

「西部環境工場代替施設建設に伴う地質調査業務委託」

平成 21 年 8 月

九研工業株式会社

報告書抜粋

4-2 孔内水平載荷試験結果

孔内水平載荷試験で得られた測定結果を表4-1に示す。また、試験の詳細なデータは巻末に添付した。

表4-1 試験結果

地 点	深 度 GL(-m)	地層名	N 値	地盤係数 K (kN/m ³)	変形係数 E (kN/m ²)	EとNの関係
BorNo. 1	4.00～ 4.60	砂	0	6290	302	—
BorNo. 2	3.00～ 3.60	砂	1.7	30010	1683	990N

熊本県下の沖積層における変形係数(E)とN値の関係においては、図4-1に示すようにE=250N～700N(kN/m²)の関係にあるものが大半である。

今回の砂における変形係数(E)とN値の関係においては、概ねE=990N(kN/m²)の関係にあり、熊本県下の一般的な沖積層のE値とN値の関係よりやや高い値をしめしたものであり、今回の試験結果より土質定数を提案する場合、試験値も含め平均的なE=700Nより換算した変形係数を提案する。

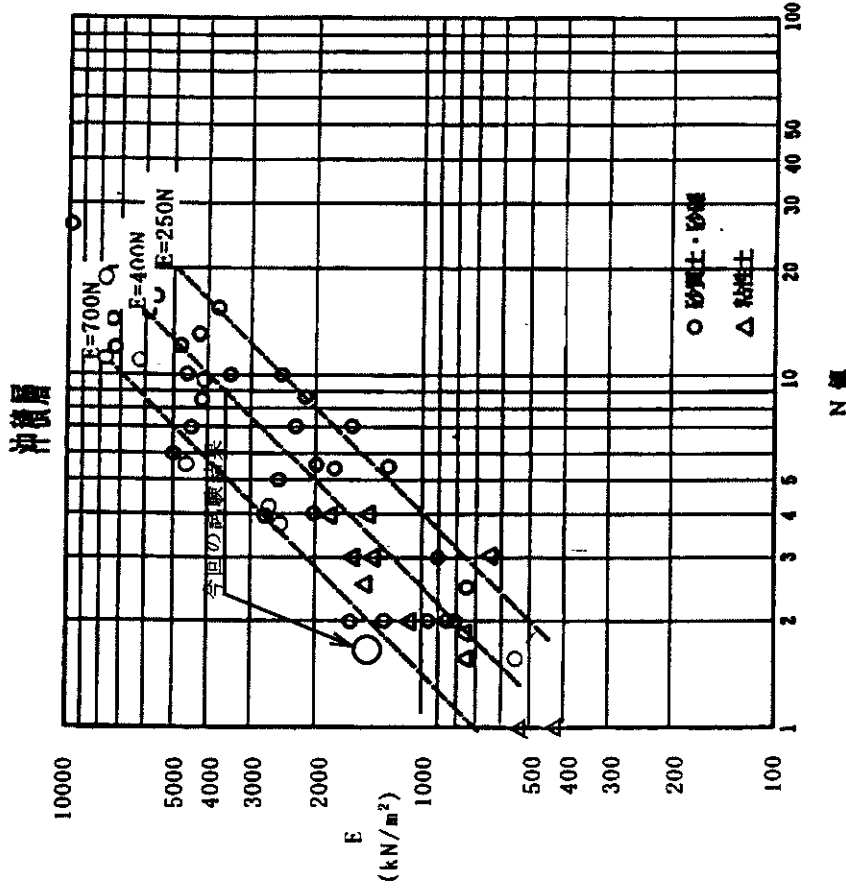


図4-1 熊本県下の沖積層における変形係数とN値との関係(社内データ)

