

地盤調査報告書

【ボーリング調査】

物件名

調査場所

アースダイブ株式会社

◆ 調査概要

小規模建物建築工事においては、敷地の地盤状況を的確に把握し、建物部分の構造と地盤特性に合った適切な地盤工事を施すことが大変に重要です。そのためには、あらゆる角度から地盤に関する情報を収集し、基礎仕様について総合的多角的な検討をしなければなりません。

一般的には「地盤調査＝機械調査によって数値的なデータをとる事」と考えられがちですが、本来は当該地域の形状や周辺地域における過去の調査資料、あるいは建築予定地周辺に見られる軟弱地盤の兆候等、地盤に関する様々な情報を把握した上で、スウェーデン式サウンディング試験(JIS A 1221)等の機械調査を適切に実施することとされています(「建築基礎設計のための地盤調査計画指針」日本建築学会)。

調査件名 : _____
調査場所 : _____
現地調査期間 : 平成26年1月27日(月)～平成26年1月31日(金)
室内土質試験終了日 : 平成26年2月12日(水)
調査項目 : ボーリング調査・孔内水平載荷試験・室内土質試験
調査担当者 : _____

アースダイブ株式会社

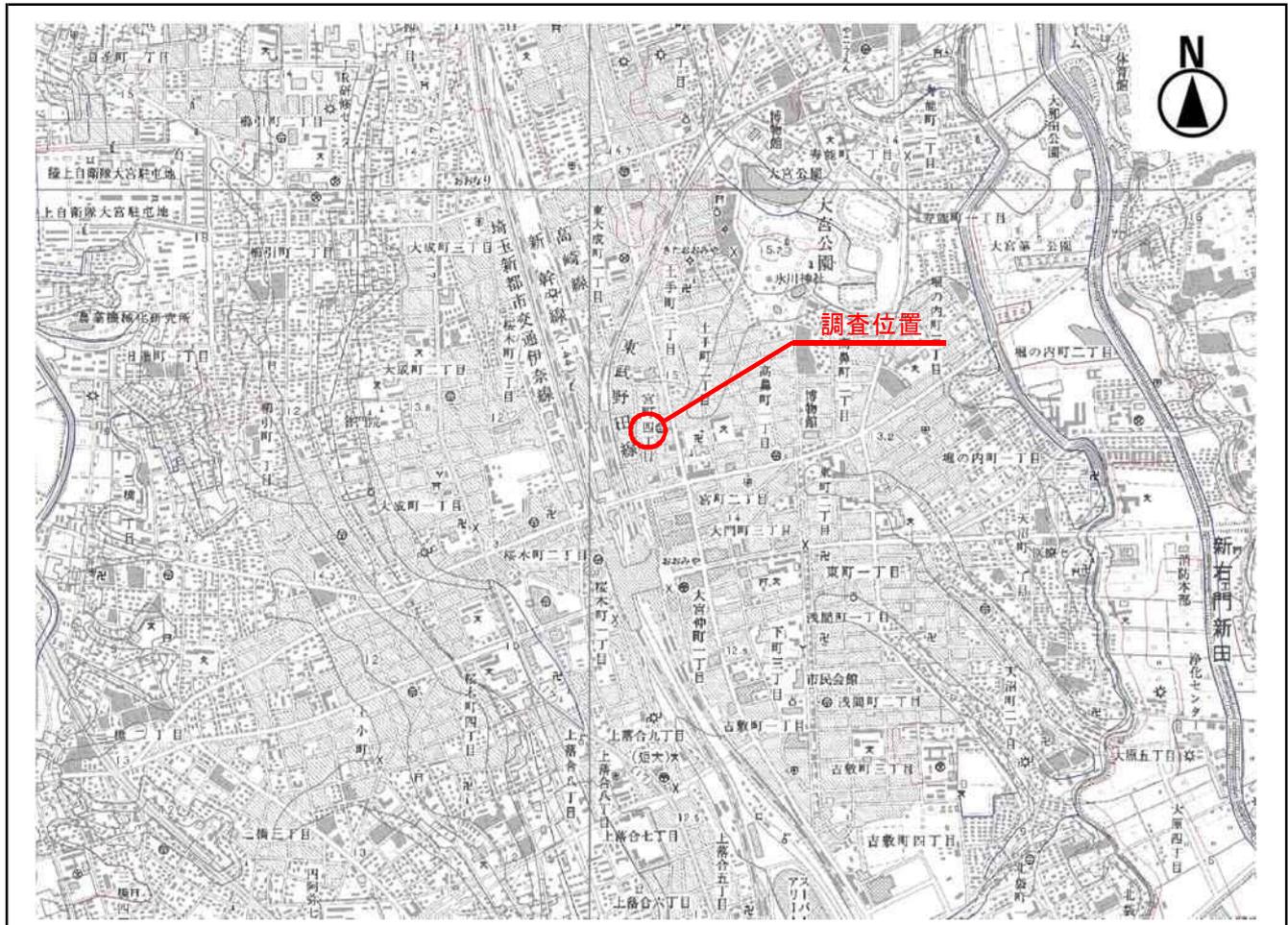
考察者：福土琢磨

〒170-0002東京都豊島区巣鴨1-11-2 巣鴨陽光ハイツ215号

TEL 03-5981-9590 FAX 03-5981-9589

t.fukudo@gmail.com

◆ 調査地案内図



出典：国土地理院発行1/25,000地形図「大宮」「鴻巣」に一部加筆

総合地盤調査判定書

物件概要 (■ 予定 □ 決定)	
建設会社	
物件名称	
物件住所	
計画建物	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 鉄骨 <input type="checkbox"/> S造 <input checked="" type="checkbox"/> RC (予定)
建物詳細	5 階 , 100 kN/m ² , [一部 kN/m ²]
基礎形状	<input type="checkbox"/> べた <input type="checkbox"/> 布基礎 <input type="checkbox"/> 独立基礎 <input type="checkbox"/> その他
設計GL, 根入	KBM = SGL mm , 根入れ ~ mm
既存建物	<input type="checkbox"/> 建物有 [] <input checked="" type="checkbox"/> 建物無 [更地]
新規盛土	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 厚さ ~ m 施工時期 未定
既往盛土	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 厚さ 0.50 ~ 0.50 m 経過年数 不明
新規擁壁	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 高さ ~ m 施工時期
既往擁壁	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 高さ ~ m 経過年数

地盤調査判定担当	
地盤調査会社	アースダイブ株式会社
調査試験終了日	平成26年2月12日(水)
調査担当者	中川 晴夫・柴田 護
調査者資格	地質調査技士
判定実施日	平成26年2月14日(金)
判定担当者	福土 琢磨
判定者資格	一級土木施工, 地質調査技士, 住宅地盤調査主任技士, 地すべり防止工事士
判定者連絡先	〒170-0002東京都豊島区巢鴨1-11-2 巢鴨陽光ハイツ215号 携帯: 080-4469-2910 電話: 03-5981-9590 FAX: 03-5981-9589 Mail: t.fukudo@gmail.com

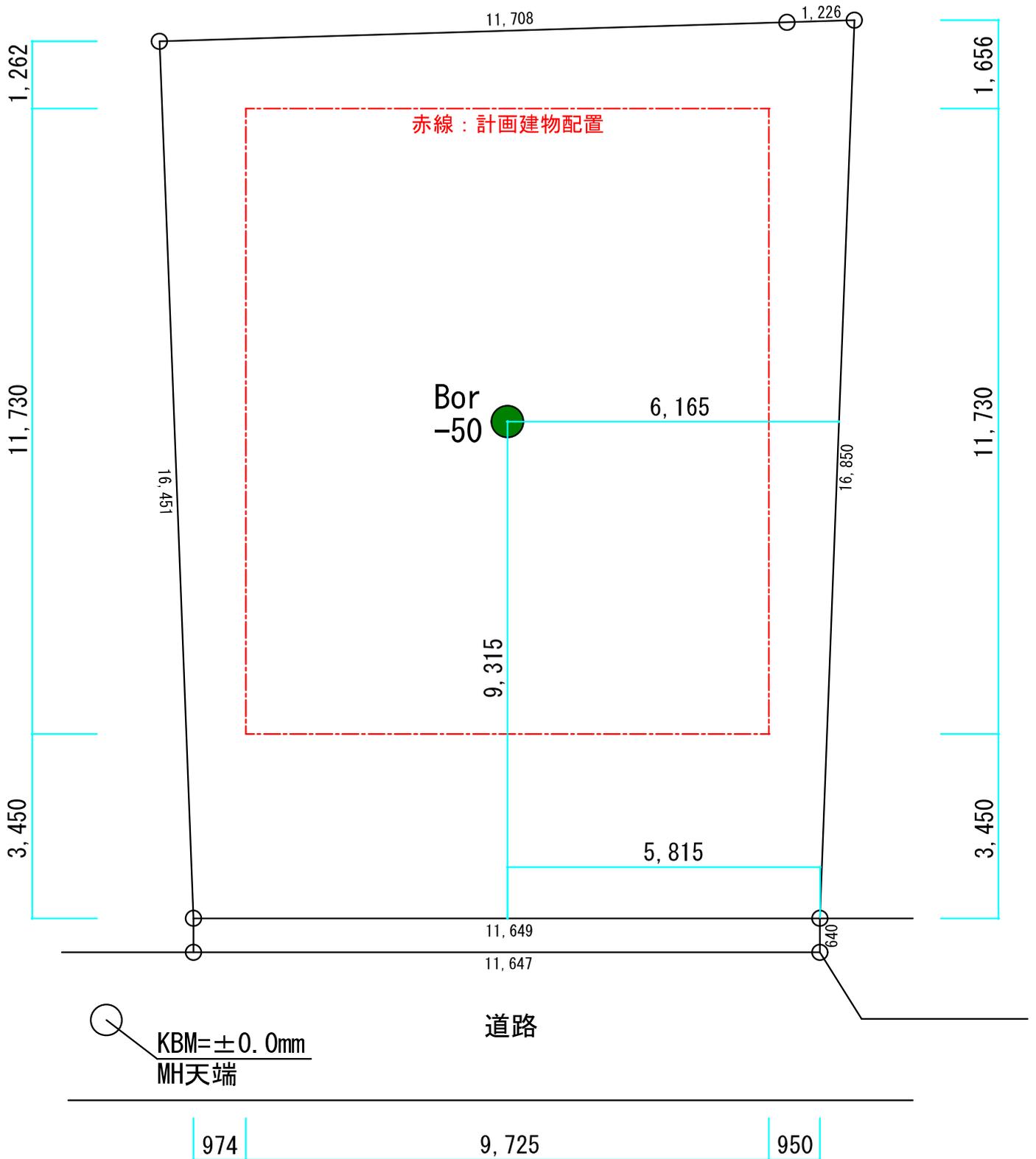
総合地盤判定結果		
直接基礎		べた基礎 [kN/m ²]
		布基礎 [kN/m ²]
		独立基礎 [kN/m ²]
		その他 [kN/m ²] [kN/m ²]
地盤改良杭基礎		表層地盤改良工法 ()
		湿式柱状改良工法 ()
		小口径鋼管工法 ()
	●	その他 (場所打ち杭 L=21m) — 仮定による試算です
再検討提案		

※ 記号凡例 ○: 最も適している △: 適用にあたって注意事項あり 記載なし: 適用不可

● 判定根拠	
調査試験方法	■ SWS試験 ■ ボーリング試験 □ 平板載荷試験 ■ その他 孔内水平載荷試験] ■ 室内土質試験 (□ 三軸圧縮試験 ■ 圧密試験 ■ その他 [粒度試験])
地盤構成	地盤構成 盛土及び更新世のローム・砂・粘土の互層からなり、形成環境の違いから20の地層に区分できます。
	支持地盤 構造物の荷重規模 (RC造5F建て) と比較すると、深度19.9m以深に分布する中部砂質土1層が支持地盤として適していると判定します。
	基礎形式 中部砂質土1層の分布深度が深いことから、杭基礎が妥当と判定します。
基礎工法	工法 地盤条件から、深度21mの杭基礎が適切と判定します。杭基礎の工法は、中間層の条件や施工条件 (搬入路が狭い市街地であること、杭長が21mと長いこと) から、場所打ち杭が適していると判定します。
	根拠① ボーリング調査及び室内土質試験結果を用いた支持力計算の結果、新設構造物の安定に必要なと考えられる支持力が確保できる見込みが大きい結果が得られました。
	根拠② ボーリング調査及び室内土質試験結果を用いた荷重計算を行った結果、圧密が懸念される粘性土層の圧密降伏応力が、建物施工後に粘性土層にかかる荷重を上回る結果が得られたため、圧密沈下の生じる可能性が低いことが確認できました。

