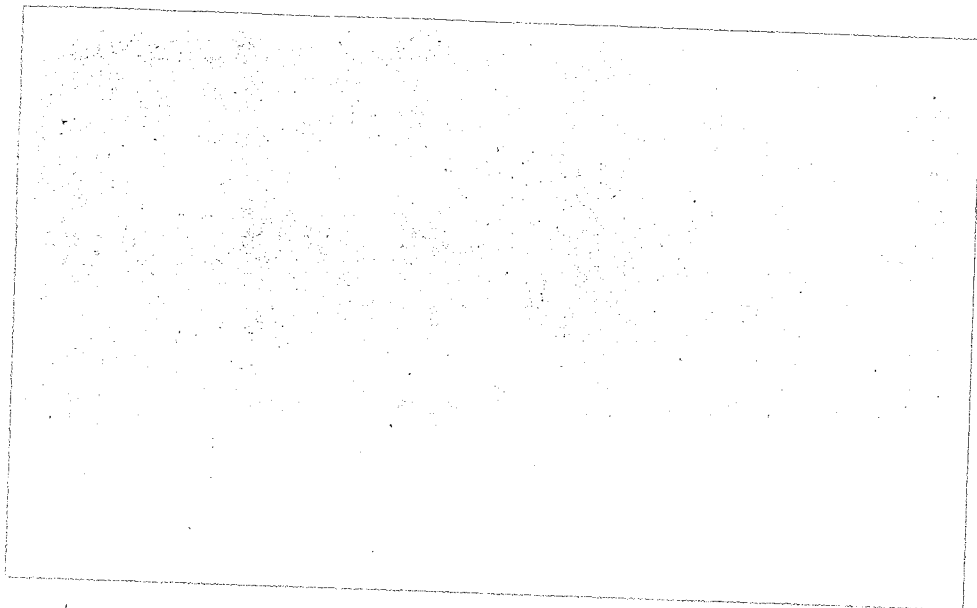


報 告 書

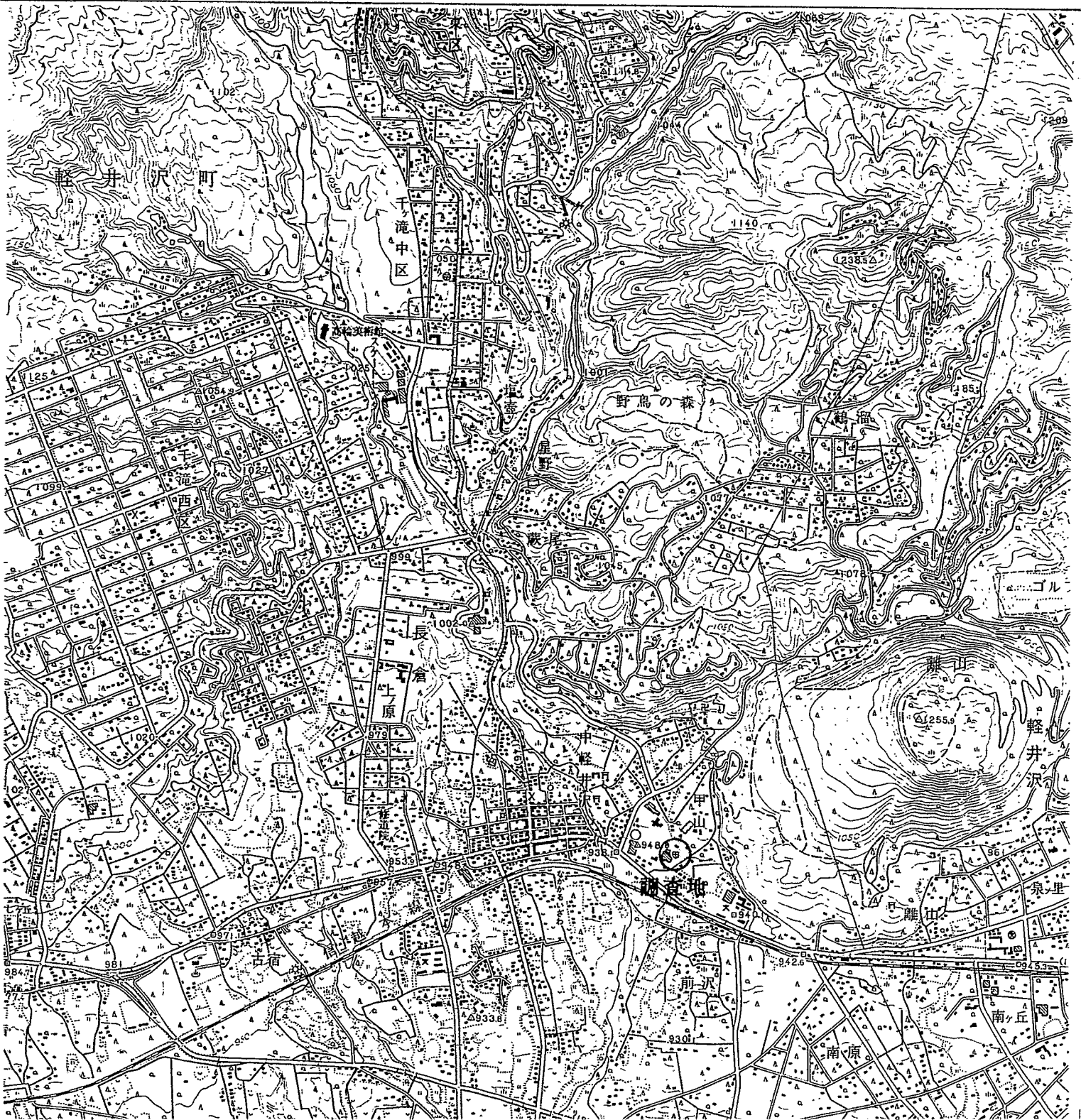
国保輕井沢病院新築工事土質調査

平成11年12月



案内図

縮尺 1:25,000