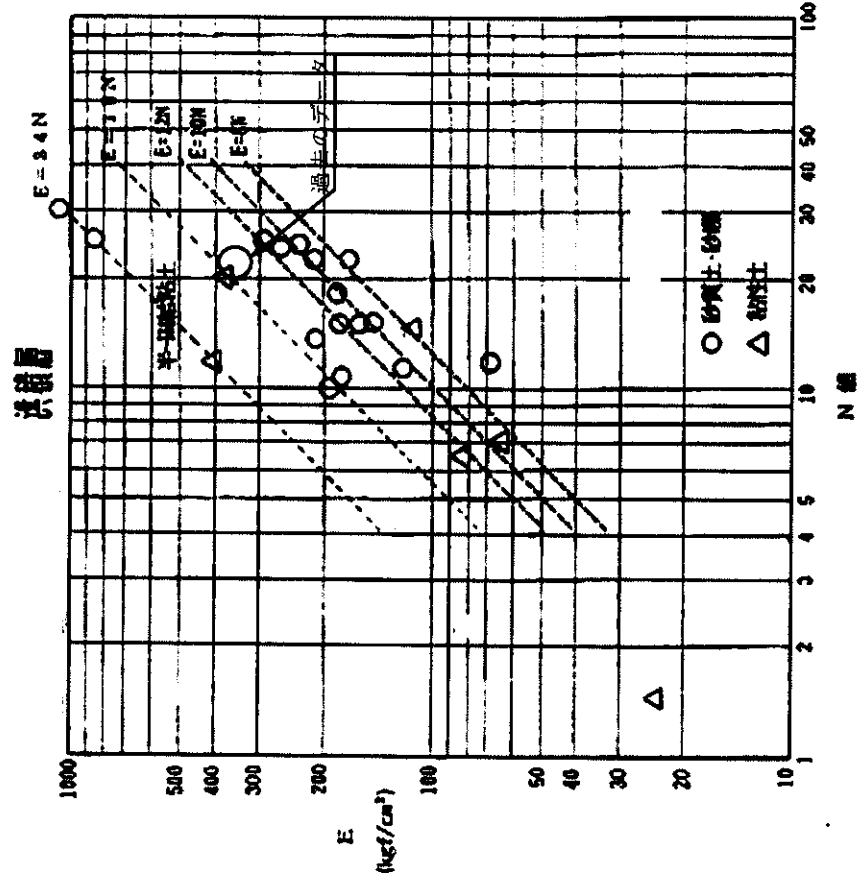


図4-2 熊本県下の洪積層における変形係数とN値との関係(社内データ)

粘土混じり砂礫層で行った過去のデータの变形係数(E)とN値の関係においても、概ね $E=1650N$ (kN/m^2)の関係にあり、熊本県下の一般的な洪積層のE値とN値の関係となつたものである。今回は洪積層では試験は行っていないが、土質定数を提案する場合、砂質土・砂礫のデータの略平均的な $E=1000N$ より換算した変形係数を提案する。

表4-2 土質試験結果一覧表

試験番号	(深さ)	一般				粒 度					特 性			分類	分類記号	試験方法	圧縮指数 C_c	圧密降伏応力 P_c kN/m ²	軸 試 験																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		湿潤密度 ρ_w g/cm ³	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	自然含水比 %	間隙比 e	飽和度 S_r %	石分 (75mm以上)%	礫分 (2mm~75mm)%	砂分 (0.075~2mm)%	シルト分(0.005~0.075mm)%	粘土分 (0.05mm未満)%	最大粒径 mm						均等係数 U_e	曲率係数 U_c	液性限界 W_L %	塑性限界 W_p %	塑性指数 I_p	コンシステンシー指数	地盤材料の分類名																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1-1	(4.00~4.50m)			2.733	55.51				0.2	24.6	50.7	24.5	4.75	2.495		35.7	28.3	7.4	-2.7	砂質シルト (低液性限界)	(MLS)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