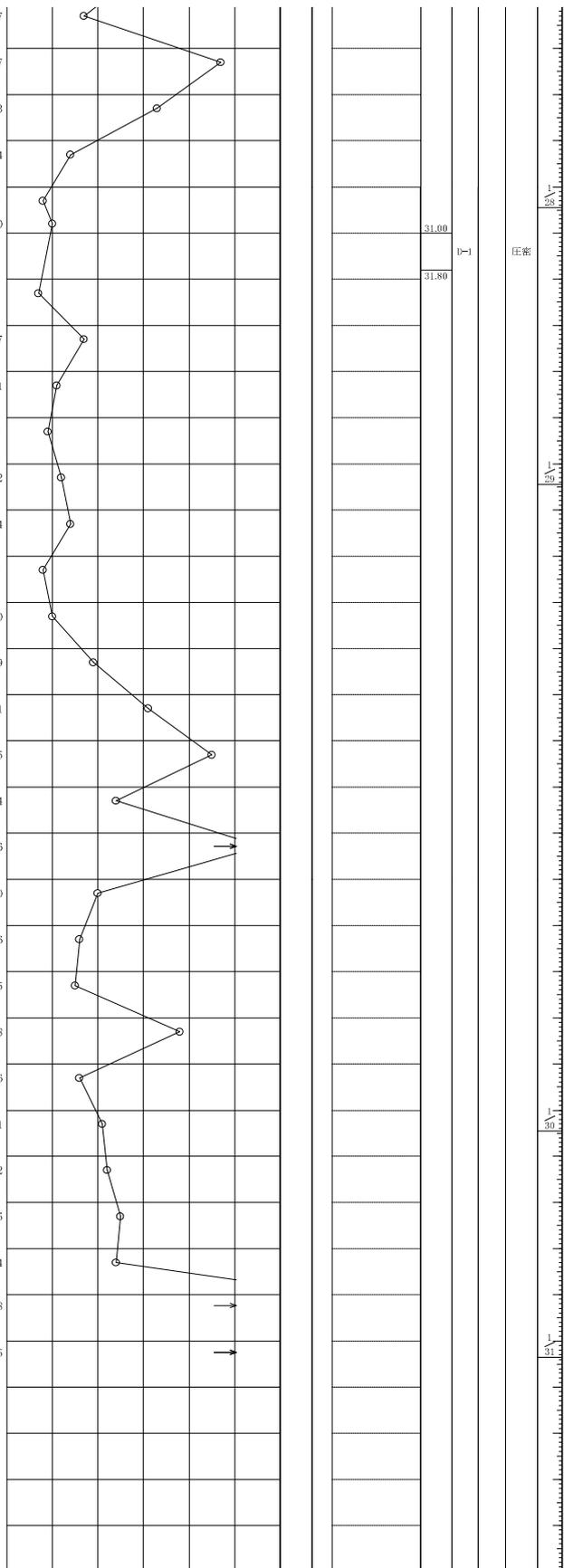
● 設計施工上の留意事項等	
[留意点]	液状化対応について 中間層に液状化層が分布するため、杭の水平力を低減するとともに、地震時の杭の破断に配慮して杭径を設定する必要があります。
	圧密沈下対応について 盛土や周辺で揚水による地下水位低下が確実な場合は、圧密試験結果を用いて杭に作用する負の摩擦力の影響を確認する必要があります。
	支持層の凹凸について 支持地盤の分布深度が不規則な可能性があるため、施工時にはトルクチェック等により杭先端の強度確認が必要です。
	基礎設計について 基礎工の設計にあたっては、上部荷重・基礎面積・工程・コスト・施工条件等に応じた杭の深度・杭径・ピッチの比較検討が必要です。

※ 盛土、擁壁新設などの人工改変が行われた場合、地盤判定の再検討が必要となりますので事前に担当者までご連絡ください。
 ※ 積雪荷重、基礎根入れ深さは建設予定地の法令・条例などに拠る適切なものとしてください。



27	-27.15	1.20	27.10	硬質シルト	暗灰	シルト質細砂不規則に挟む腐植物少量混入する
	-27.55	0.40	27.50	シルト質細砂	暗灰	硬質シルト不規則に挟む
28	-28.15	0.60	28.10	砂質シルト	暗灰	シルト質細砂不規則に挟む
29				貝殻混じりシルト質細砂	暗灰	所々貝殻片多く混入する粒径不均一29.00m付近シルト分多い
30	-30.25	2.10	30.20	シルト	暗灰	貝殻混じりシルト質細砂不規則に挟む含水低位、粘性弱い
31	-31.95	1.70	31.90	砂質シルト	暗灰	シルト質細砂不規則に挟む貝殻片少量混入する
32	-32.55	0.60	32.50	シルト	暗灰	シルト質細砂不規則に挟む貝殻片少量混入する
33	-33.25	0.70	33.20	砂質シルト	暗灰	粒径不均一、貝殻片少量混入する砂質シルト不規則に挟む
34				砂質シルト	暗灰	
35				砂質シルト	暗灰	シルト質細砂不規則に挟む貝殻片少量混入する粘性は弱い
36				シルト	暗灰	
37				シルト	暗灰	
38	-37.85	4.60	37.80	シルト	暗灰	ほぼ均質状である少量のシルト質細砂不規則に挟む腐植物少量混入する含水低位
39	-39.75	1.90	39.70	粘土質シルト	暗灰	腐植物混入する含水低位
40	-40.75	1.00	40.70	シルト質細砂	暗灰	粒径不均一、砂質シルト層に挟む41.60m付近礫点存在する
41	-41.75	1.00	41.70	シルト	暗灰	腐植物少量混入する、下部砂混じる
42	-42.25	0.50	42.20	細砂	暗灰	42.20~42.35m間シルト質細砂粒径不均一
43	-42.95	0.70	42.90	砂質シルト	暗灰	43.05~43.15m間細砂挟む下部砂混じる
44	-43.95	1.00	43.90	細砂	暗灰	シルト混じる砂質シルト薄状に挟む
45	-44.85	0.90	44.80	砂質シルト	暗灰	44.50~44.70m間硬質シルト挟む
46				砂質シルト	暗灰	45.00~45.15m間シルト質細砂シルト質細砂不規則に挟む腐植物少量混入する粘性は弱い
47	-47.45	2.60	47.40	細砂	暗灰	粒径不均一
48	-48.45	1.00	48.40	シルト	暗灰	48.00~48.20m間砂質シルト挟む
49				シルト	暗灰	
50				シルト	暗灰	ほぼ均質である上部緑色帯びる腐植物少量混入する、砂混じる多少の色調変化有り硬質~固結状を呈す粘性は弱い
51				シルト	暗灰	
52	-52.75	4.30	52.70	シルト質細砂	暗灰	砂質シルト不規則に挟む粒径不均一
53	-53.65	0.90	53.60	細砂	暗灰	粒径不均一、含水中位55.00m付近緑色帯びる
54				細砂	暗灰	
55	-55.40	1.75	55.35			
56						
57						
58						
59						

26.45				17
27.15	13	17	17	47
27.45				30
28.15	11	11	11	33
28.45				33
29.15	3	4	7	14
29.45				30
30.15	2	3	3	8
30.45				30
30.65	3	3	4	10
30.95				30
32.15	2	2	3	7
32.45				30
33.15	5	5	7	17
33.45				30
34.15	3	3	5	11
34.45				30
35.15	3	3	3	9
35.45				30
36.15	3	4	5	12
36.45				30
37.15	4	4	6	14
37.45				30
38.15	2	3	3	8
38.45				30
39.15	3	3	4	10
39.45				30
40.15	6	6	7	19
40.45				30
41.15	5	10	16	31
41.45				30
42.15	9	11	25	45
42.45				30
43.15	7	8	9	24
43.45				30
44.15	15	20	15	50
44.42				27
45.15	5	6	9	20
45.45				30
46.15	4	5	7	16
46.45				30
47.15	3	7	5	15
47.45				30
48.15	12	15	11	38
48.45				30
49.15	5	5	6	16
49.45				30
50.15	6	7	8	21
50.45				30
51.15	7	7	8	22
51.45				30
52.15	7	8	10	25
52.45				30
53.15	7	8	9	24
53.45				30
54.15	25	25	7	50
54.32				17
55.15	23	27		50
55.35				20



土質試験結果一覧表 (基礎地盤)

調査件名

整理年月日 2014-02-12

整理担当者 柴田 護

試料番号 (深さ)		P-1 (7.15~7.47m)	P-2 (10.15~10.45m)	P-3 (15.15~15.45m)	P-4 (19.15~19.45m)	T-1 (31.00~31.80m)
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm ³					1.638
	乾燥密度 ρ_d g/cm ³					1.059
	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³					2.688
	自然含水比 w_n %					55.4
	間隙比 e					1.539
	飽和度 S_r %					95.7
粒度	石分 (75mm以上) %					
	礫分 ¹⁾ (2~75mm) %	0.3	13.1	0.6	0.7	
	砂分 ¹⁾ (0.075~2mm) %	67.1	75.5	88.2	87.3	
	シルト分 ¹⁾ (0.005~0.075mm) %	32.6	11.4	11.2	12.0	
	粘土分 ¹⁾ (0.005mm未満) %					
	最大粒径 mm	4.75	9.5	4.75	4.75	
	均等係数 U_c	-	-	-	-	
D_{20} mm	-	0.153	0.158	0.161		
コンシステンシー特性	液性限界 w_L %					
	塑性限界 w_p %					
	塑性指数 I_p					
分類	地盤材料の分類名	細粒分質砂	細粒分礫まじり砂	細粒分まじり砂	細粒分まじり砂	
	分類記号	(SF)	(S-FG)	(S-F)	(S-F)	
圧密	試験方法					段階載荷
	圧縮指数 C_c					0.690
	圧密降伏応力 p_c kN/m ²					1773.8
一軸圧縮	一軸圧縮強さ q_u kN/m ²					
せん断	試験条件					
	全応力	c kN/m ²				
		ϕ °				
	有効応力	c' kN/m ²				
ϕ' °						

特記事項

1) 石分を除いた75mm未満の土質材料に対する百分率で表す。

[1kN/m² ≒ 0.0102kgf/cm²]