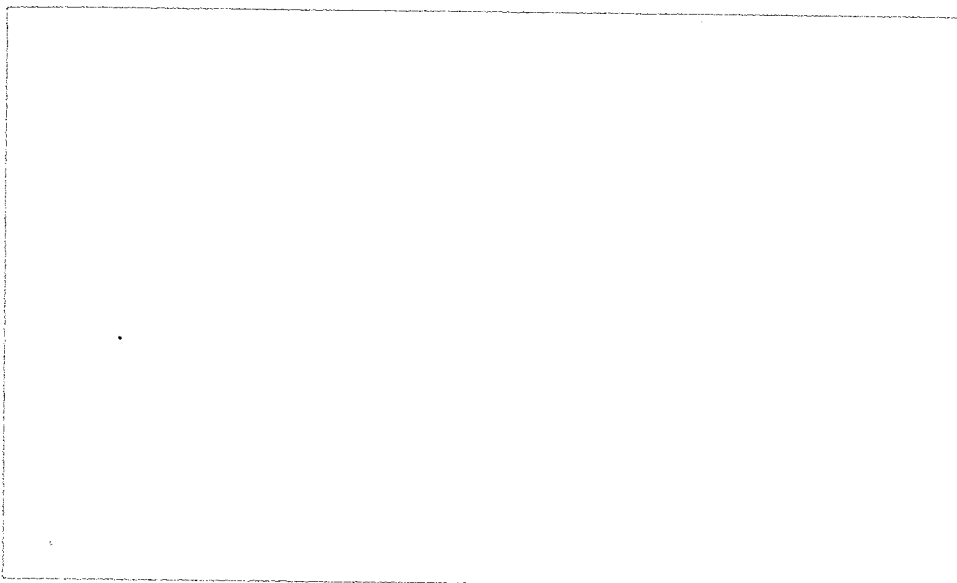


1. 調査概要

本報告書は、「国保軽井沢病院」新築工事に先立ち、その計画敷地内における地盤の地層構成と土質特性を明らかにして、基礎設計、施工に資することを目的とした、ボーリング調査による土質調査の結果についてまとめたものである。

