.635	—	—	3.814	Ac1層
	5m	2.085	2.290	1.126	—	0.915	4.611	Ac1層
	6m	1.043	3.847	4.592	1.070	—	1.208	Ap層
	7m	1.474	3.794	1.197	1.513	1.117	4.301	As1層
	8m	—	—	1.003	1.006	1.113	2.170	As1層
	9m	0.920	1.643	0.970	0.836	1.809	0.838	As1層
	10m	—	—	0.965	0.834	0.945	0.995	Ac2層
	11m	—	—	0.975	0.876	1.045	0.984	Ac2層
	12m	—	—	0.969	0.878	1.062	0.986	As2層
	13m	—	—	1.023	0.858	1.055	0.984	As2層
	14m	—	—	0.982	0.826	0.843	1.158	Ac3層
	15m	—	—	1.023	0.819	—	—	Ac3層
	16m	—	—	1.112	—	—	—	Ac3層
	17m	—	—	1.076	—	—	—	Ac3層
	18m	—	—	1.122	—	—	—	Ac3層
	19m	—	—	1.171	—	—	—	Ac3層
	20m	—	—	1.154	0.922	—	—	Ac3層
	地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=200gal$	深度	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
2m		—	—	—	—	—	—	
3m		2.338	2.048	2.571	—	—	1.541	
4m		2.010	1.024	1.226	—	—	2.600	
5m		1.564	1.718	0.844	—	0.686	3.458	
6m		0.782	2.885	3.444	0.802	—	0.906	
7m		1.106	2.845	0.898	1.135	0.838	3.226	
8m		—	—	0.752	0.754	0.835	1.627	
9m		0.690	1.232	0.727	0.627	1.357	0.628	
10m		—	—	0.723	0.626	0.709	0.746	
11m		—	—	0.732	0.657	0.783	0.738	
12m		—	—	0.727	0.659	0.797	0.739	
13m		—	—	0.767	0.643	0.791	0.738	
14m		—	—	0.736	0.620	0.632	0.869	
15m		—	—	0.767	0.614	—	—	
16m		—	—	0.834	—	—	—	
17m		—	—	0.807	—	—	—	
18m		—	—	0.842	—	—	—	
19m		—	—	0.878	—	—	—	
20m	—	—	0.866	0.691	—	—		
地表面水平加速度値 $\alpha_{max}=350gal$	深度	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	
	2m	—	—	—	—	—	—	
	3m	1.336	1.170	1.469	—	—	0.880	
	4m	1.148	0.585	0.701	—	—	1.634	
	5m	0.894	0.982	0.482	—	0.392	1.976	
	6m	0.447	1.649	1.962	0.458	—	0.518	
	7m	0.632	1.626	0.513	0.648	0.479	1.843	
	8m	—	—	0.430	0.431	0.477	0.930	
	9m	0.394	0.704	0.416	0.358	0.775	0.359	
	10m	—	—	0.413	0.358	0.405	0.426	
	11m	—	—	0.418	0.376	0.448	0.422	
	12m	—	—	0.415	0.376	0.455	0.422	
	13m	—	—	0.438	0.368	0.452	0.422	
	14m	—	—	0.421	0.354	0.361	0.496	
	15m	—	—	0.438	0.351	—	—	
	16m	—	—	0.477	—	—	—	
	17m	—	—	0.461	—	—	—	
	18m	—	—	0.481	—	—	—	
	19m	—	—	0.502	—	—	—	
20m	—	—	0.495	0.395	—	—		

150gal における液状化抵抗率は、As1 層だと No. 5 地点のみ FL<1.0 であった。しかし As2 層では、上部に分布する箇所で大抵が FL<1.0 になった。

200gal になると As1 層は、No. 3、No. 6 地点でも FL<1.0 を示すようになった。さらに As2 層は、大半が FL<1.0 になった。

350gal になると As1 層でも全地点でみられ、約半数が FL<1.0 になっていた。さらに As2 層や砂分の含有量が多い Ac3 層では、全深度で FL<1.0 になり、FL 値も小さくなった。

また各地点、各設計加速度での PL 値は表 4-9 のようになった。

表 4-9 各地点、設計加速度における液状化の危険度

調査地点	設計加速度	PL値	液状化の危険度
No. 1	150gal	0.514	液状化の危険度が低い
	200gal	3.559	液状化の危険度が低い
	350gal	10.853	液状化の危険度が高い
No. 2	150gal	0.000	液状化の危険度がかなり低い
	200gal	0.000	液状化の危険度がかなり低い
	350gal	4.499	液状化の危険度が低い
No. 3	150gal	0.611	液状化の危険度が低い
	200gal	11.006	液状化の危険度が高い
	350gal	30.315	液状化の危険度がかなり高い
No. 4	150gal	4.036	液状化の危険度が低い
	200gal	12.495	液状化の危険度が高い
	350gal	26.257	液状化の危険度がかなり高い
No. 5	150gal	1.278	液状化の危険度が低い
	200gal	8.656	液状化の危険度が高い
	350gal	21.667	液状化の危険度がかなり高い
No. 6	150gal	0.987	液状化の危険度が低い
	200gal	7.145	液状化の危険度が高い
	350gal	19.069	液状化の危険度がかなり高い