図 孔内水平載荷試験整理図

調査名・地点：

試験孔(測点)番号：No.1

測定深度(中心深度)：GL -4.00 m

試験者氏名：大山精

試験年月日：2014年1月27日

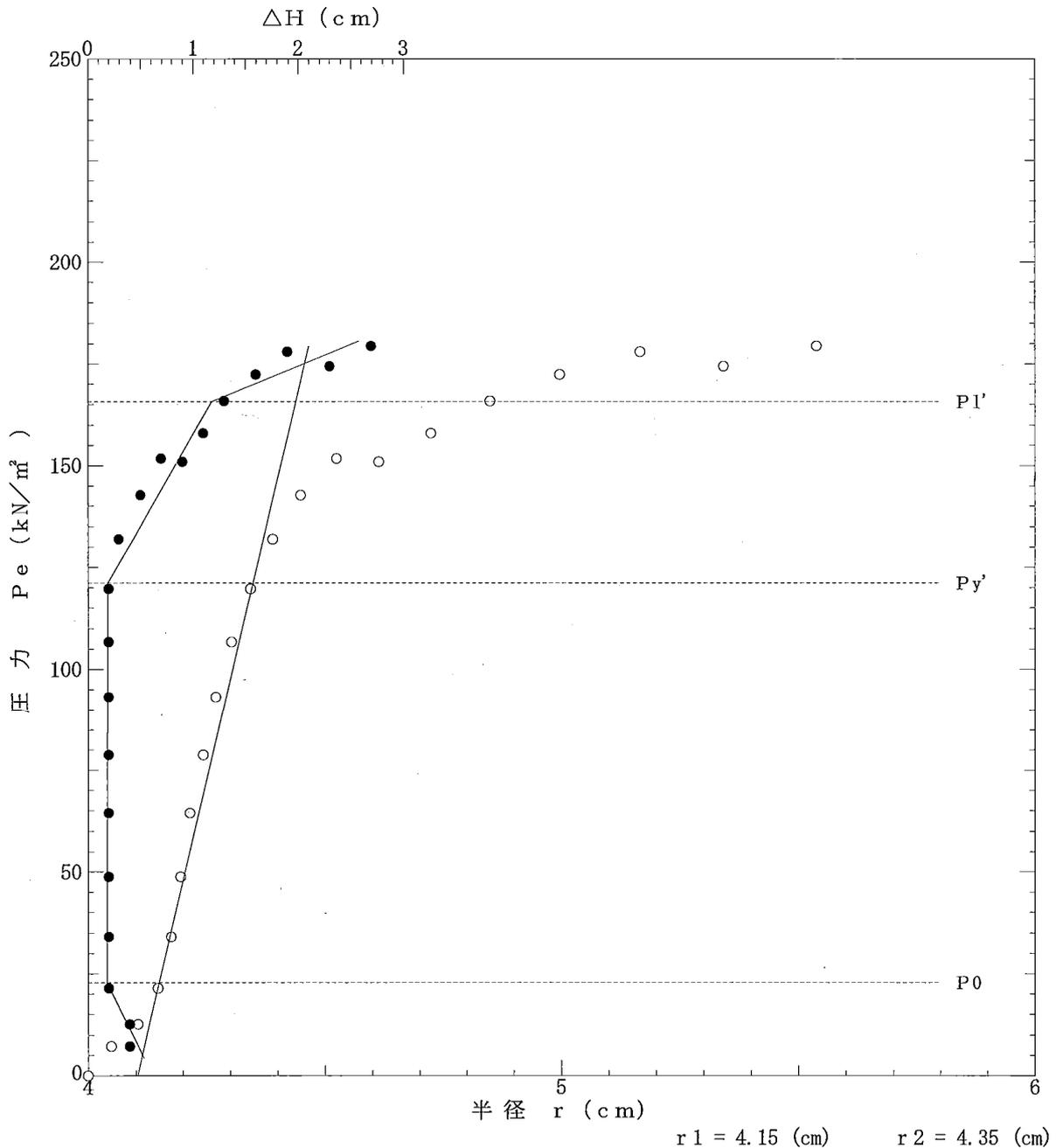
自然水位：GL -2.75 m

孔内水位：GL -2.75 m

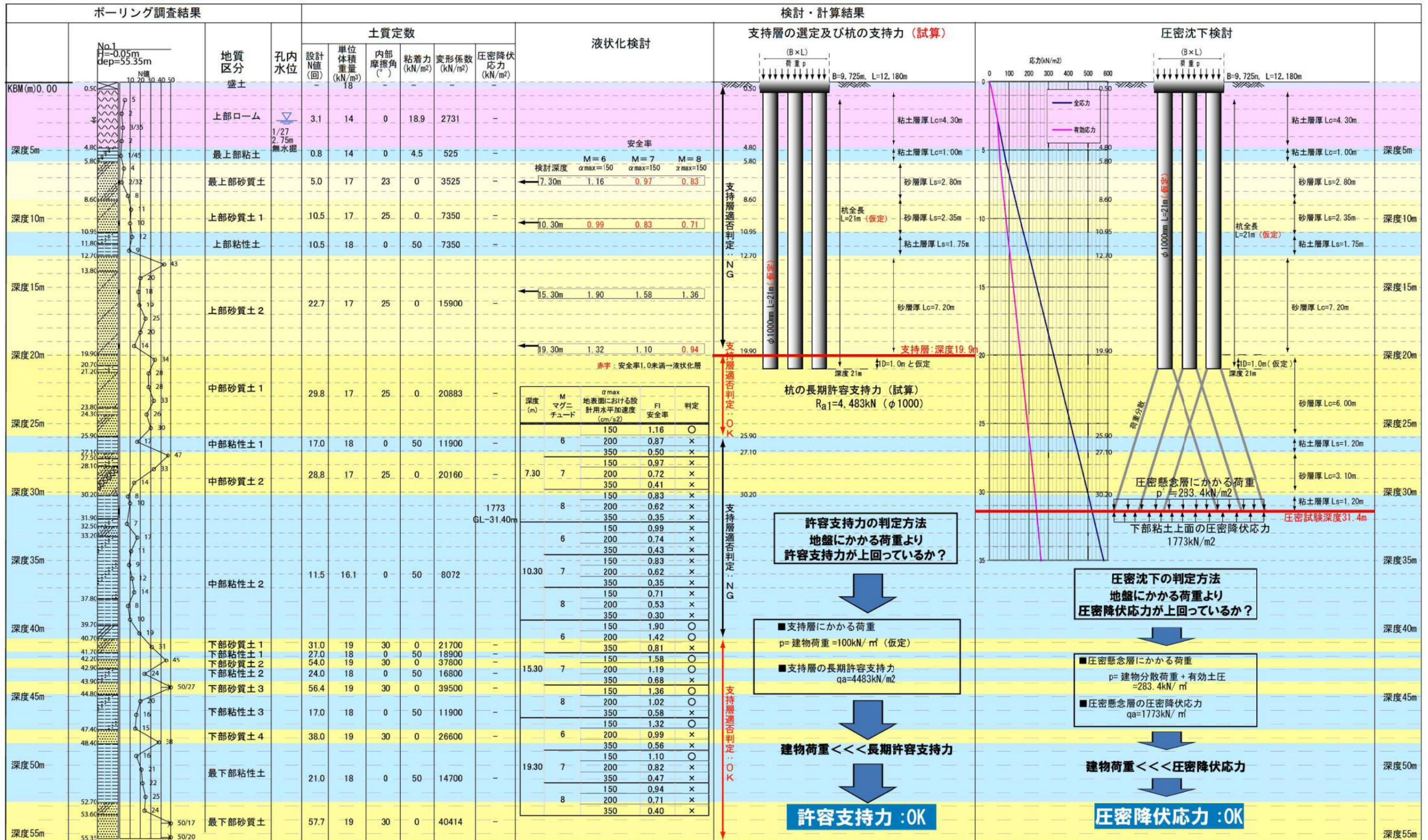
【備考】

ローム N値 2/30

静止土圧 P_0	降伏圧 P_y	破壊圧 P_l	地盤係数 K_m	弾性係数 E_m	中間半径 r_m
kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	MN/m^3	MN/m^2	cm
22.70	98.41	142.98	49.429	2.731	4.25

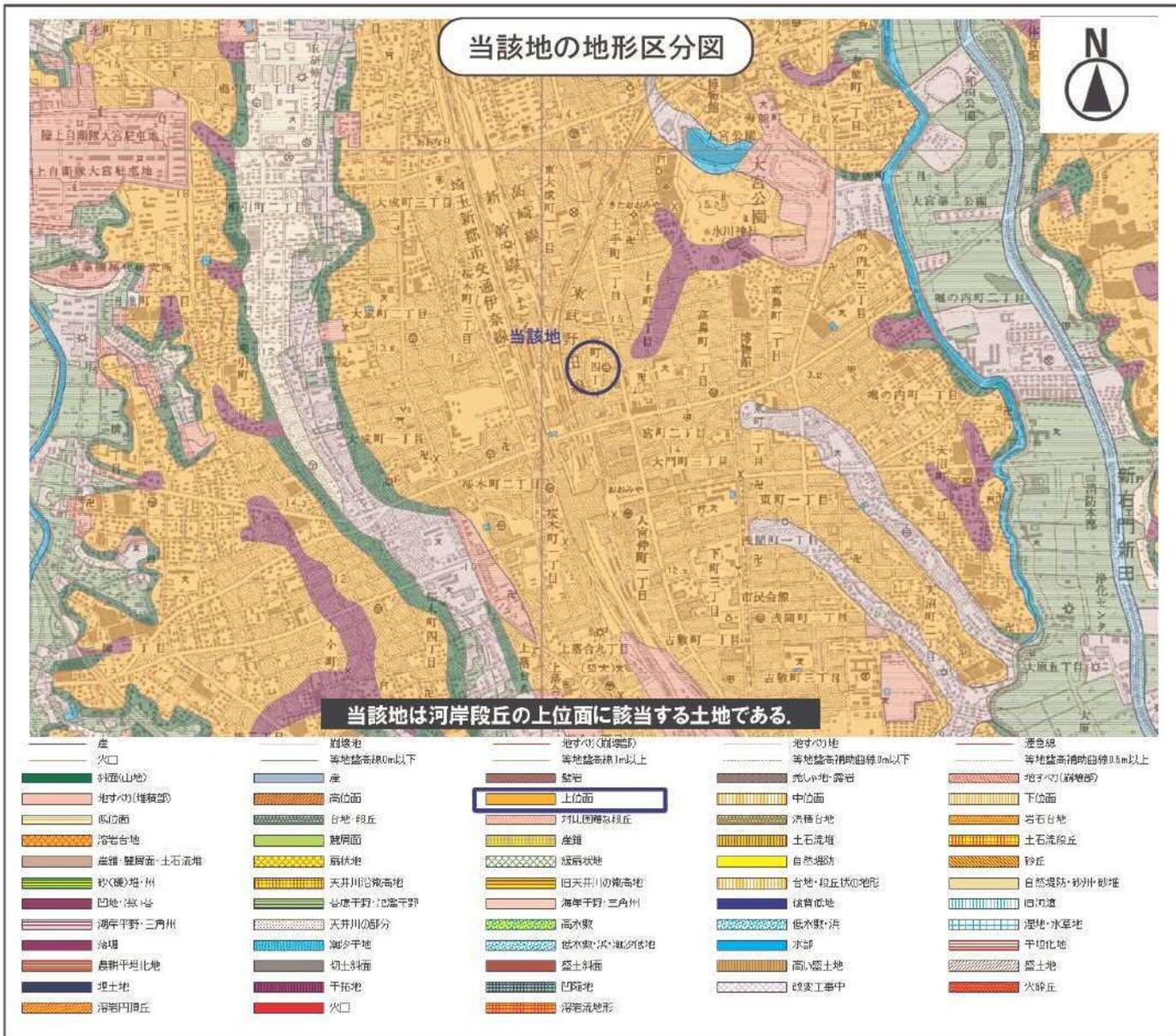


□ 地耐力検討結果



□ 地耐力検討結果の方法と見方

土質定数の検討	支持層の選定条件	液状化・支持力・圧密沈下検討方法	設計施工上の留意事項
<ul style="list-style-type: none"> 土質定数の参考図書: 設計基準(NEXCO東日本・中日本・西日本) 粘性土の粘着力はN値との一般的な関係式$c=6N$と公的機関の設計基準値を比較して低いほうの値を採用しました。 砂質土の内部摩擦角は、N値との一般的な関係式$\phi=15+\sqrt{(15 \cdot N)}$と公的機関の設計基準値を比較して低い値を採用しました。 	<ul style="list-style-type: none"> 参考図書: 実務からみた基礎構造設計(上野嘉久 2006) 建物規模: RC5F 支持層の条件 <ul style="list-style-type: none"> 砂質土: N値20以上 層厚3m以上 粘性土: N値10以上 層厚3m以上 	<ul style="list-style-type: none"> 建築基礎構造設計指針(日本建築学会, 2001)で定められている方法に準拠して行っています。 杭の仕様や深度は全て仮定の条件で、コスト比較を考慮した杭の工法選定は行っていません。 	<ul style="list-style-type: none"> ☆中間層に液状化層が分布するため、杭の水平力を低減するとともに、地震時の杭の破断に配慮して杭径を設定する必要があります。 ☆盛土や周辺で揚水による地下水位低下が確実な場合は、圧密試験結果を用いて杭に作用する負の摩擦力の影響を確認する必要があります。 ☆支持地盤の分布深度が不規則な可能性があるため、施工時にはトルクチェック等により杭先端の強度確認が必要です。 ☆基礎工の設計にあたっては、上部荷重・基礎面積・工程・コスト・施工条件等に応じた杭の深度・杭径・ピッチの比較検討が必要です。



付図-3 当該地の地形概要

資 料

- ・ 検討計算書
- ・ 孔内水平載荷試験データシート
- ・ 室内土質試験データシート
- ・ 調査試験仕様
- ・ 現場記録写真
- ・ 室内土質試験記録写真

検討計算書

1. 検討事項

本検討では、当該建築計画に対し、ボーリング調査及び室内土質試験結果を用いて、基礎設計計画に関する地耐力の概略検討を行った。検討結果は、前掲の付図-2に示した。

以下、付図-2に記した設計定数検討結果の計算過程の一例を記す。

2. 設計用土質定数

地耐力検討に用いる設計用土質定数は、設計N値、単位体積重量、粘着力、内部摩擦角及び圧密降伏応力について設定した。設定方法は、ボーリングの結果確認された土質及びN値より、公的機関の設計基準等で定められている土質定数表や、N値との相関式を用いて地質区分ごとに定めた。

以下、各定数の設定方法を記す。

(1) 設計N値 N (回)

- ・標準貫入試験結果について、 10cm 貫入量毎の打撃回数を3倍した値を求め、平均値を算出して採用した。
- ・盛土については、人工的な土構造物のため地盤の不均質性に配慮し、最低 N 値を採用した。

(2) 単位体積重量 γ (kN/m^3)

- ・土質試験を行った地質区分については、湿潤密度試験で得た値の平均値に重力加速度 $9.8\text{kN}/\text{m}^2$ を乗じ、小数点以下第1位で四捨五入した値とした。
- ・土質試験を行っていない地質区分については、設計要領 (NEXCO東日本) の一般的な土質定数表と、当該地の地質区分を対比検討し、採用した。

(3) 粘着力 c (kN/m^2)

- ・砂質土は期待できないものとして0とした。
- ・土質試験を行った地質区分については、三軸圧縮強度試験で得た値を採用した。
- ・土質試験を行っていない地質区分については、設計要領 (NEXCO東日本) の一般的な土質定数表による粘着力と、設計N値より $c=6N$ (地盤工学会) の相関式で求めた粘着力を比較し、低いほうの値を採用した。

(4) 内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)

- ・粘性土は期待できないものとして0とした。
- ・土質試験を行った地質区分については、三軸圧縮強度試験で測定した値を採用した。
- ・土質試験を行っていない地質区分については、設計要領 (NEXCO東日本) の一般的な土質定数表による粘着力と、設計N値より $\phi=15+\sqrt{15N}$ (地盤工学会) の相関式で求めた粘着力を比較し、低いほうの値を採用した。

(5) 圧密降伏応力 P_c (kN/m^2)

- ・圧密試験を行った地質区分については、試験結果をそのまま採用した。
- ・圧密試験を行っていない地質区分については設定していない。

(6) 変形係数 E (kN/m^2)

- ・孔内水平載荷試験を行った地質区分については、試験結果の数字を有効数字2桁で丸めた。
- ・孔内水平載荷試験を行っていない地質区分については、設計N値より一般的な換算式 $E=700N$ を用いて設定した。

(7) 細粒分含有率 $F_c(\%)$

- ・粒度試験で得た粘土分およびシルト分の含有率の合計値を採用した。

3. 荷重

現状（建物施工前）の有効土被り圧は、全土被り圧と間隙水圧の差である。地盤が一様で、間隙水圧が静水圧分布と仮定すると、有効土被り圧は次の式(1)で求められる。

$$\sigma'_{1z} = \gamma \cdot H_1 + \gamma'(z - H_1) \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

ここに、

- σ'_{1z} : 有効土被り圧(kN/m^2)
- γ : 地盤の湿潤単位体積重量(kN/m^3)
- γ' : 地盤の水中単位体積重量(kN/m^3)
- z : 地表面からの深さ(m)
- H_1 : 地下水位(m)

式(1)のパラメータは、各々下記の通りとした。

・ γ

一般的に知られている経験値と対比して設定した。下部粘土は、土質試験結果に重力加速度を乗じ小数点第二位で四捨五入した値を採用した。

・ γ'