1-1 一般事項

- (1) 調査件名：国保軽井沢病院新築工事土質調査
- (2) 調査場所：長野県北佐久郡軽井沢町大字長倉字蓬田2375-1他
- (3) 調査期間：自 平成11年11月20日
至 平成11年11月24日
- (4) 調査項目：実施数量は次の通りであり、詳細を表1-1に示す。
- | | |
|------------|------|
| ・ 機械ボーリング | 3箇所 |
| ・ 標準貫入試験 | 1 m毎 |
| ・ 孔内水平載荷試験 | 1箇所 |
| ・ 室内土質試験 | 1式 |



1-2 調査数量

今回、実施した土質調査の数量は表1-1の通りである。

表1-1 調査実施数量表

地 点	ボアリング調査 G.L-(m)	標準貫入試験 (回)	孔内水平 載荷試験 (箇所)	室内土質試験		
				粒度	密度	含水比
Na 1	20.40	20	-	-	-	-
Na 2	30.20	30	-	1	1	1
Na 3	23.45	23	※ 1	-	-	-
合 計	74.05	73	1	1	1	1

〔備考〕…… ※印 孔内水平載荷試験はNa3別孔で実施した。

1-3 調査方法

本調査は、機械ボーリングによる土質（地質）の観察の他に、標準貫入試験を行った。これらの方法は以下の通りである。

1-3-1 機械ボーリング

今回の調査では、土質調査用として最も普及しているロータリー式試錐機を使用して行った。この試錐機はロッドの先端に取り付けたビットの回転と給圧とによって地盤を切削して孔を掘り進むものである。

掘進装置の標準的な機構は図2-1の通りである。

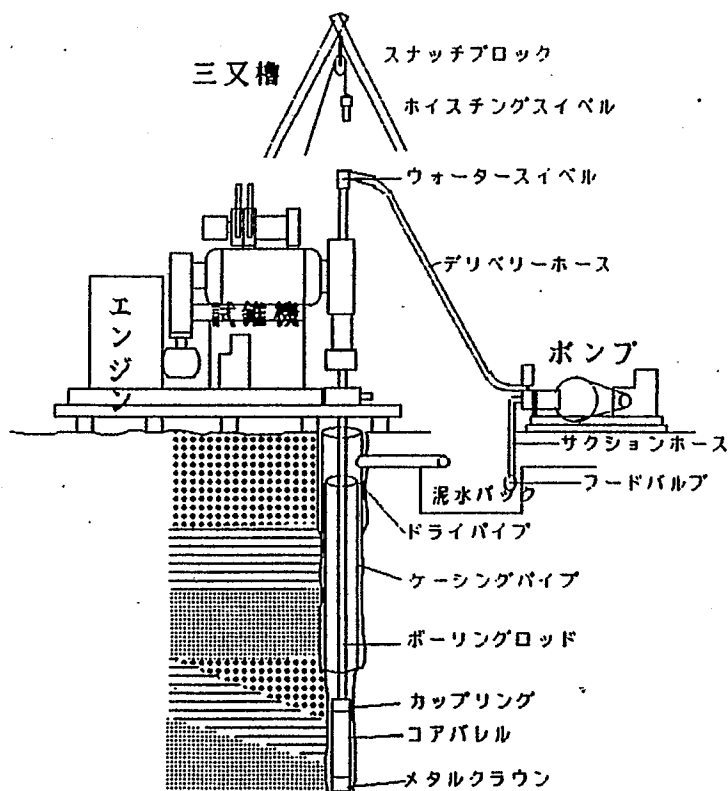


図 1-1 ボーリング装置一般図

1-3-2 標準貫入試験

標準貫入試験は、ボーリング孔を利用した原位置試験の一種であり、地盤中にサンプラーを動的に貫入することによってN値を求め、砂質土の締りや粘性土の硬さの度合を判定することができる。なお、N値とは重量63.5kgのハンマを75cmの高さから自由落下させて標準貫入試験用サンプラーを30cm打ち込むのに要する打撃回数をいう。