表4-3 土質試験結果一覧表

試験番号	(深さ)	一般				粒 度							特 性			分類	分類記号	試験方法	圧 密		軸 圧 試 験							
		湿潤密度 ρ_w g/cm ³	乾燥密度 ρ_d g/cm ³	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	自然含水比 %	間隙比 e	飽和度 S_r %	石 分 (75mm以上)%	礫 分 (2mm~75mm)%	砂 分 (0.075~2mm)%	シルト分(0.005~0.075mm)%	粘土分 (0.05mm未満)%	最大粒径 mm	均等係数 U_c	曲率係数 U_c				液性限界 W_L %	塑性限界 W_p %	塑性指数 I_p	コンシステンシー指数	地盤材料の分類名	圧縮指数 C_c	圧密降伏応力 P_c kN/m ²	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²
2-1	(3.15~3.50m)			2.801	28.23			0.5	88.1	11.4	9.5	120.500																
2-2	(8.15~8.45m)				30.43			1.2	79.1	7.2	12.5	19																
2-3	(10.15~10.45m)				28.41			0.1	79.8	20.1	4.75																	
2-4	(22.00~22.85m)	1.393	0.682	2.680	104.94	2.931	95.4	0.1	1.7	21.5	76.7	9.5				78.9	56.7	22.2	-1.2	シルト (高液性限界)	(MH)	段階載荷	1.462	147.3	124.90	119.41	109.70	118.00
2-5	(27.00~27.85m)	1.489	0.832	2.678	78.32	2.219	95.3	0.0	1.3	32.3	66.4	4.75				62.6	47.3	15.3	-1.0	シルト (高液性限界)	(MH)	段階載荷	0.970	162.0	134.95	139.80	141.93	138.89
2-6	(32.00~23.80m)	1.623	1.047	2.694	56.22	1.573	94.1	0.1	4.7	57.5	37.7	4.75				43.7	34.2	9.5	-1.3	シルト (低液性限界)	(ML)	段階載荷	0.601	171.6	150.22	148.54	137.18	145.31

5-3 地盤定数の提案

地質構成やN値・土質試験等に基づき今後の基礎構造物や仮設工等の設計・検討に必要な地盤定数値の提案を行った。

提案に際しては、第3層と第5層以外は実測値がなく、各換算式等を引用し提案した。

調査値を構成する各地層の土質や代表N値を整理し、次表5-2に示す。

なお、代表N値の算出にあたっては、表5-4, 表5-5及び既存資料(3箇所)の各層の平均N値から標準偏差を求め、平均値からの差をとってそれを代表N値とした。

表5-2 土質区分及び代表N値

層 順	土 質 名	土 質 区 分	実測N値	代表N値
第2層	砂	砂質土	0~29	8
第3層	シルト	粘性土	0~1.5	0
第4層	シルト質砂	砂質土	0~10	2
第5層	シルト	粘性土	0~5	0
第6層	砂	砂質土	33~44	33
第7層	粘 土	粘性土	4~21	10
第8層	砂	砂質土	23~50以上	36
第9層	砂 礫	礫質土	30~50以上	47

表5-3 各地層の地盤定数

層 順	土 質 名	土 質 区 分	代表N値	単位体積重量 (kN/m ³)	γ	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ ($^{\circ}$)
第2層	砂	砂質土	8	17		0	27
第3層	シルト	粘性土	0	14		53	0
第4層	シルト質砂	砂質土	2	17		12	20
第5層	シルト	粘性土	0	16		77	0
第6層	砂	砂質土	33	20		0	40
第7層	粘土	粘性土	10	18		60	0
第8層	砂	砂質土	36	20		0	41
第9層	砂礫	礫質土	47	20		0	45