設定した γ より水の単位体積重量を $9.8(kN/m^3)$ として差し引いた値とした。

・ z

検討深度は、支持力及び圧密沈下等の検討に必要な深度とした。

・ H_1

ボーリング掘削時に確認した水位を採用し、 $H_1 = 2.75 (m)$ とした。

例えば、現地盤面からの深度 $31.4 m$ における土被り圧は、上記の変数を式(1)に代入し、

$$\begin{aligned} \sigma'_{1z} &= \gamma \cdot H_1 + \gamma'(z - H_1) \dots \dots \dots \text{式(1)} \\ &= 18 \times 0.5 + 14.0 \times (2.75 - 0.50) + (14.0 - 9.8) \times (4.80 - 2.75) \\ &\quad + (14.0 - 9.8) \times (5.80 - 4.80) + (17.0 - 9.8) \times (8.60 - 5.80) \\ &\quad + (17.0 - 9.8) \times (10.95 - 8.60) + (18.0 - 9.8) \times (12.70 - 10.95) \\ &\quad + (17.0 - 9.8) \times (19.90 - 12.70) + (17.0 - 9.8) \times (25.90 - 19.90) \\ &\quad + (18.0 - 9.8) \times (27.10 - 25.90) + (17.0 - 9.8) \times (30.20 - 27.10) \\ &\quad + (16.1 - 9.8) \times (31.40 - 30.20) \\ &= 239.5 (kN/m^2) \end{aligned}$$

となる。有効土被り圧の計算結果を図-1に示す。

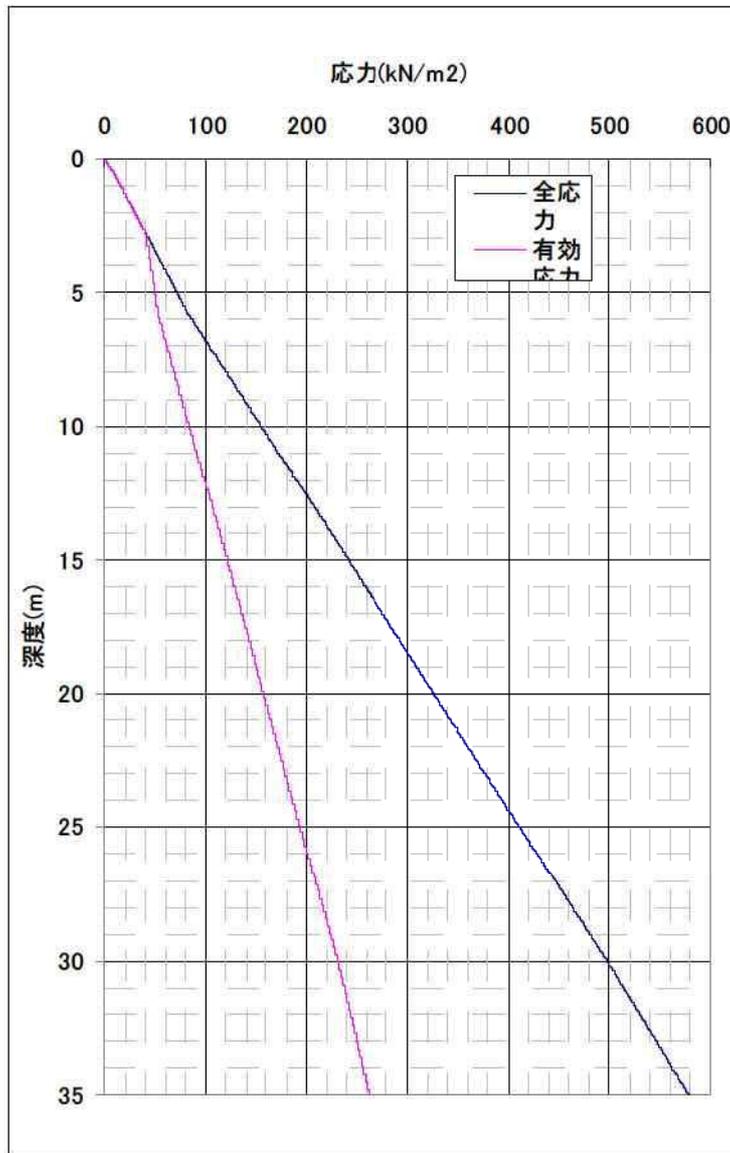


図-1 当該地の有効土被り圧

4. 杭の長期許容支持力

中部砂質土層を支持層とする杭基礎を採用した場合の杭の長期許容支持力を試算する。

杭の許容支持力は、建築基礎構造設計指針（日本建築学会）により、下記の式(2)で求められる。

$$R_{at} = (R_p + R_f) / 3 = (q_p A_p + (\tau_s L_s + \tau_c L_c) \psi) / 3 \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

ここに、

R_{at} : 杭の長期許容支持力(kN)

R_p : 極限先端支持力(kN)

R_f : 極限周面摩擦力(kN)

q_p : 極限先端支持力度(kN/m²)

砂質土の場合 : $q_p = 75N$ 粘性土の場合 : $q_p = 6 \cdot c$

N : 先端の上下 1D(直径)範囲の平均 N 値

c : 先端の上下 1D(直径)範囲の平均粘着力

A_p : 杭の断面積(m²)

τ_s : 砂質土地盤のせん断強さ(=10N/3)(kN/m²)

L_s : 砂地盤中の杭長(m)

τ_c : 砂質土地盤のせん断強さ(=c=6N)(kN/m²)

L_c : 粘土地盤中の杭長(m)

ψ : 杭の周長(m)

長さ 21m, 杭径 1000mm の場所打杭を計画した場合, 式(2)のパラメータは, 各々下記の通りとなる。

- q_p : 先端は砂質土のため, 中部砂質土の設計N値 30 より, $75 \times 30 = 2250$ (kN/m²)
- A_p : 1000mm と仮定し, $0.5^2 \times 3.14 = 0.785$ (m²)
- τ_s : 杭周面に分布する砂質土層の各々の平均 N 値から, 次の通りとした。
 - 最上部砂質土 : $10 \times 5 / 3 = 16.67$ (kN/m²)
 - 上部砂質土 1 : $10 \times 10.5 / 3 = 35$ (kN/m²)
 - 上部砂質土 2 : $10 \times 10.5 / 3 = 35$ (kN/m²)
- L_s : 杭周面に分布する砂質土層の各々の平均 N 値から, 次の通りとした。
 - 最上部砂質土 : 2.80(m)
 - 上部砂質土 1 : 2.35(m)
 - 上部砂質土 2 : 7.20(m)
- τ_c : 杭周面に分布する粘性土層の設計N値より, 各々下記の通りとした。
 - 上部ローム層 : $c = 18$ (kN/m²)
 - 最上部粘土層 : $c = 4$ (kN/m²)
 - 上部粘性土層 : $c = 6.3$ (kN/m²)
- L_c : 各々の層厚より, 下記の通りとした。
 - 上部ローム層 : 4.3m
 - 最上部粘土層 : 1.0m
 - 上部粘性土層 : 1.75m
- ψ : 杭径 1000mm より, $1.0 \times 3.14 = 3.14$ (m) とした。

以上を式(2)に代入すると下記の通りとなる。

$$\begin{aligned} R_{af} &= (R_p + R_f) / 3 = (q_p A_p + (\tau_s L_s + \tau_c L_c) \psi) / 3 \dots \dots \dots \text{式(2)} \\ &= (2250 \times 0.785 + (16.67 \times 2.80 + 35 \times 2.35 + 35 \times 7.20 + 18 \times 4.3 + 4 \times 4.3 + 63 \times 1.75) \times 3.14) / 3 \\ &= 4483.501 \end{aligned}$$

∴ 深度 21m・φ1000mm の杭の長期許容支持力 $R_{af} = 4483.5 \text{ kN}$

となる。

5. 中部粘性土層の圧密沈下

深度 21m の基礎杭を仮定した場合、杭下方に分布する中部粘性土層において荷重増加により圧密沈下が発生する可能性がある。このため、計画建築物施工後の増加荷重及び有効土被り圧の合計荷重と圧密降伏応力の関係を比較し、建築物施工後の圧密沈下の有無を検討する。

圧密試験を実施した深度 31.4m にかかる荷重は、建物荷重と深度 31.4m における有効土被り圧の合算値となる。

(1) 有効土被り圧

前掲した通り、深度 31.4m における有効土被り圧は、 $239.5kN/m^2$ となる。

(2) 建物荷重

建物荷重は、杭先端より下方へ $1/2$ の分散角で分散するものとする。杭の断面形状は円形であることから、矩形構造物の荷重分散式を円柱状構造物用に変形し、

$$\Delta p = p(d/2)^2 \cdot \pi / ((d/2 + z/2)^2 \cdot \pi) = Q / ((d+z)^2 / 4) \cdot \pi \dots\dots\dots \text{式(3)}$$

ここに、

Δp : 増加応力(kN/m^2)

p : 杭の設計支持力度(kN/m^2)

d : 杭径(m)

Q : 杭の軸力(kN /本) $Q = p \cdot (d/2)^2 \cdot \pi$

z : 杭先端から検討砂葉面までの距離 $z = (H_1 - D_f)$ (m)

H_1 : 分散荷重の検討深度(m)

D_f : 杭の根入れ深度(m)

当該案件で深度 21m の杭基礎を用いた場合、上記パラメータは各々次の通りと仮定する。

d : 1(m)

Q : 杭の軸力(kN /本) 前述したとおり、 $4483.5kN$ とした。

H_1 : 圧密試験を行った 31.4(m) とした。

D_f : 21(m) とした

z : $31.4 - 21.0 = 10.4$ (m) とした。

これらのパラメータを式(3)に代入すると、

$$\begin{aligned} \Delta p &= p(d/2)^2 \cdot \pi / ((d/2 + z/2)^2 \cdot \pi) = Q / ((d+z)^2 / 4) \cdot \pi \dots\dots\dots \text{式(3)} \\ &= 4483.5 / ((1+10.4)^2 / 4 \cdot \pi) \\ &= 43.9kN/m^2 \end{aligned}$$

となる。

(3) 圧密沈下の可能性

圧密試験を実施した中部粘性土2層の深度 31.4m にかかる荷重は、上記(1)および(2)の合計値 $239.5+43.9=283.4\text{kN/m}^2$ となる。

一方、当該地の圧密降伏応力は、圧密試験結果より 177.3kN/m^2 となる。

したがって、深度 21m の基礎杭を行った場合、計画建築物施工後の荷重が圧密降伏応力を下回ることから、計画建築物施工後も引き続き軟弱状態となり、圧密沈下の発生する可能性は低いと考えられる。

6. 液状化判定

当該地の地盤のうち、深度 20m 以浅の飽和地盤となる砂質土層において、地震時の液状化を検討する。検討深度は比較的N値の低い最上部砂質土層、上部砂質土1層及び上部砂質土2層の深度 7.3m, 10.3m, 15.3m および 19.3m とする。

建築基礎構造設計指針(日本建築学会,2001)によると、地盤の液状化の危険度は式(4)で求められる。

$$Fl = \tau_f / \sigma_z' / (\tau_d / \sigma_z') \dots\dots\dots \text{式(4)}$$

式(4)の分子は、飽和土層の液状化抵抗比: τ_f / σ_z' を示す。 τ_f / σ_z' は、拘束圧を考慮した補正 N 値 (Na) をパラメータとして、図-2 より求める。 Na 値は拘束圧を考慮した補正 N 値で、次のように求める。

$$Na = N_f + \Delta N_f$$

ここに、

N_f : 拘束圧を考慮した換算 N 値で、 $N_f = N \cdot C_N$ で求める。

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

C_N : 拘束圧に関する換算係数

σ_z' : 検討深さにおける有効土被り圧 (鉛直有効応力)

N : トンビ法または自動落下法による実測 N 値

ΔN_f : 細粒分含有率 F_c に応じた補正 N 値増分 (図-3 より決定する)

例えば深度 7.3m では、 $\sigma_z' = 64.11 \text{ kN/m}^2$, $N = 1.5$, $F_c = 32.6\%$ であるため、各パラメータは次の通りとなる。

$$C_N = \sqrt{98 / \sigma_z'} = \sqrt{98 / 64.11} \approx 1.236$$

したがって、

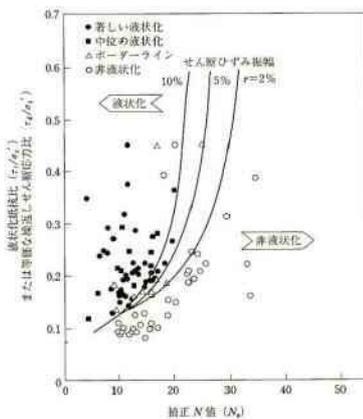
$$N_f = N \cdot C_N = 1.5 \cdot 1.236 = 1.855$$

ΔN_f は $F_c = 32.6\%$ 及び図-3 より 9.3 とした。

以上より、

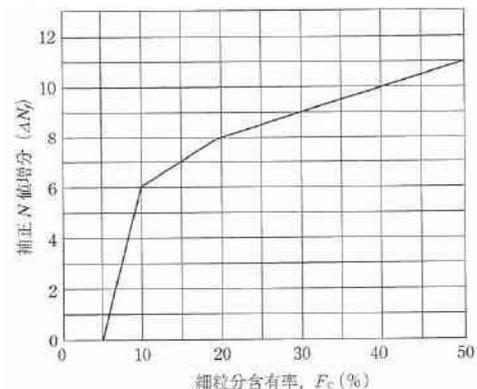
$$Na = N_f + \Delta N_f = 1.855 + 9.3 \approx 11$$

以上より、建築基礎構造設計指針に準拠してせん断ひずみ振幅が 5% と仮定すると、 $Na = 11$ の時の液状化抵抗比 τ_f / σ_z' は約 0.134 となる。



(引用: 日本建築学会「建築基礎構造設計指針」(2001))

図-2 補正 N 値と液状化抵抗比、動的せん断比ずみの関係



(引用: 日本建築学会「建築基礎構造設計指針」(2001))