試験方法は「JIS A 1219 土の標準貫入試験方法」により、原則として1mごとの貫入を行った。サンプラーによって採取した試料は、土質、色調、状態および混入物などについて観察して記録した。

試験装置の標準機構は図2-2の通りである。

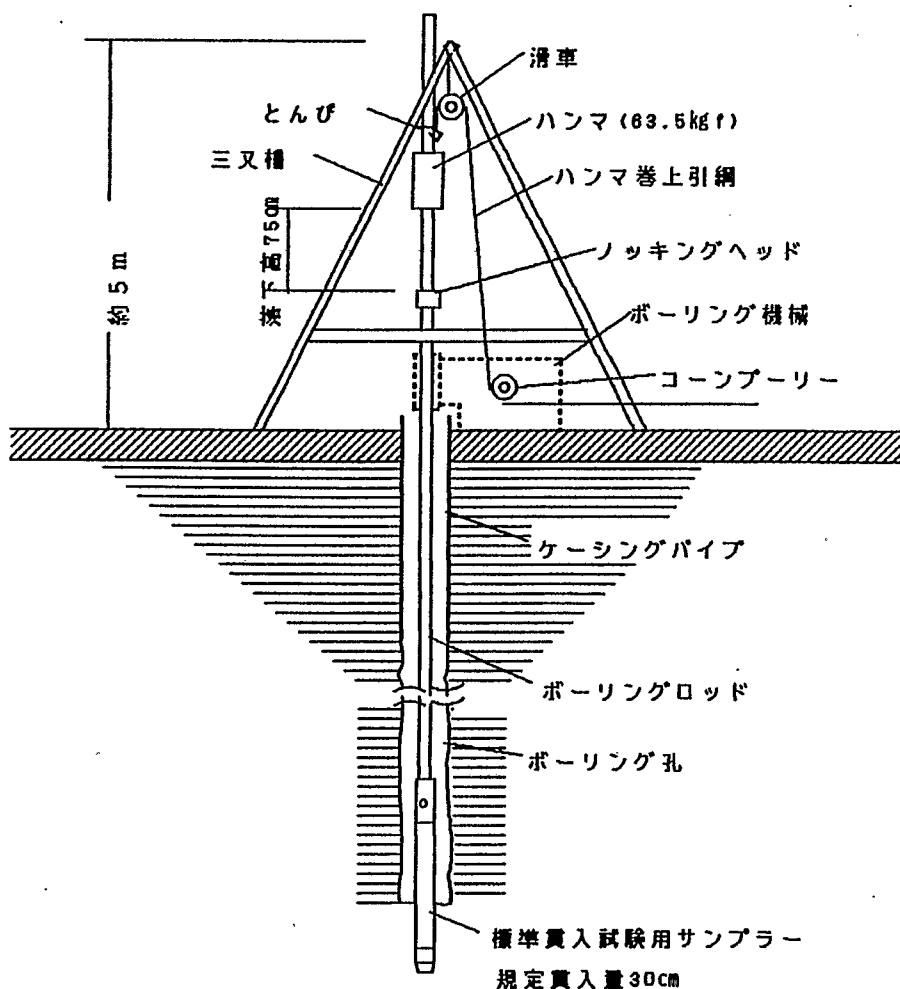


図1-2 標準貫入試験装置

1-3-3 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験は、LLT (Lateral Load Tester) を使用して行った。
測定方法の概要は次の通りである。

- ①孔径86mmのボーリング孔を洗淨する。
- ②ゾンデ、圧力-容積計、窒素ガスポンペを接続する。
- ③ゾンデをボーリング孔に挿入し、測定位置に固定する。
- ④窒素ガスによって圧力-容積計の水をゾンデに圧入し、各圧力段階の容積計の送水量とゾンデ圧およびガス圧を測定する。