表5-4 No.1孔各層の平均N値

No.1 H=2.82m									
深度 (m)	層 順	土質名	0～ 10cm	10～ 20cm	20～ 30cm	実測 N値	補正 N値	平均 N値	備 考
1	第2層	砂	2	3	3	8		7.9	
2			2/12	2/12	1/6	5			
3			1/20	1/13		1.8			
4			0/50			0			
5			4	5	5	14			
6			1/17	1	1/8	2.6			
7			1/20	1		2			
8			4	5	8	17			
9			8	7	6	21			
10			2	4	2	8			
11	第3層	シルト	0/55			0		0	
12									
13			0/55			0			
14			0/55			0			
15			0/55			0			
16			0/50			0			
17									
18			0/55			0			
19			0/55			0			
20			0/55			0			
21			0/55			0			
22			0/55			0			
23			0/45			0			
24			1/55			0.5			
25			0/40			0			
26			0/30			0			
27			0/35			0			
28	第4層	シルト質砂	2/18	1	1/7	3.4		2.8	
29			1/18	1/12	2				
30			1/13	1/7	1	3			
31			0/50			0			
32	第5層	シルト						1.3	
33			1/40			0.8			
34			0/30	1	1/5	1.3			
35			0/55			0			
36			1	6	12		3		1×3=3
37	第6層	砂	8	15	19	42		34.5	上層の(6+12)/2*3=27との平均
38	第7層	粘土	0/37	1/8		0.7		0.7	
39	第8層	砂	9	13	18	40		33	
40			6	9	8	23			
41			14	13	9	36			
42			33	17/5		100			
43	第9層	砂礫	25	25		75		48.8	
44			15	20	15/4	62.5	52.5		(15+20)/2×30=52.5
45			12	21	17/8	53.6			
46			14	21	15/7	55.6			
47			15	13	22/1	71.4	42		(15+13)/2×30=42
48			21	18	11/5	60			

礫質土の過大評価されるN値については、補正を行った。

N値の上限値は50として平均値を計算した。

赤字の平均より、補正N値を算出した。

表5-5 No. 2孔各層の平均N値

No.2 H=3.33m									
深度 (m)	層 順	土 質 名	0～ 10cm	10～ 20cm	20～ 30cm	実測 N値	補正 N値	平均 N値	備 考
1	第2層	砂	3	2	5	10		9.5	
2			3	3	4	10			
3			1/18	1/17		1.7			
4			2	3	2	7			
5			1	1	6	8			
6			5	7	6	18			
7			2/12	1	1/8	4			
8	第3層	シルト	1	1	1	3		0.2	
9			4	5	6	15			
10			7	9	9	25			
11			2/14	1/12	1/13	3.1			
12			0/50			0			
13			0/50			0			
14			0/34	1/26		0.5			
15			0/50			0			
16			0/50			0			
17			0/50			0			
18			0/24	1/27		0.6			
19			0/50			0			
20	第4層	シルト質砂	0/50			0		3	
21			0/50			0			
22			0/50			0			
23			0/50			0			
24			0/33	1/18		0.6			
25			1/47			0			
26			0/38	1/19		0.5			
27			0/37	1/15		0.6			
28			0/27	1	1/9	1.3	3.3		(1+1.1)/2×3=3.3
29			1	1	1/13	2.7			上段の3.3も平均に加える
30	第5層	シルト	1	1	1	3		1.8	
31			1	1	1	3			
32			0/49			0			
33			0/36	1/14		0.6			
34			1/16	1/15		1.99			
35			1/15	1/24		1.5			
36			1/16	1/5	2	3.9			
37	第6層	砂	11	15	18	44		38.5	
38	第7層	粘土	11	10	12	33		10.5	
39			4	3	10	17	10.5		(4+3)/2×3=10.5
40			10	15	18	43			上段の10×3=30も平均に加える
41	第8層	砂	25	25		75		41	
42	第9層	砂礫	32	18/6		93.8		47.1	
43			29	21/8		83.3			
44			34	16/5		100			
45			30	20/7		88.2			
46			38	12/4		107.1			
47			20	30/7		88.2			
48			10	10	25	45	30		10×3=30