No. 1、No. 2 地点の PL 値は、350gal になると危険度が増すが、200gal 程度の加速度だと危険度が低いと判断できる。しかし No. 3、No. 4、No. 5、No. 6 地点では、加速度が大きくなるにしたがい、危険度が増し、350gal になると危険度が高くなっていた。

さらに各地点、各設計加速度での地表変位(Dcy)は表 4-10 のようになった。

表 4-10 各地点、設計加速度における地表変位(Dcy)

調査地点	設計加速度	Dcy (cm)	液状化の程度
No. 1	150gal	1.18	軽微
	200gal	3.37	軽微
	350gal	6.38	小
No. 2	150gal	0.00	なし
	200gal	0.00	なし
	350gal	2.74	軽微
No. 3	150gal	5.96	小
	200gal	26.85	大
	350gal	40.76	甚大
No. 4	150gal	15.48	中
	200gal	25.17	大
	350gal	31.52	大
No. 5	150gal	3.91	軽微
	200gal	11.71	中
	350gal	17.01	中
No. 6	150gal	6.49	小
	200gal	13.53	中
	350gal	20.10	大

No. 1、No. 2 地点の地表面変位は、350gal でも「軽微～小」になるが、200gal 以下の加速度だと「なし～軽微」と判断できる。しかし No. 3 地点では、加速度が大きくなるにしたがい、「小」～「甚大」まで変化していた。No. 3 地点の 350gal が地表面変位の最大値を示していた。No. 4、No. 5、No. 6 地点は、150gal だと「軽微～中」程度であるが、350gal になると「中～大」になっていた。

以上の検討結果から調査地の As2 層では、加速度が低くても液状化する可能性が高いことが解った。これらの地層が厚く分布する埋没谷斜面付近(No. 3、No. 4 地点)では、特に注意が必要である。また全地点で液状化の危険性があることから、液状化の対策が必要であり、杭基礎の水平地盤反力係数を低減して用いることが必要であると判断する。

また計画建築物は液状化が生じても杭基礎を用いることで支持することが可能にな

るが、周辺の地盤は変状が生じてしまう。このため建築物だけの液状化対策だけでなく、周囲の地盤に対しても対策を講じる必要があると考える。

4-3 調査結果に基づく考察

(1) 沖積層厚について

地質調査を行った結果、調査地には埋没残丘があるため、沖積層の基底は南西側で薄く、東側で厚くなり地区内で大きく変化する。

沖積層基底の等高線を図 3-7 に図示したが、この図面は地区内にあるボーリング調査結果により類推したものであり、また、これに使用した既存ボーリング調査結果が古いため、孔口標高が正確でないものも含まれている。このため、地区内全体の沖積基底を把握するために使用することは問題ないが、杭基礎の施工時には杭打設位置においてボーリング調査を実施し、確実に支持層を把握することが重要である。また、等高線が密集している埋没残丘面から埋没谷への変化点における構造物の設計の際にも留意する必要がある。

(2) 支持層について

当地区ではDs3層以深がN値50回以上の支持層となるものと思われる。しかし、ボーリングNo5地点で確認されたように、Ds4層以深の標高-38m以深には、再びN値が50回を下回るDc3層、Ds5層、Dc4層、Dp層が分布している。当地点ではDs4層でN値50回以上が4mしか確認出来なかったため、その下の地層の支持層を把握する目的で掘削を続けたものの、深度50mまで掘削しても連続したN値50回以上の地層を確認することが出来なかったため、掘進を終了としている。

構造物によるがDs4層N値50回以上が4mは確認できていることから、Dc3層以深の沈下の検討は必要になるものの、先端支持杭の基礎として十分成立するものと思われる。

更に当地区には厚い軟弱地盤が分布し、圧密沈下の恐れがあることから、杭へのネガティブフリクションにも注意する必要があるほか、液状化対策も必要となる。

このため、杭基礎設計時には、支持層の検討を含め、十分に留意することが重要である。

(3) 圧密沈下について

当地区は、利根川破堤時の浸水が懸念されている地区であり、施設のかさ上げ等が検討されている。

本調査結果により、当地区には厚い粘性土層が分布することから、仮に盛土造成を実施した場合には長期間に及ぶ圧密沈下の発生や盛土端部の安定性も懸念される。

このため、当地区に盛土造成を実施する場合には、圧密沈下及び安定検討を実施して、計画を立案することが望ましい。

(4) 地下水について

調査地では、自由地下水位が TP+2.85～4.65m 付近に浅い位置となっている。このため掘削施工を行う場合には、地下水対策が必要になる。

また、圧密試験の結果をみると、表層に分布する Ac1 層や Ap 層は、過圧密状態となっているため地下水位の低下による有効応力増加に伴う圧密沈下は軽微である可能性が高いと思われる。しかし、地下水低下による有効応力の増加は広域に発生する可能性もあるため、地下水低下を伴う掘削を行う場合は、その影響範囲について検討を実施しておく必要がある。