なお、測定は各圧力段階とも一定圧力を2分間保ち加圧後15秒、30秒、60秒、120秒の値を記録する。

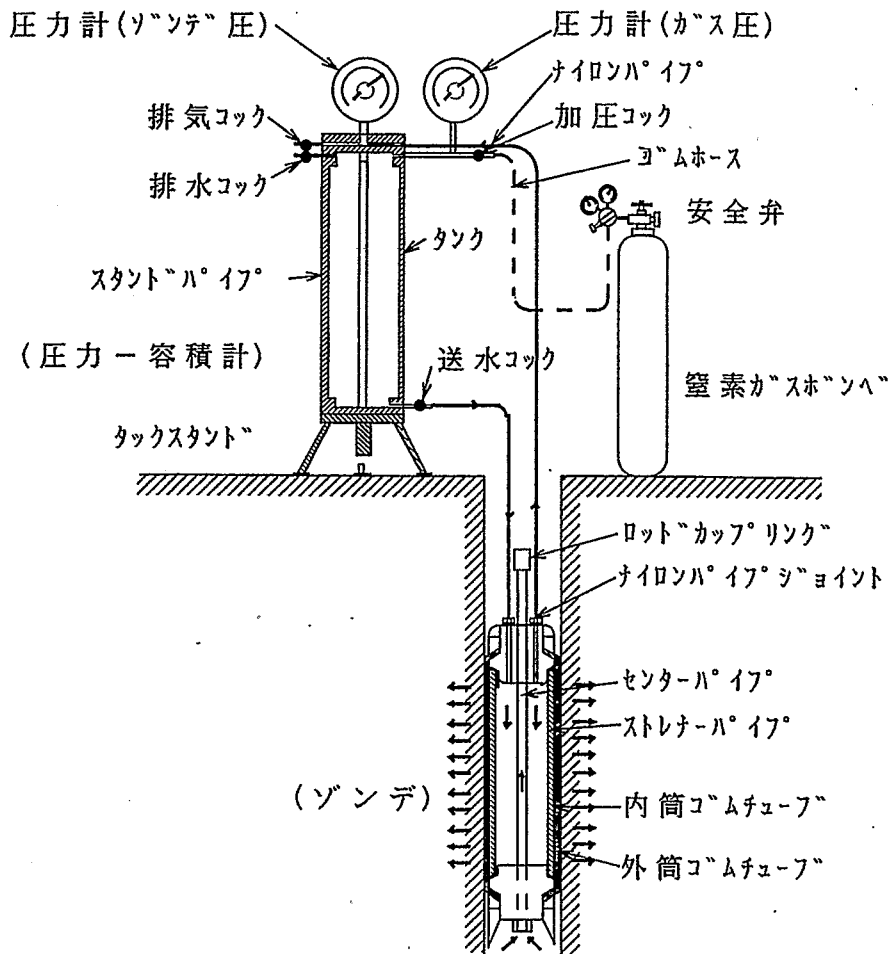
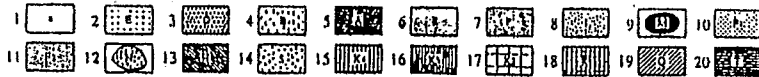
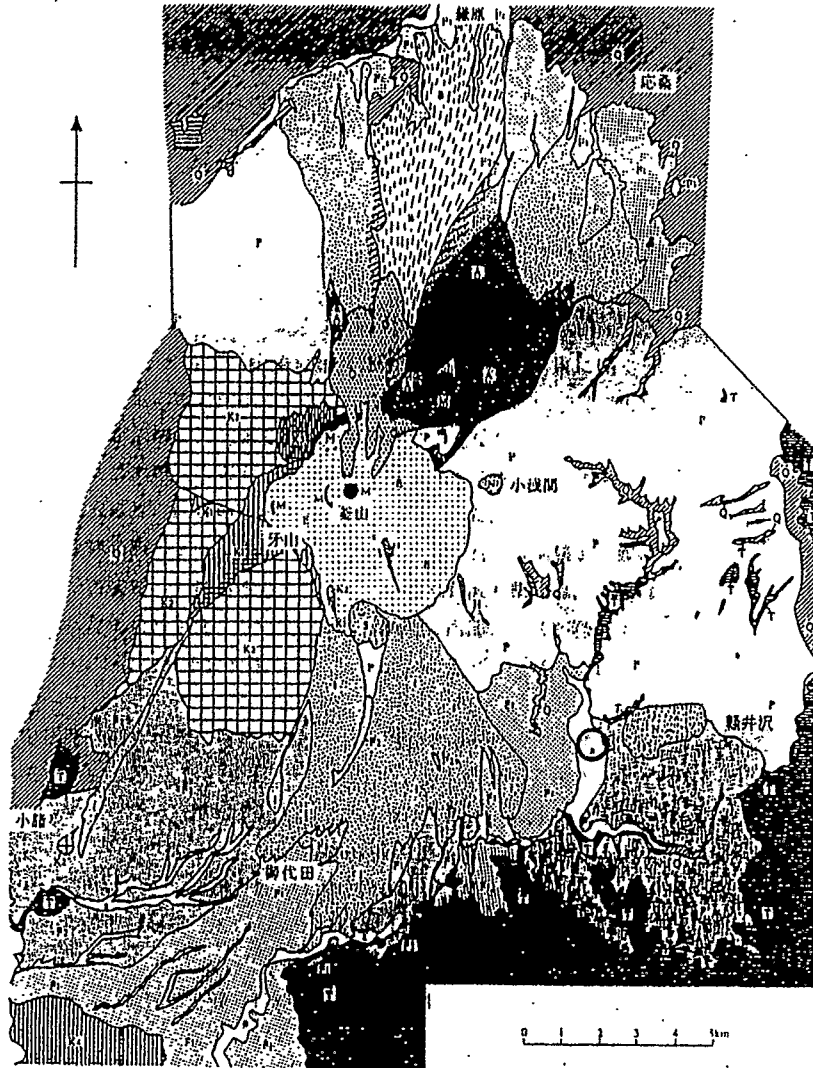