礫質土の過大評価されるN値については、補正を行った。

N値の上限値は50として平均値を計算した。

赤字の平均より、補正N値を算出した。

5-3-1. 関係及び経験式について

今回は室内土質試験結果や、標準貫入試験結果から、一般的な参考資料および推定換算式を基に提案値を設定する。

[1]単位体積重量： γ_t

表5-6 土の単位体積重量

地盤	土質		[kN/m ³ (tf/m ³)]	
	砂及び砂礫	緩いもの	密なもの	
自然地盤	砂	18(1.8)	20(2.0)	
	砂質土	17(1.7)	19(1.9)	
	粘性土	14(1.4)	18(1.8)	
盛土	砂及び砂礫	20(2.0)		
	砂質土	19(1.9)		
	粘性土(但しWL<50%)	18(1.8)		

「日本道路協会：道路土工－擁壁工指針 H11.3 P20」より

注1) 地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれ表中の値から9kN/m³(0.9tf/m³)を差し引いた値としてよい。ただし、完全飽和状態の場合10kN/m³(1.0tf/m³)を差し引いた値を提案する。

注2) 「密なもの」とは以下を示す。

砂・礫質土 N値≥10
粘性土 N値≥4

物理特性から求める方法

物理試験の結果から、次式で求める。

土の湿潤密度 ρ_t

$$\rho_t = \frac{G_s(1+W)}{1 + \frac{G_s \times W}{S_r}} \dots\dots 5-1式$$

ここに、 G_s ：土粒子の密度

W :含水比

S_r :飽和度

[2]せん断特性(粘着力・内部摩擦角)

これらの土質定数の設定は、原則として各土質試験に拠ることを原則とする。粘着力Cを考慮する場合は、施工中の乱れの影響を考慮し、過大評価にならないよう注意する必要がある。

～土のせん断定数～

(a)一軸圧縮試験によるせん断定数

粘性土の場合、一軸圧縮試験によって粘着力Cを求める。

$$C=1/2qu \quad \dots\dots 5-2 \text{式} \text{「道路橋示方書・同解説 共通編」 H14.3 P131}$$

ここに、C：粘着力[kN/m²(tf/m²)]

$$qu : \text{一軸圧縮強さ} [kN/m^2(tf/m^2)]$$

ϕ : 土のせん断抵抗角(°)

(b)標準貫入試験によるN値から推定するせん断定数

標準貫入試験によるN値から次の2式によって、経験的に推定した値を用いてもよい。

粘性土の粘着力：C

$$C=6N \sim 10N (kN/m^2) \dots\dots 5-3 \text{式} \text{「道路橋示方書・同解説 下部構造編」 H8.12 P236}$$

砂質土のせん断抵抗角： ϕ 「建築基礎構造設計指針」

$$\phi = 15 + \sqrt{20 \cdot N} \quad \dots\dots 5-4 \text{式}$$

ϕ : せん断抵抗角(°)

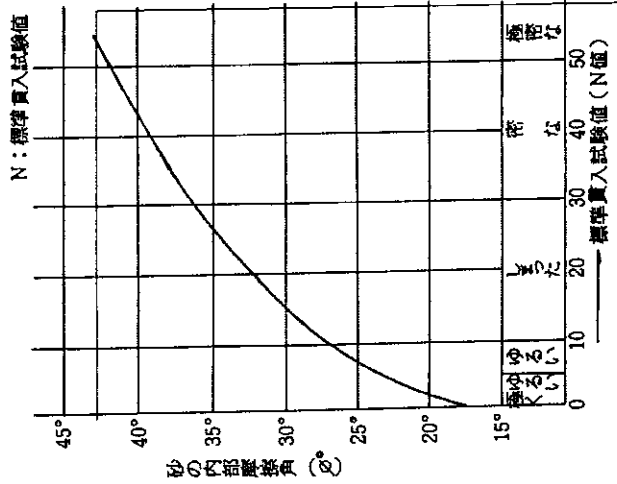


図5-2 砂質土の内部摩擦角とN値の関係

注) N値5以下の砂質土には、シルト分が含まれている場合が多いため粘着力の評価も必要となる。

従って、砂質土の場合は三軸試験によりC・ ϕ を求めることが望ましいが、三軸試験を行わない場合は粘着力を考慮し、図5-2の内部摩擦角を使っても良いものとする。「土木工事設計要領(共通編H10.4 P2-6)」