図-3 細粒分含有率と N 値の補正係数

一方、式(4)の分母 τ_d/σ_z' は、地盤内の各深さに発生する等価な繰返しせん断応力比であり、式(5)により求める。

$$\tau_d/\sigma_z' = r_n \frac{\alpha_{max} \sigma_z}{g \sigma_z'} r_d \quad \text{式(5)}$$

- ここに、 τ_d ：水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅(kN/m^2)
 σ_z' ：検討深さにおける有効土被り圧（鉛直有効応力）(kN/m^2)
 r_n ：等価の繰返し回数に関する補正係数で0.1(M-1)，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/s^2)
 g ：重力加速度($980cm/s^2$)
 σ_z ：検討深さにおける全土被り圧（鉛直全応力）(kN/m^2)
 σ_z' ：検討深さにおける有効土被り圧（鉛直有効応力）
 r_d ：地盤が剛体でないことによる低減係数， $r_d=1-0.015z$

たとえば、深度7.3mにおいて、マグニチュードを6、地表面における設計用水平加速度を150m/sと仮定すると、各パラメータは次の通りとなる。

$$r_n = 0.1(M-1) = 0.1 \times (6-1) = 0.5$$

α_{max} ：地表面における設計用水平加速度(cm/s^2)：150m/s²
 g ：重力加速度($980cm/s^2$)
 σ_z' ：検討深さにおける有効土被り圧（有効応力）：64.11(kN/m^2)
 σ_z ：検討深さにおける全土被り圧（鉛直全応力）：108.70(kN/m^2)
 r_d ：地盤が剛体でないことによる低減係数，
 $r_d = 1 - 0.015z = 1 - 0.015 \times 7.3 = 0.8905$

以上のパラメータを式(5)に代入すると、等価な繰返しせん断応力比 τ_d/σ_z' は次の通りとなる。

$$\tau_d/\sigma_z' = r_n \frac{\alpha_{max} \sigma_z}{g \sigma_z'} r_d = 0.5 \times \frac{150}{980} \frac{108.70}{64.11} \times 0.8905 \doteq 0.1156 \quad \text{式(5)}$$

前頁で求めた飽和土層の液状化抵抗比： τ_d/σ_z' と、上記の等価な繰返しせん断応力比 τ_d/σ_z' を式(4)に代入すると、安全率Flは次の通りとなる。

$$Fl = \frac{\tau_d/\sigma_z'}{\tau_d/\sigma_z'} = \frac{0.134}{0.1156} \doteq 1.16 \quad \text{式(4)}$$

したがって、深度7.3mでは、マグニチュード6、地表面加速度150m/s²の地震動で液状化が発生しない結果となる。

以上の計算をマグニチュード6,7,8において、地表面加速度が150m/s²,200m/s²及び350m/s²の各ケースで砂質土層の液状化に対する安全率を計算した結果をまとめ、表1に示す。

表- 1 液状化低効率検討結果

深度 (m)	Fc 細粒分 含有率 (%)	N値/換 算N値 (回)	$\sigma'z$ 有効上載圧 (kN/m ²)	CN 拘束圧に關す る換算係数	N1 換算N値 (回)	ΔN_f 補正N値増分 (回)	Na 補正N値 (回)	$R = \tau_1 / \sigma'z$ 液状化抵抗比	r_d 地盤が剛体で ないことによ る低減係数	M マグニ チュード	$rn=0.1(M-1)$ 等価の繰返し回 数に關する補正 係数	α_{max} 地表面における 設計用水平加速 度 (cm/s ²)	g 重力加速度 (cm/s ²)	σ_z 鉛直全応力 (kN/m ²)	τ_d / σ'_z 等価な繰返し せん断応力 比	F1 安全率	判定
7.30	32.6	1.50	64.11	1.236	1.855	9.3	11	0.134	0.8905	6	0.5	150	980	108.70	0.1156	1.16	○
7.30	32.6	1.50	64.11	1.236	1.855	9.3	11	0.134	0.8905	6	0.5	200	980	108.70	0.1541	0.87	×
7.30	32.6	1.50	64.11	1.236	1.855	9.3	11	0.134	0.8905	6	0.5	350	980	108.70	0.2696	0.50	×
7.30	32.6	1.50	64.11	1.236	1.855	9.3	11	0.134	0.8905	7	0.6	150	980	108.70	0.1387	0.97	×
7.30	32.6	1.50	64.11	1.236	1.855	9.3	11	0.134	0.8905	7	0.6	200	980	108.70	0.1849	0.72	×
7.30	32.6	1.50	64.11	1.236	1.855	9.3	11	0.134	0.8905	7	0.6	350	980	108.70	0.3235	0.41	×
7.30	32.6	1.50	64.11	1.236	1.855	9.3	11	0.134	0.8905	8	0.7	150	980	108.70	0.1618	0.83	×
7.30	32.6	1.50	64.11	1.236	1.855	9.3	11	0.134	0.8905	8	0.7	200	980	108.70	0.2157	0.62	×
7.30	32.6	1.50	64.11	1.236	1.855	9.3	11	0.134	0.8905	8	0.7	350	980	108.70	0.3775	0.35	×
10.30	5.1	9.00	85.71	1.069	9.624	0.1	9	0.120	0.8455	6	0.5	150	980	159.70	0.1206	0.99	×
10.30	5.1	9.00	85.71	1.069	9.624	0.1	9	0.120	0.8455	6	0.5	200	980	159.70	0.1608	0.74	×
10.30	5.1	9.00	85.71	1.069	9.624	0.1	9	0.120	0.8455	6	0.5	350	980	159.70	0.2813	0.43	×
10.30	5.1	9.00	85.71	1.069	9.624	0.1	9	0.120	0.8455	7	0.6	150	980	159.70	0.1447	0.83	×
10.30	5.1	9.00	85.71	1.069	9.624	0.1	9	0.120	0.8455	7	0.6	200	980	159.70	0.1929	0.62	×
10.30	5.1	9.00	85.71	1.069	9.624	0.1	9	0.120	0.8455	7	0.6	350	980	159.70	0.3376	0.35	×
10.30	5.1	9.00	85.71	1.069	9.624	0.1	9	0.120	0.8455	8	0.7	150	980	159.70	0.1688	0.71	×
10.30	5.1	9.00	85.71	1.069	9.624	0.1	9	0.120	0.8455	8	0.7	200	980	159.70	0.2251	0.53	×
10.30	5.1	9.00	85.71	1.069	9.624	0.1	9	0.120	0.8455	8	0.7	350	980	159.70	0.3938	0.30	×
15.30	7.9	18.00	123.46	0.891	16.037	3.5	19	0.224	0.7705	6	0.5	150	980	246.45	0.1177	1.90	○
15.30	7.9	18.00	123.46	0.891	16.037	3.5	19	0.224	0.7705	6	0.5	200	980	246.45	0.1569	1.42	○
15.30	7.9	18.00	123.46	0.891	16.037	3.5	19	0.224	0.7705	6	0.5	350	980	246.45	0.2747	0.81	×
15.30	7.9	18.00	123.46	0.891	16.037	3.5	19	0.224	0.7705	7	0.6	150	980	246.45	0.1413	1.58	○
15.30	7.9	18.00	123.46	0.891	16.037	3.5	19	0.224	0.7705	7	0.6	200	980	246.45	0.1883	1.19	○
15.30	7.9	18.00	123.46	0.891	16.037	3.5	19	0.224	0.7705	7	0.6	350	980	246.45	0.3296	0.68	×
15.30	7.9	18.00	123.46	0.891	16.037	3.5	19	0.224	0.7705	8	0.7	150	980	246.45	0.1648	1.36	○
15.30	7.9	18.00	123.46	0.891	16.037	3.5	19	0.224	0.7705	8	0.7	200	980	246.45	0.2197	1.02	○
15.30	7.9	18.00	123.46	0.891	16.037	3.5	19	0.224	0.7705	8	0.7	350	980	246.45	0.3845	0.58	×
19.30	6	15.00	152.26	0.802	12.034	1.2	13	0.148	0.7105	6	0.5	150	980	314.45	0.11	1.32	○
19.30	6	15.00	152.26	0.802	12.034	1.2	13	0.148	0.7105	6	0.5	200	980	314.45	0.15	0.99	×
19.30	6	15.00	152.26	0.802	12.034	1.2	13	0.148	0.7105	6	0.5	350	980	314.45	0.26	0.56	×
19.30	6	15.00	152.26	0.802	12.034	1.2	13	0.148	0.7105	7	0.6	150	980	314.45	0.13	1.10	○
19.30	6	15.00	152.26	0.802	12.034	1.2	13	0.148	0.7105	7	0.6	200	980	314.45	0.18	0.82	×
19.30	6	15.00	152.26	0.802	12.034	1.2	13	0.148	0.7105	7	0.6	350	980	314.45	0.31	0.47	×
19.30	6	15.00	152.26	0.802	12.034	1.2	13	0.148	0.7105	8	0.7	150	980	314.45	0.16	0.94	×
19.30	6	15.00	152.26	0.802	12.034	1.2	13	0.148	0.7105	8	0.7	200	980	314.45	0.21	0.71	×
19.30	6	15.00	152.26	0.802	12.034	1.2	13	0.148	0.7105	8	0.7	350	980	314.45	0.37	0.40	×

以 上

孔内水平載荷試験データシート

室内土質試験データ

調査件名

試験年月日 2014-02-04

試料番号(深さ) T-1 (31.00~31.80m)

試験者 松尾 健二

供試体 No.		1	2	3				
供試体の質量 m g		695.50	682.03	696.35				
供試体	直	上部 cm	7.00	7.00	7.00			
		中部 cm	7.00	7.00	7.00			
		下部 cm	7.00	7.00	7.00			
	径	平均値 D cm	7.00	7.00	7.00			
		高さ	cm	11.00	10.92	10.97		
			平均値 H cm	11.00	10.92	10.97		
体積 $V = (\pi D^2 / 4)H$ cm ³		423.33	420.25	422.18				
含水比	容器 No.	46	28	87				
	m_a g	125.01	135.42	118.76				
	m_b g	91.15	99.54	88.45				
	m_c g	29.71	33.35	33.35				
	w %	55.1	54.2	55.0				
含水比	容器 No.							
	m_a g							
	m_b g							
	m_c g							
	w %							
平均値 w %		55.1	54.2	55.0				
湿潤密度 $\rho_t = m / V$ g/cm ³		1.643	1.623	1.649				
乾燥密度 $\rho_d = \rho_t / (1+w / 100)$ g/cm ³		1.059	1.053	1.064				
間隙比 $e = (\rho_s / \rho_d) - 1$		1.538	1.553	1.526				
飽和度 $S_r = w \rho_s / (e \rho_w)$ %		96.3	93.8	96.9				
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.688	平均値 w %	54.8	平均値 ρ_t g/cm ³	1.638			
平均値 ρ_d g/cm ³	1.059	平均値 e	1.539	平均値 S_r %	95.7			

特記事項

調査件名

試験年月日 2014-02-04

試験者 石橋 秀子

試料番号(深さ)		T-1 (31.00~31.80m)		
ピクノメーター No.		88	89	90
《試料+蒸留水+ピクノメーター》質量 m_b g		153.172	162.792	151.088
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C		17.5	17.5	17.5
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³		0.9987	0.9987	0.9987
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_a ¹⁾ g		144.245	154.866	142.706
試料の	容器 No.	88	89	90
	《炉乾燥試料+容器》質量 g	52.239	51.255	51.028
炉乾燥質量	容器質量 g	38.051	38.633	37.688
	m_s g	14.188	12.622	13.340
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³		2.693	2.684	2.687
平均値 ρ_s g/cm ³		2.688		
試料番号(深さ)				
ピクノメーター No.				
《試料+蒸留水+ピクノメーター》質量 m_b g				
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C				
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³				
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_a ¹⁾ g				
試料の	容器 No.			
	《炉乾燥試料+容器》質量 g			
炉乾燥質量	容器質量 g			
	m_s g			
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³				
平均値 ρ_s g/cm ³				
試料番号(深さ)				
ピクノメーター No.				
《試料+蒸留水+ピクノメーター》質量 m_b g				
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C				
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³				
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_a ¹⁾ g				
試料の	容器 No.			
	《炉乾燥試料+容器》質量 g			
炉乾燥質量	容器質量 g			
	m_s g			
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³				
平均値 ρ_s g/cm ³				

特記事項

1) ピクノメーターの検定結果から求める。

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_s + (m_a - m_b)} \times \rho_w(T)$$

調査件名 _____ 試験年月日 2014-02-03

試験者 松尾 健二

試料番号(深さ)	T-1(31.00~31.80m)					
容器 No.	133	49	31			
m_a g	100.59	99.39	101.01			
m_b g	76.82	76.11	77.53			
m_c g	34.25	33.55	35.32			
w %	55.8	54.7	55.6			
平均値 w %	55.4					
特記事項						