図1-3 LLTの説明図

2. 地 盤 概 要

本調査地は、JR信越本線の中軽井沢駅から東へ約 0.5kmに位置しており、「北佐久郡軽井沢町大字長倉字蓬田 2 3 7 5 - 1 他」に所在している。



1: 河川堆積物 2: 前掛山・釜山の最近の噴出物 3: 鬼押出し溶岩 4: 鎌原火砕流堆積物
 5: 吾妻火砕流堆積物 6: 降下軽石堆積物 7: 湖沼堆積物 8: 過分火砕流堆積物 9: 前掛山溶岩類 10: 第1軽石流堆積物 11: 第2軽石流堆積物 12: 小浅間溶岩円頂丘 13: 仏岩溶岩流
 14: 石尊山溶岩円頂丘 15: 黒斑山の岩屑なだれ堆積物 16: 黒斑山上部層(仙人グループ)
 17: 黒斑山中部層(三つ尾根グループ) 18: 黒斑山下部層(牙グループ) 19: 浅間より古い第四紀火山岩類 20: 新期の火山・堆積岩類

図 2 - 1 浅間火山地質図

調査地は、千曲川に流入する湯川流域の軽井沢盆地にある。地形的には、湯川によって開析された沖積谷地であり、標高は 937m 前後を示している。

沖積谷地の地質構成は、湯川の侵食によって形成された完新世の河川堆積物沖積層が谷を埋める形で埋積している。

河川堆積物の下には、更新世の浅間火山噴出物(降下堆積物)の火山灰質砂、火山灰質砂礫及び火山礫等が埋積している。

3. 調査結果

3-1 ボーリング調査

敷地内において3ヶ所のボーリング調査を実施して、地盤の地層構成を明らかにした。

調査結果は「ボーリング柱状図」及び「地層推定断面図」に整理して巻末資料集に示すとおりである。

調査結果によると、敷地内の地盤を構成する地質は、最上部に盛土層、盛土層の下には、砂質土層を主体とする河川堆積物が分布している。この河川堆積物は沖積谷を埋めた沖積層であると判断される。沖積層の下位には沖積層より古い地質で更新世（洪積期）に堆積した浅間火山噴出物（降下堆積物）が厚く分布する。