表5-7 粘性土の粘着力C(kN/m²)とN値の関係

「九州地方建設局：土木工事設計要領 共通編 H10.4 P2-7」より

硬さ	非常に やわらかい	やわらかい	中位の	かたい	非常に かたい	固結した
N値	2以下	2～4	4～8	8～15	15～30	30以上
粘着力C	12以下	12～25	25～50	50～100	100～200	200以上

5-3-2. 地盤定数の設定根拠

(1) 第2層：砂

この層は、N値=8の砂質土として評価する。

- ・単位体積重量(γ_t)：表5-5の自然地盤の「砂質土：緩いもの」として、

$\gamma_t = 17 \text{ (kN/m}^3\text{)}$ を提案する。

- ・粘着力(C)：砂質土のため粘着力 $C=0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ を提案する。

- ・内部摩擦角(ϕ)：5-4式(建築基礎構造設計指針)より、 $N=8$ を代入し、

$$\phi = 15 + \sqrt{20 \cdot N} = 27.6 \div 27^\circ \text{ を提案する。}$$

- ・変形係数(E)：当社既存データを考慮し、 $E=700N \text{ (沖積層)}$ より換算し、

$E=5600 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ を提案する。

(2) 第3層：シルト

この層は、N値=0の粘性土として評価する。

- ・単位体積重量(γ_t)：土質試験結果の平均値より、 $\gamma_t = 14 \text{ (kN/m}^3\text{)}$ を提案する。

- ・粘着力(C)：5-2式より、一軸圧縮試験結果 q_u の平均値を代入し、

$$C = 1/2 q_u = 57.7 \div 57 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ を提案する。}$$

- ・内部摩擦角(ϕ)：粘性土のため内部摩擦角(ϕ)は 0° を提案する。

- ・変形係数(E)： $N=0$ での試験値、 $E=302 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ を提案する。

(3) 第4層：シルト質砂

この層は、N値=2の砂質土として評価する。

- ・単位体積重量(γ_t)：表5-5の自然地盤の「砂質土：緩いもの」として、

$\gamma_t = 17 \text{ (kN/m}^3\text{)}$ を提案する。

- ・粘着力(C)：N値5以下のため粘着力も提案する。5-3式 $C=6N$ に N 値=2を代入し、粘着力(C)は $12 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ を提案する。

- ・内部摩擦角(ϕ)：N値5以下のため図5-2グラフより、内部摩擦角(ϕ)は 20° を提案する。

- ・変形係数(E)：当社既存データを考慮し、 $E=700N \text{ (沖積層)}$ より換算し、

$E=1400 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ を提案する。

(4)第5層：シルト

この層は、N値=0の粘性土として評価する。

- ・単位体積重量(γ_t)：土質試験結果の平均値より、 $\gamma_t=16(\text{kN/m}^3)$ を提案する。
- ・粘着 力(C)：5-2式より、一軸圧縮試験結果 q_u の平均値を代入し、
 $C=1/2q_u=71.9 \div 71(\text{kN/m}^2)$ を提案する。
- ・内部摩擦角(ϕ)：粘性土のため内部摩擦角(ϕ)は 0° を提案する。
- ・変形係数(E)：N=0での試験値、 $E=302(\text{kN/m}^2)$ を提案する。