試料番号(深さ)						
容器 No.						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

試料番号(深さ)						
容器 No.						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

試料番号(深さ)						
容器 No.						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

試料番号(深さ)						
容器 No.						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

$$w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100$$

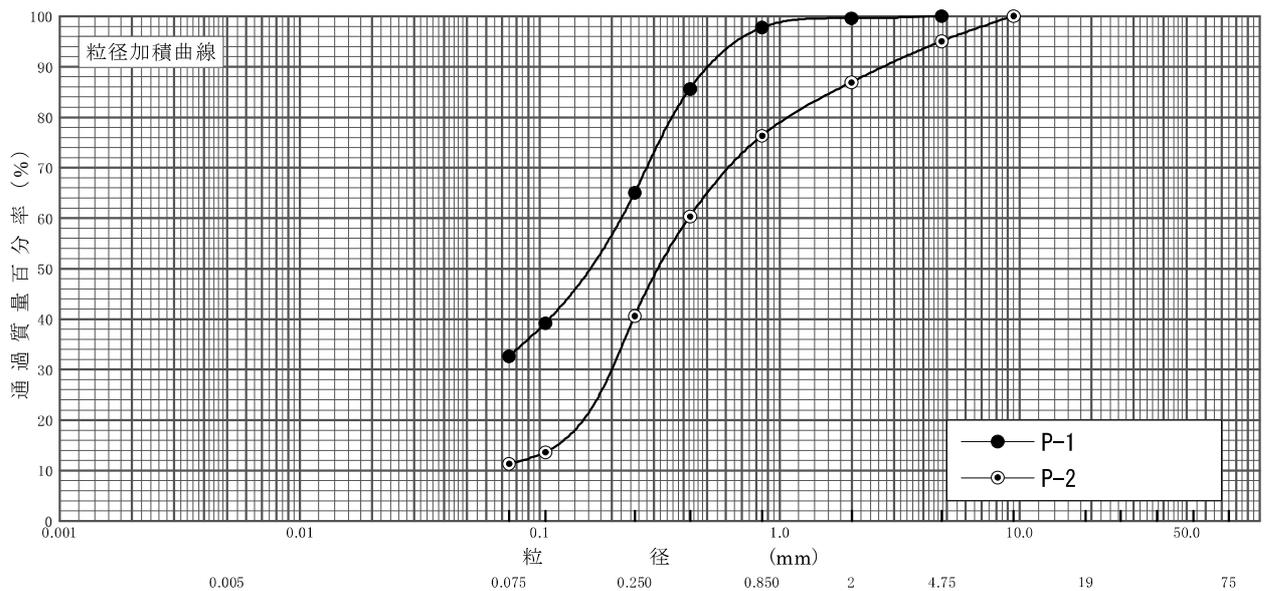
m_a : (試料+容器)質量
 m_b : (炉乾燥試料+容器)質量
 m_c : 容器質量

調査件名

試験年月日 2014-02-06

試験者 松尾 健二

試料番号 (深さ)	P-1 (7.15~7.47m)		P-2 (10.15~10.45m)		試料番号 (深さ)	P-1 (7.15~7.47m)	P-2 (10.15~10.45m)
	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%			
ふるい 分析	75		75		粗礫分 %	0.0	0.0
	53		53		中礫分 %	0.0	5.0
	37.5		37.5		細礫分 %	0.3	8.1
	26.5		26.5		粗砂分 %	1.9	10.6
	19		19		中砂分 %	32.7	35.7
	9.5		9.5	100.0	細砂分 %	32.5	29.2
	4.75	100.0	4.75	95.0	シルト分 %	32.6	11.4
	2	99.7	2	86.9	粘土分 %		
	0.85	97.8	0.85	76.3	2mmふるい通過質量百分率 %	99.7	86.9
	0.425	85.6	0.425	60.4	425 μ mふるい通過質量百分率 %	85.6	60.4
	0.250	65.1	0.250	40.6	75 μ mふるい通過質量百分率 %	32.6	11.4
	0.106	39.2	0.106	13.6	最大粒径 mm	4.75	9.5
	0.075	32.6	0.075	11.4	60 % 粒径 D_{60} mm	0.220	0.419
					50 % 粒径 D_{50} mm	0.163	0.312
沈 降 分 析					30 % 粒径 D_{30} mm	-	0.201
					10 % 粒径 D_{10} mm	-	-
					均等係数 U_c	-	-
					曲率係数 U'_c	-	-
					土粒子の密度 ρ_s g/cm ³		
析					使用した分散剤		
					溶液濃度, 溶液添加量		



粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫
----	-----	----	----	----	----	----	----

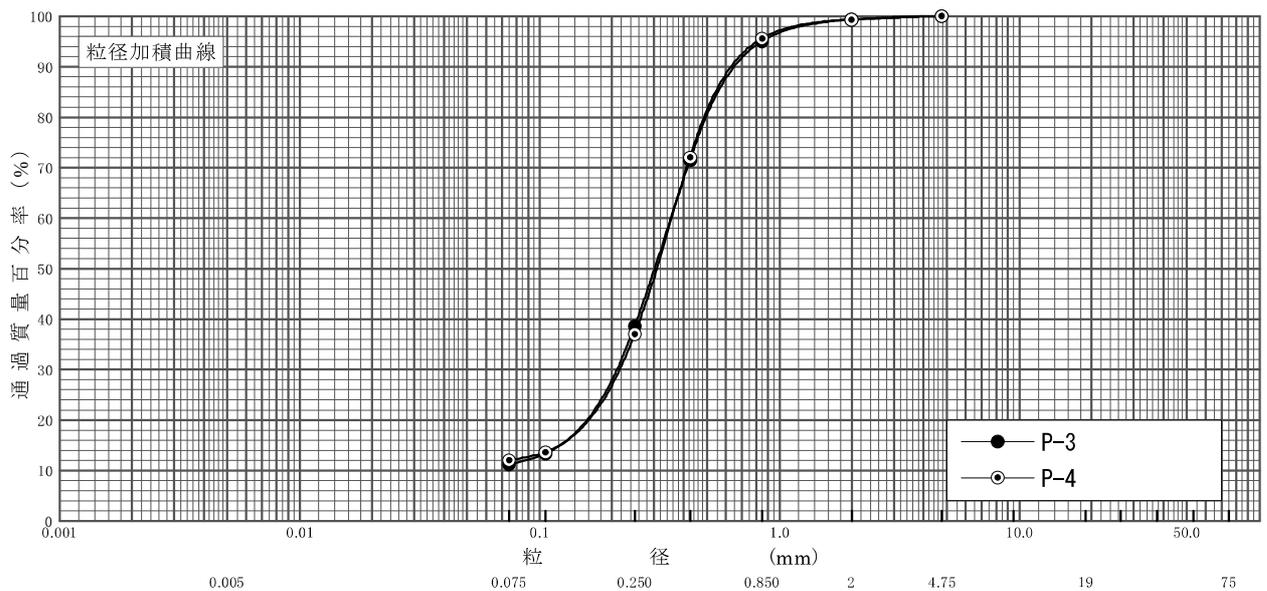
特記事項

調査件名

試験年月日 2014-02-06

試験者 松尾 健二

試料番号 (深さ)	P-3 (15.15~15.45m)		P-4 (19.15~19.45m)		試料番号 (深さ)	P-3 (15.15~15.45m)	P-4 (19.15~19.45m)
	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%			
ふるい 分析	75		75		粗礫分 %	0.0	0.0
	53		53		中礫分 %	0.0	0.0
	37.5		37.5		細礫分 %	0.6	0.7
	26.5		26.5		粗砂分 %	4.4	3.6
	19		19		中砂分 %	56.3	58.6
	9.5		9.5		細砂分 %	27.5	25.1
	4.75	100.0	4.75	100.0	シルト分 %	11.2	12.0
	2	99.4	2	99.3	粘土分 %		
	0.85	95.0	0.85	95.7	2mmふるい通過質量百分率 %	99.4	99.3
	0.425	71.5	0.425	72.0	425 μ mふるい通過質量百分率 %	71.5	72.0
	0.250	38.7	0.250	37.1	75 μ mふるい通過質量百分率 %	11.2	12.0
	0.106	13.4	0.106	13.6	最大粒径 mm	4.75	4.75
	0.075	11.2	0.075	12.0	60 % 粒径 D_{60} mm	0.354	0.357
				50 % 粒径 D_{50} mm	0.302	0.309	
				30 % 粒径 D_{30} mm	0.211	0.216	
				10 % 粒径 D_{10} mm	-	-	
沈降分析				均等係数 U_c	-	-	
				曲率係数 U'_c	-	-	
				土粒子の密度 ρ_s g/cm ³			
				使用した分散剤			
				溶液濃度, 溶液添加量			



粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫
----	-----	----	----	----	----	----	----

特記事項

調査件名 _____ 試験年月日 2014-01-30

試料番号(深さ) T-1 (31.00~31.80m) 試験者 松尾 健二

試験機 No.	10	供 試 体	直径 D cm	3.000	初 期 状 態	含水比 w_0 %	55.6
最低~最高室温 °C			断面積 A cm ²	7.07		間隙比 e_0 体積比 f_0	1.612
土質名称			高さ H_0 cm	2.000	湿潤密度 ρ_t g/cm ³	1.601	
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.688		質量 m_0 g	22.64	飽和度 S_{r0} %	92.7	
液性限界 w_L %			炉乾燥質量 m_s g	14.55	圧縮指数 C_c	0.69	
塑性限界 w_p %			実質高さ H_s cm	0.7656	圧密降伏応力 p_c kN/m ²	1773.8	

载荷段階	圧密圧力 p kN/m ²	圧密増分 Δp kN/m ²	圧密量 ΔH cm	供試体高さ H cm	平均供試体高さ \bar{H} cm	圧縮ひずみ $\Delta \varepsilon = \Delta H / \bar{H} \times 100\%$	体積圧縮係数 m_v m ² /kN	間隙比 $e = H / H_s - 1$ 体積比 $f = H / H_s$
0	0.000			2.0000				1.612
		39.23	0.014		1.9930	0.702	1.79E-4	
1	39.23			1.9860				1.594
		39.23	0.008		1.9820	0.404	1.03E-4	
2	78.46			1.9780				1.584
		78.44	0.018		1.9690	0.914	1.17E-4	
3	156.9			1.9600				1.560
		156.9	0.018		1.9510	0.923	5.88E-5	
4	313.8			1.9420				1.537
		313.9	0.045		1.9195	2.344	7.47E-5	
5	627.7			1.8970				1.478
		627.3	0.061		1.8665	3.268	5.21E-5	
6	1255			1.8360				1.398
		1256	0.092		1.7900	5.140	4.09E-5	
7	2511			1.7440				1.278
		2510	0.149		1.6695	8.925	3.56E-5	
8	5021			1.5950				1.083
		5019	0.143		1.5235	9.386	1.87E-5	
9	10040			1.4520				0.897
10								

载荷段階	平均圧密圧力 \bar{p} kN/m ²	t_{90} , t_{50} min	圧密係数 c_v cm ² /d	透水係数 k m/s	一次圧密量 ΔH_1 cm	一次圧密比 $r = \Delta H_1 / \Delta H$	補正圧密係数 $c_v' = r c_v$, cm ² /d	透水係数 k' m/s
0	19.62	1.306	928.5	1.89E-9	0.002	0.143	132.8	2.70E-10
1	55.48	1.968	609.4	7.12E-10	0.001	0.125	76.2	8.91E-11
2	111.0	3.010	393.2	5.22E-10	0.003	0.167	65.7	8.72E-11
3	221.9	1.038	1119.5	7.47E-10	0.003	0.167	187.0	1.25E-10
4	443.8	1.061	1060.1	8.99E-10	0.004	0.089	94.3	8.00E-11
5	887.6	1.602	663.9	3.93E-10	0.009	0.148	98.3	5.81E-11
6	1775	4.183	233.8	1.09E-10	0.065	0.707	165.3	7.67E-11
7	3551	4.300	197.9	8.00E-11	0.085	0.570	112.8	4.56E-11
8	7100	4.457	159.0	3.37E-11	0.094	0.657	104.5	2.22E-11
9								
10								

特記事項

$H_s = m_s / (\rho_s A)$
 $H = H' - \Delta H$
 $\bar{H} = (H + H') / 2$
 $m_v = (\Delta \varepsilon / 100) / \Delta p$
 $S_{r0} = w_0 \rho_s / (e_0 \rho_w)$

$\bar{p} = \sqrt{p \cdot p'}$
 \sqrt{t} 法: $c_v = 305 \times \bar{H}^2 / t_{90}$
 曲線定規法: $c_v = 70.9 \times \bar{H}^2 / t_{50}$
 $k = c_v m_v \gamma_w / (8.64 \times 10^8)$
 $k' = c_v' m_v \gamma_w / (8.64 \times 10^8)$
 ただし, $\gamma_w = 9.81$ kN/m³

[1kN/m² ≒ 0.0102kgf/cm²]