(5)第6層：砂

この層は、N値=33の砂質土として評価する。

- ・単位体積重量(γ_t)：表5-5の自然地盤の「砂及び砂礫：密なもの」として、
 $\gamma_t=20(\text{kN/m}^3)$ を提案する。
- ・粘着 力(C)：砂質土のため粘着力(C)は $0(\text{kN/m}^2)$ を提案する。
- ・内部摩擦角(ϕ)：5-4式(建築基礎構造設計指針)より、N=33を代入し、
 $\phi = 15 + \sqrt{20 \cdot N} = 40.7 \div 40^\circ$ を提案する。
- ・変形係数(E)：当社既存データを考慮し、 $E=1000\text{N}$ (洪積層)より換算し、
 $E=33000(\text{kN/m}^2)$ を提案する。

(6)第7層：粘土

この層は、N値=10の粘性土として評価する。

- ・単位体積重量(γ_t)：表5-5の自然地盤の「粘性土：密なもの」として、
単位体積重量 γ_t は $18(\text{kN/m}^3)$ を提案する。
- ・粘着 力(C)：5-3式 $C=6\text{N}$ にN値=10を代入し、粘着力(C)は $60(\text{kN/m}^2)$ を提案する。
- ・内部摩擦角(ϕ)：粘性土のため内部摩擦角(ϕ)は 0° を提案する。
- ・変形係数(E)：当社既存データを考慮し、 $E=1000\text{N}$ (洪積層)より換算し、
 $E=10000(\text{kN/m}^2)$ を提案する。

(7)第8層：砂

この層は、N値=36の砂質土として評価する。

- ・単位体積重量(γ_t)：表5-5の自然地盤の「砂及び砂礫：密なもの」として、
 $\gamma_t=20(\text{kN/m}^3)$ を提案する。
- ・粘着 力(C)：砂質土のため粘着力(C)は $0(\text{kN/m}^2)$ を提案する。
- ・内部摩擦角(ϕ)：5-4式(建築基礎構造設計指針)より、N=36を代入し、
 $\phi = 15 + \sqrt{20 \cdot N} = 41.8 \div 41^\circ$ を提案する。
- ・変形係数(E)：当社既存データを考慮し、 $E=1000\text{N}$ (洪積層)より換算し、
 $E=36000(\text{kN/m}^2)$ を提案する。

(8)第9層：砂礫

この層は、N値=47の礫質土として評価する。

- ・単位体積重量(γ_t): 表5-5の自然地盤の「砂及び砂礫：密なもの」として、

$\gamma_t=20(\text{kN/m}^3)$ を提案する。

- ・粘 着 力(C): 砂質土のため粘着力(C)は $0(\text{kN/m}^2)$ を提案する。

- ・内 部 摩 擦 角(ϕ): 5-4式(建築基礎構造設計指針)より、N=47を代入し、

$$\phi = 15 + \sqrt{20 \cdot N} = 45.6 \approx 45^\circ \text{を提案する。}$$

- ・変 形 係 数(E) : 当社既存データを考慮し、E=1000N(洪積層)より換算し、
E=47000(kN/m^2)を提案する。

液状化簡易判定結果 (建築基礎構造設計指針 (新))