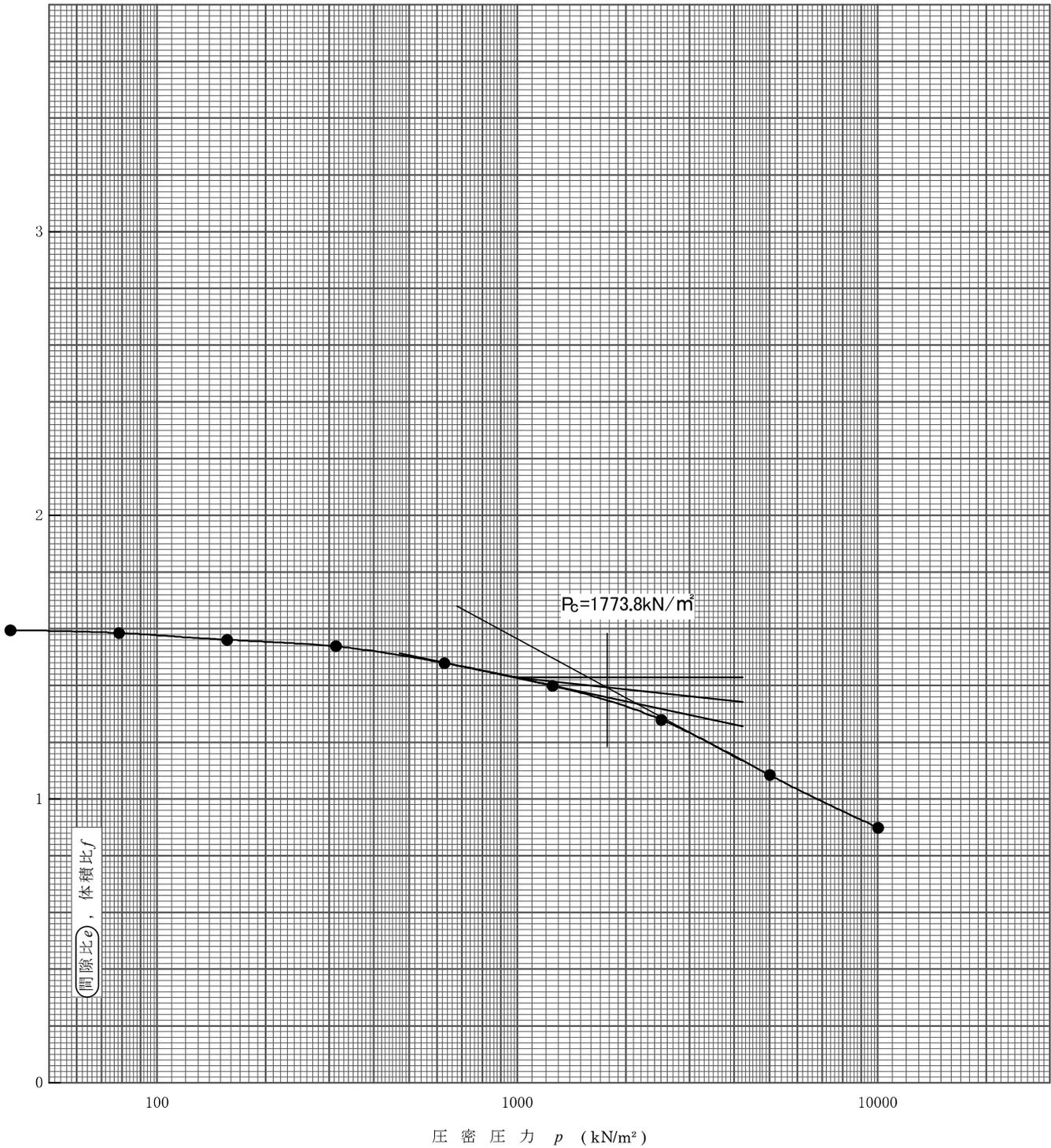
JIS A 1217 JIS A 1227	土の (段階載荷) による圧密試験 (圧縮曲線) 定ひずみ速度載荷 (透水係数)	JGS 0411 JGS 0412
--------------------------	---	----------------------

調査件名 _____ 試験年月日 2014-01-30

試料番号(深さ) T-1 (31.00~31.80m) 試験者 松尾 健二

土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	液性限界 w_L %	塑性限界 w_p %	初期含水比 w_0 %	初期間隙比 e_0 初期体積比 f_0	圧縮指数 C_c	圧密降伏応力 P_c kN/m ²	ひずみ速度 ¹⁾ %/min
2.688			55.6	1.612	0.69	1773.8	

透水係数 k (m/s)²⁾



特記事項 _____ 1) 定ひずみ速度載荷による圧密試験の時のみ記入する。
2) 定ひずみ速度載荷による圧密試験の時のみ記入する。
[1kN/m² ≒ 0.0102kgf/cm²]

JIS A 1217
JIS A 1227

土の (段階) 定ひすみ速度載荷による圧密試験 ($c_v, m_v - \bar{p}$ 関係)

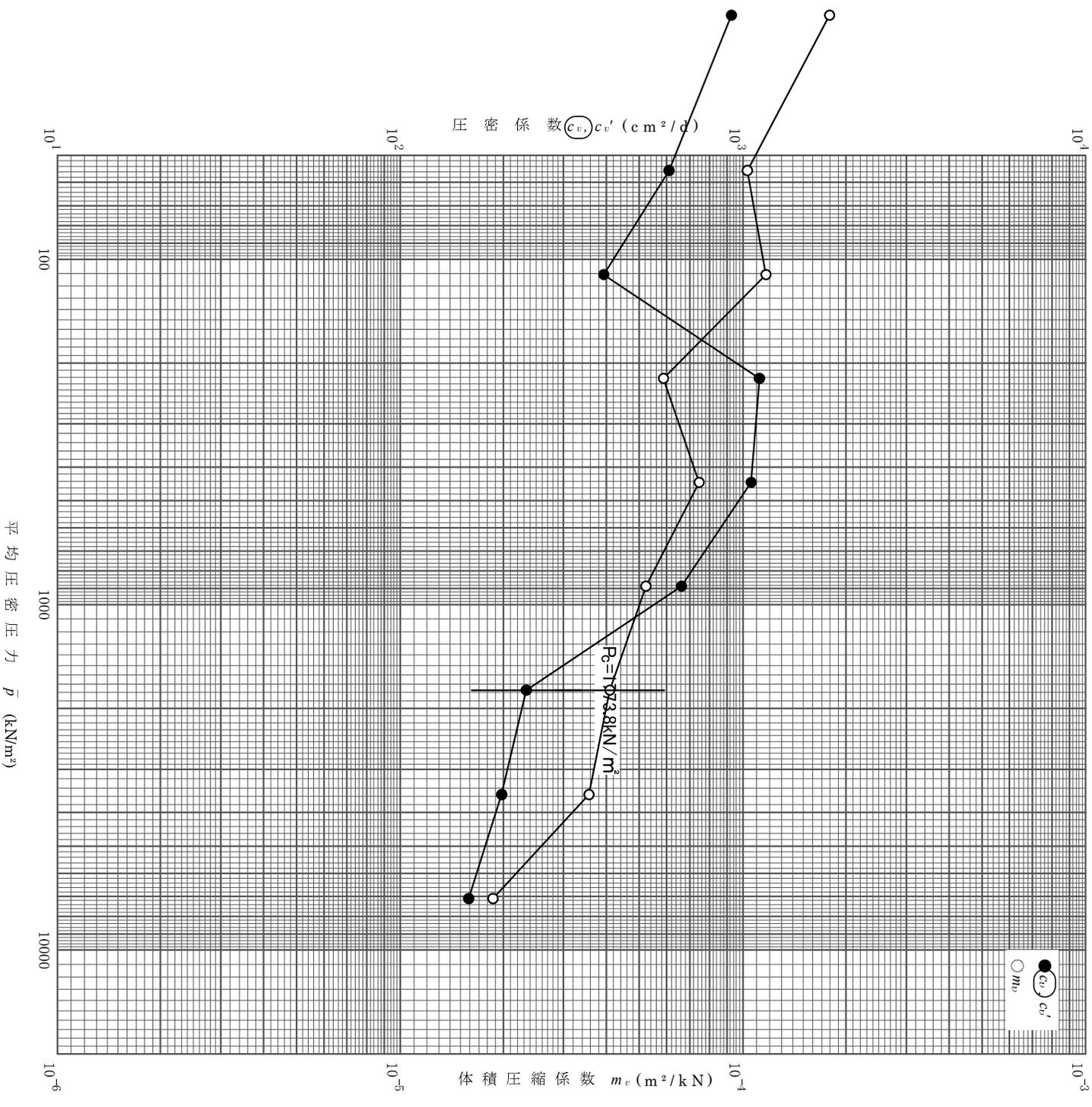
JGS 0411
JGS 0412

調査件名

試験年月日 2014-01-30

試料番号(深さ) T-1 (31.00~31.80m)

試験者 松尾 健二



特記事項

[$1 \text{ kN}/\text{m}^2 \approx 0.0102 \text{ kgf}/\text{cm}^2$]

調査試験仕様

2. 調査方法

2.1 調査ボーリング

ボーリングには様々な方法があるが、地盤調査を目的とした場合に一般に用いられるのは、ロータリー（スピンドル型）ボーリングである。この方式は、ロッド（中空鉄管）の先端に取り付けたビットに機械力による回転と給圧を加え、地盤を切削・粉砕しつつ掘進する方式である。その際発生する掘屑（スライム）は、掘削用循環流体（泥水・清水）の循環により孔外へ排出する。また掘削孔壁の安定は、泥水使用による孔壁への泥膜形成、またはケーシングパイプの挿入により図られる。

ロータリー式ボーリングは、フィード（給圧）機構により幾つかの種類に分けられる。本調査では、そのうちのハイドロリックフィード式を用いている。本方式は、スピンドルの上昇・下降を原動機により発生された流体（通常はオイル）の圧力・方向の調整により行うものである。

掘削中は機械音・泥水圧等の機械反応に注意し、併用した標準貫入試験試料の観察等により、土層の変化を判定し誤差の無いよう留意した。

以下にボーリングの機構図を示す。

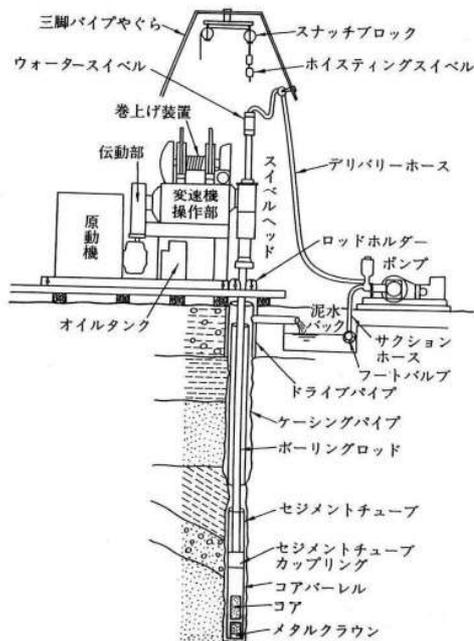


図 2.1 ボーリング構造図（オイルフィード）

「地盤調査の方法と解説（p.165），平成 16 年，地盤工学会」

2.2.2 標準貫入試験結果から判明する事項

標準貫入試験は、原則として未固結土砂地盤を対象とする試験である。土砂地盤の工学的諸元とN値との関係については、数多の研究成果があり、利用範囲が広く、実設計への実績がある。代表的なものを下表に示す。

表 2.1 N値から判明する事項

区 分	判別・推定事項	
N値を含む調査結果一般から総合的に判定すること	構成土層・深さ方向の相対的な強度変化 構造物支持層の位置（地表からの深さと厚さ） 軟弱層の分布（圧密計算の対象となる土層の厚さ）・排水条件等	
N値から直接に推定される設計定数	砂質土	相対密度・せん断抵抗角（構造物基礎の支持力係数） 動的せん断抵抗力（液状化抵抗比） 変形係数（地盤反力・即時沈下）
	粘性土	コンシステンシー・一軸圧縮強さ・粘着力 （構造物基礎の極限支持力・許容支持力） 変形係数（地盤反力・即時沈下）

「土質調査法（p.194），1972，旧土質工学会編」（※一部改稿）

上表のうち地盤設計強度の主要要素（せん断抵抗角・粘着力）とN値の関係は、各機関や研究者から多様なものが示されている。

2.2.3 せん断抵抗角（内部摩擦角）

砂質土地盤におけるN値とせん断抵抗角（及び相対密度）の関係は、Terzaghi-Peck, Meyerhof, Dunham, 大崎などにより様々な提案がなされてきた。下の表 2.2にそれらのうち代表的なものを示す。

表 2.2 砂の相対密度・内部摩擦角とN値との関係（Peck, Meyerhof）

N値	相対密度 (relative density) $D_r = (e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min})$	内部摩擦角 (ϕ 度)		
		Peck による	Meyerhof による	
0~4	非常に緩い (very loose)	0.0~0.2	28.5 以下	30 以下
4~10	緩い (loose)	0.2~0.4	28.5~30	30~35
10~30	中位の (medium)	0.4~0.6	30~36	35~40
30~50	密な (dense)	0.6~0.8	36~41	40~45
50 以上	非常に密な (very dense)	0.8~1.0	41 以上	45 以上

「地盤調査法（p.201），1995，地盤工学会編」

これらをグラフ化したものを次頁の図 2.3 に示す。

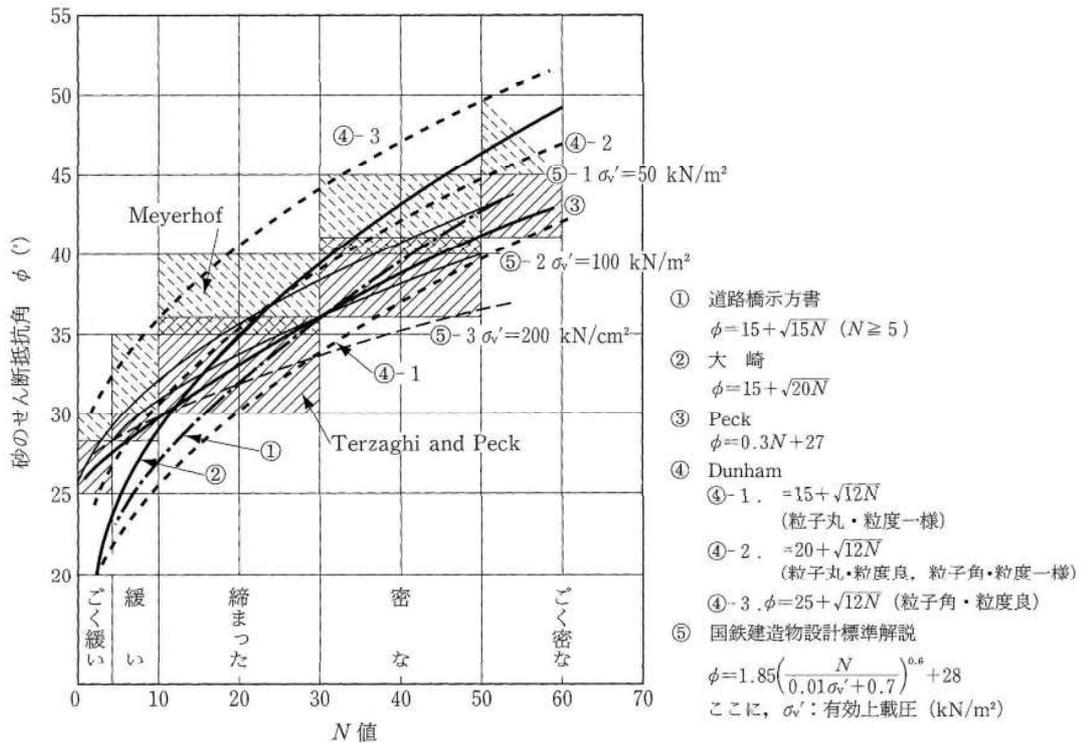


図 2.3 砂の相対密度・内部摩擦角と N 値との関係

「地盤調査の方法と解説 (p.264), 平成 16 年, 地盤工学会」

近年では有効上載圧を考慮した関係式が多く提案されている。代表的なものを示す。

- 1) 道路橋示方書・同解説IV下部構造編参考資料-8 (p.564), 平成14年, 日本道路協会

$$\phi = 4.8 \cdot \ln \left\{ \frac{170N}{\sigma_v' + 70} \right\} + 21 \quad (N > 5)$$

数式 2.1

- 2) 建築基礎構造設計指針 (p.114), 2001, 日本建築学会

$$\phi = \sqrt{20N_1} + 20^\circ \quad (3.5 \leq N_1 \leq 20)$$

$$\phi = 40^\circ \quad (20 < N_1)$$

ただし, $N_1 = N \cdot \sqrt{\frac{98}{\sigma_{v0}'}}$ (N_1 : 有効上載圧 (σ_{v0}') を補正した換算 N 値)

数式 2.2

2.2.4 一軸圧縮強度（粘着力）

粘性土における N 値と一軸圧縮強度（粘着力）との関係が奥村，Terzaghi-Peck らにより，下の表 2.3，図 2.4 のように提案されている。

表 2.3 粘土のコンシステンシー・一軸圧縮強度・N 値の関係

コンシステンシー	非常に軟らかい	軟らかい	中位の	硬い	非常に硬い	固結した
N 値	2 以下	2～4	4～8	8～15	15～30	30 以上
q_u (kN/m ²)	24.5 以下	24.5～49.1	49.1～98.1	98.1～196.2	196.2～392.4	392.4 以上

「地盤調査の方法と解説 (p.267)，平成 16 年，地盤工学会」

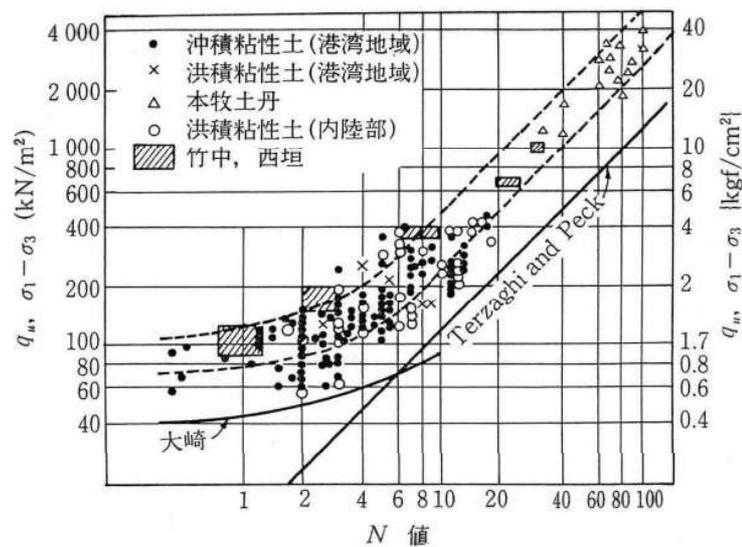


図 2.4 N 値と一軸圧縮強度との関係（奥村）

「地盤調査の方法と解説 (p.267)，平成 16 年，地盤工学会」

Terzaghi-Peck は，N 値と一軸圧縮強度 (q_u) との関係として次式を示している。

$$q_u = 12.5 N \quad (\text{kN/m}^2)$$

数式 2.3

しかしこの関係は著しく過小であるとされている。

また大崎は，東京の粘土地盤について次式を示している。

$$q_u = 40 + 5N \quad (\text{kN/m}^2)$$

数式 2.4

図 2.4 によれば，Terzaghi-Peck の関係は過小であり，大崎の式は $N \leq 3$ の沖積粘性土に対して下限に相当している。なお竹中，西垣 (1974)，奥村 (1982) によれば， $N > 4$ において下式の関係が示されている。

$$q_u = (25 \sim 50) N \quad (\text{kN/m}^2)$$

数式 2.5

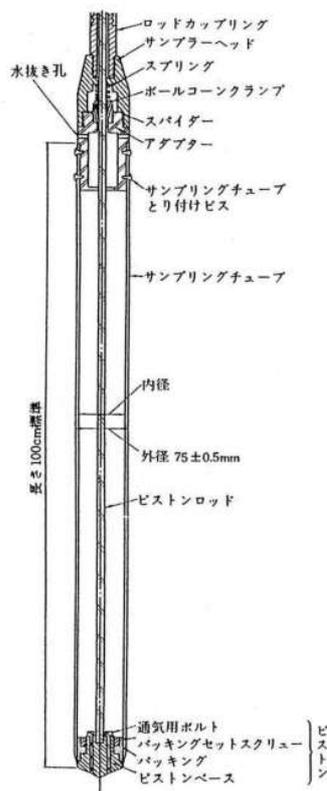
2.3 乱れの少ない試料採取

地盤の工学的特性を求めるために行う室内土質試験には、乱さない状態の試料（不攪乱試料）が必要なものがある。しかし、完全に乱さない試料の採取は、不可能である。従って、地盤工学会ではシンウォールサンプラー等で採取した試料は「乱れの少ない試料」と呼称している。

ボーリング孔を利用して行う乱れの少ない試料の採取は、対象土層の状況に応じて各種の採取器を用いる。代表的なものとしては、N値0～4の軟弱な粘性土の場合は固定ピストン式シンウォールサンプラー、N値4～20程度の粘性土の場合はロータリー式二重管サンプラー（通称「デニソンサンプラー」）、砂質土または硬質地盤の場合はロータリー式三重管サンプラーが用いられている。

本調査における乱さない試料の採取は、N値0～4の軟弱の粘性土が対象であるため、固定ピストン式シンウォールサンプラーを使用した。

(1) 固定ピストン式シンウォールサンプラー



固定ピストン式シンウォールサンプラーは、ロッド先端に装着した肉薄のサンプリングチューブ（シンウォールチューブ）をスピンドル操作によって地盤中に押し込み、チューブ内に試料を採取するものである。

その際、試料の脱落と圧縮を防止するため、チューブ内のピストンはインナーロッドを介してボーリングヤグラに固定される。またピストンとチューブ・外ロッドは逆戻りを防止するためボールコーンクランプにて連結されている。

図 2.5 固定ピストン式サンプラーの例

（現場技術者のための地質調査技術マニュアル（p.55），平成 17 年，関東地質調査業協会編）

2.4 室内土質試験

室内土質試験は、土の基本的な性質及び力学的性質を把握することを目的として、不攪乱試料採取や標準貫入試験で得られた攪乱試料を用いて、物理試験及び力学試験を実施するものである。

本調査で実施した室内土質試験の項目と方法は、下に示す JIS 及び地盤工学会基準 (JGS) に準拠した。

表 2.4 室内土質試験の規格

分類	土質試験名 (規格・基準)	試料の 状態	求められる値	主な利用方法
物理試験	土の湿潤密度試験 ノギス法 JISA 1225	◎	単位体積重量 (ρ_t) 乾燥密度 (ρ_d) 間隙比 (e), 飽和度 (S_r)	基本的性質の計算 土被り圧の計算 (ρ_v) 地盤の応力状態 締固め度の評価
	土粒子の密度試験 JISA 1202	○	土粒子の密度 (ρ_s)	構成物質の判定 基本的性質の計算 粒度沈降分析試験 間隙比 (e), 飽和度等 (S_r) の計算
	上の含水比試験 JISA 1203	○	土の含水比 (w_n)	土の種類 基本的性質の計算
圧密試験	土の段階荷重 による圧密試験 JISA 1217	◎	沈下量・沈下時間の計算 e-logP 曲線 圧密降伏応力 (P_c) 圧密係数 (C_v) 体積圧縮係数 (mv)	圧密沈下量の推定 圧密沈下の時間的推移の予測 一般に粘性土を対象
せん断試験	土の三軸試験 JGS 0521 (UU) JGS 0522 (CU) JGS 0523 (\overline{CU}) JGS 0524 (CD)	◎	粘着力 (C), 内部摩擦力 (ϕ) ・非圧密非排水 (UU) : C_u, ϕ_u ・圧密非排水 (CU) : C_{cu}, ϕ_{cu} ・(\overline{CU}) : CU で間隙水圧測定 C, ϕ' ・圧密排水 (CD) : C_d, ϕ_d	土のせん断強度特性判断 地盤の支持力 安定計算の算定

◎ : 乱れの少ない試料が必要 ○ : 乱した試料でも可

2.5 孔内水平載荷試験

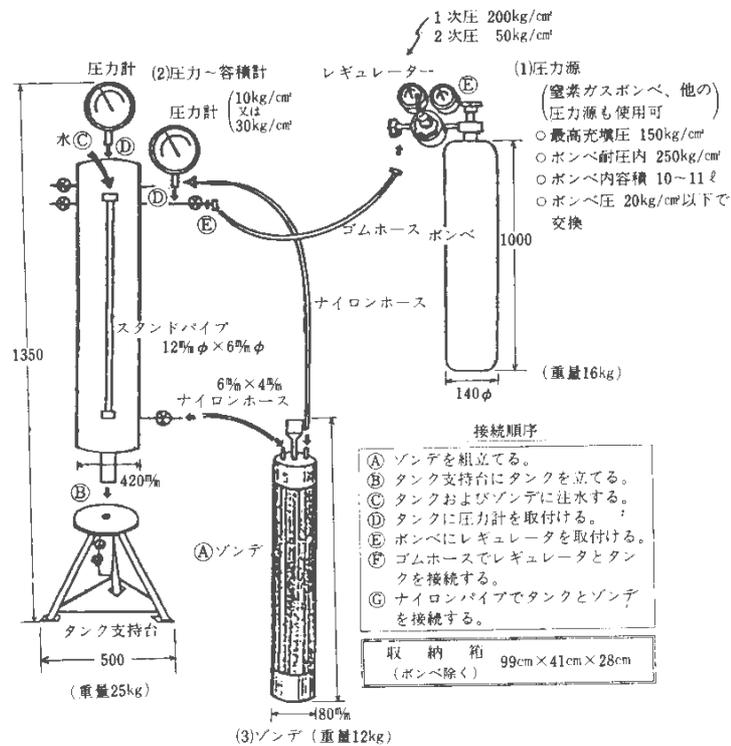
孔内水平載荷試験は、地盤工学会基準に準拠して実施した。以下、孔内水平載荷試験の特記事項を記す。

① 測定

- ・試験は掘削終了後、速やかに実施する。
- ・孔内水平載荷試験は、等圧分布載荷法によるものとする。
- ・最大圧力は試験目的や地質に応じて適宜設定し、加圧ステップは最大圧力の 1/10～1/20 の荷重変化で測定する。

② 成果

- ・得られた荷重強度－変位曲線より、地盤の変形係数を求める。



(引用：全国地質調査業協会連合：「ボーリングハンドブック」)

図 2.6 孔内水平載荷試験概要図

現場記録写真

K B M

遠 景



近 景



ボーリング No. 1

施 工 前



施 工 後

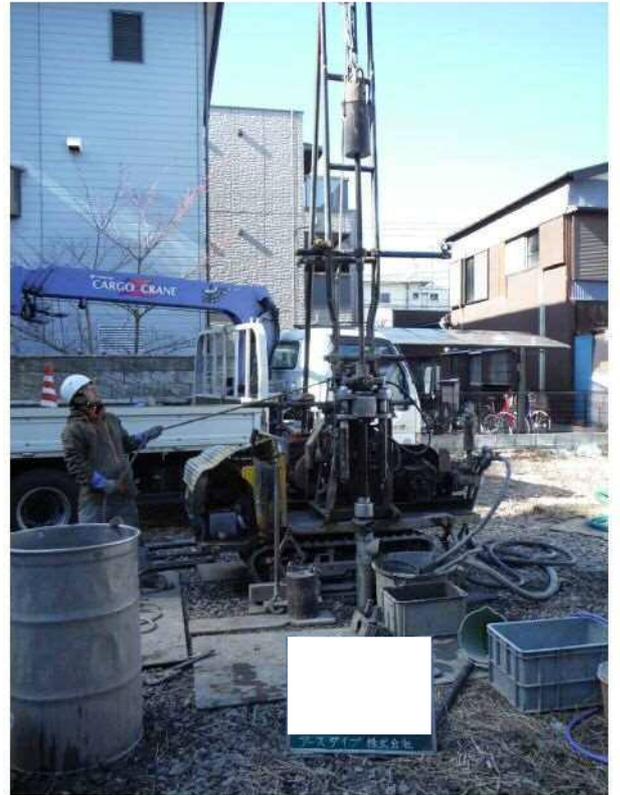


ボーリング No. 1

全 景



標準貫入試験



残 尺



検 尺



ボーリング No. 1

不攪乱試料採取



ボーリング No. 1

孔内水平载荷試験



室内土質試験記録写真

室内土質試験



土粒子の密度試験



土の含水比試験



湿潤密度試験

室内土質試験



土の圧密試験



土の粒度試験（ふるい分析）