※-1/2* No. BotNo. 1

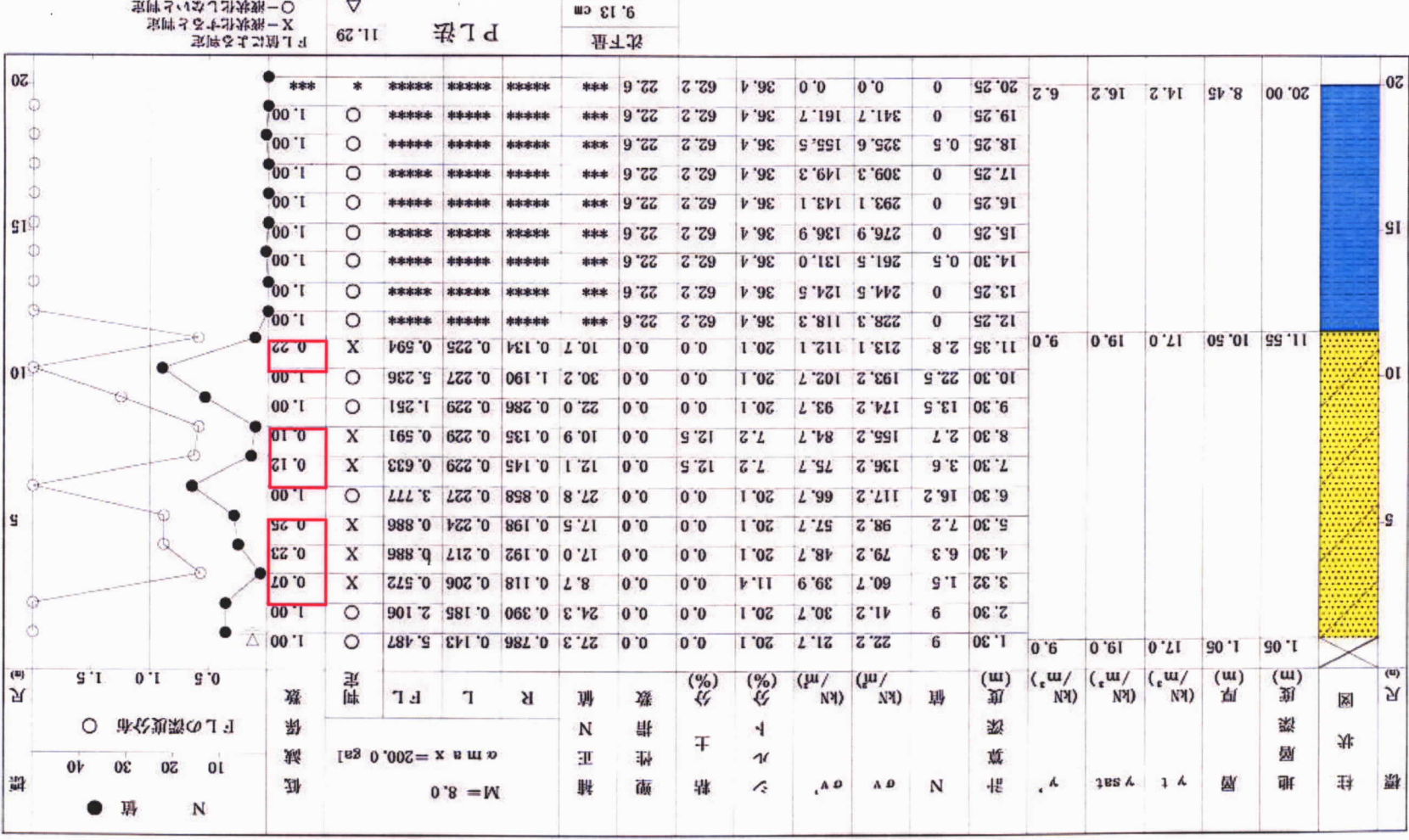
地下水位: GL-0.80m

F 1 類による判定
X - 液状化すると判定
O - 液状化しないと判定
P 1 法による判定
X - $P > 1.5$
液状化危険度が極めて高い
O - $1.5 \leq P < 5$
液状化危険度が低い
△ - $P \leq 5$
液状化危険度が低い

表5-10 判定結果表 (BorNo.2)

液状化簡易判定結果 (建築基礎構造設計指針 (新))

件名: 西部環境工場代替施設建設に伴う地質調査業務委託
 地盤標準: 3.33m
 地下水位: GL- 1.25m



PL 法による判定
 X-液状化すると判定
 O-液状化しないと判定
 PL 法による判定
 X-PL > 15
 Δ-15 ≤ PL < 5
 O-PL ≤ 5
 液状化危険度が極めて高い
 液状化危険度が高い
 液状化危険度が低い