ボーリング結果を整理、検討し敷地地盤の地層構成を表3-1に示した。以下、各地層の地質及び地層の状態について記述する。

表3-1 地盤の地層構成表

地層時代	地層名	主層相	記号	層厚(m)	N値	特 徴
現 世	盛 土 層	火山灰質砂	B s	1.60 ~ 3.30	5~24 (9)	ガラ、碎石及び軽石等が混入。 非常に不均質である。
	第 四 紀	河川堆積物	A s g	1.40	7	φ 2~10mm位の重円礫。ボーリングNo. 1 に分布。
A s			1.10 ~ 2.30	1~13 (2.7)	礫、軽石が混入。 緩い砂層。	
更 新 世	砂 礫 層 第 一 層	シルト混り砂礫	V s g 1	3.80 ~ 5.70	32~50 以上 (37.7)	φ 2~30mm位の礫を主体とする。
		火山灰混り砂礫 火山砂礫		玉石混り砂礫 火山灰質砂礫	1.30 ~ 3.45	13~50 以上 (19.8)
新 世	浅間火山噴出物 (降下堆積物)	礫混り火山灰質砂	V s 1	2.10 ~ 8.20	7~13 (9.7)	スコリア、浮石及び軽石が混入。
		シルト混り火山灰質砂		砂 礫 層 第 二 層	1.50 ~ 9.00	23~50 以上 (37.3)
紀 世	砂 質 土 二 層	転石 火山灰混り砂礫 火山灰質砂礫	V s g 2	3.50 ~ 4.20	17~50 以上 (24.2)	ボーリングNo. 1 及びNo. 2 に分布する地層で、V s g 3層中に認められる。 礫、スコリアが混入。
		礫混り火山灰質砂 火山灰混り細砂 固結シルト		V s 2		

〔備考〕…N値の()内はその地層の代表N値を示すが、ばらつきを考慮して、
代表N値=平均値-標準偏差(σ_{n-1})/2とした。

3-2 地 質 各 説

(1) 盛 土 層 (B s)

本層は、敷地内地盤の最上位の地層である。火山灰質の砂質土を主体とするが、層中には碎石やコンクリート片などのガラの混入が多く認められており不均一である。このため、標準貫入試験のN値は5~24を示しばらつきが大きい。

(2) 河川堆積物

①砂質土層 (A s)

本層は、シルト及び粘土混じりの細砂からなる砂質土層で、火山灰質である。層中には2~10mm前後の小礫が混入する。また、シルトや粘土などの細粒土の混入も多く、ボーリング孔No.2, No.3では粘性があり有機物などの混入も認められる。N値は1~13(代表値2.7)を示し、概ね緩いクラスの砂質土層である。地層の連続性はよく層厚1.10~2.30mで敷地全体に渡って分布している。

②砂 礫 層 (A sg)

本層は、礫径2~10mmの小礫を主体としたシルト混じりの砂礫層で、N値7の緩い地層である。層の連続性はなく、ボーリング孔No.1でGL-2.50~3.90m(厚さ1.40m)において分布する。本層は、A s層中に局部的に分布すると考えられる(断面図A-A'及びC-C'断面参照)。

(3) 浅間火山噴出物

①砂礫層第一層 (V sg1)

本層は、色調暗灰・褐灰色を呈するシルト混じりの火山灰質砂礫から構成されている。礫径は2~30mm前後の火山礫が多いが、局部的に50~80mmの粗礫(大礫)が点在する。地層の分布は層の連続性がよく、断面図にみるように敷

地全体に渡って分布しており、層厚は 5.7~7.8mを示す。

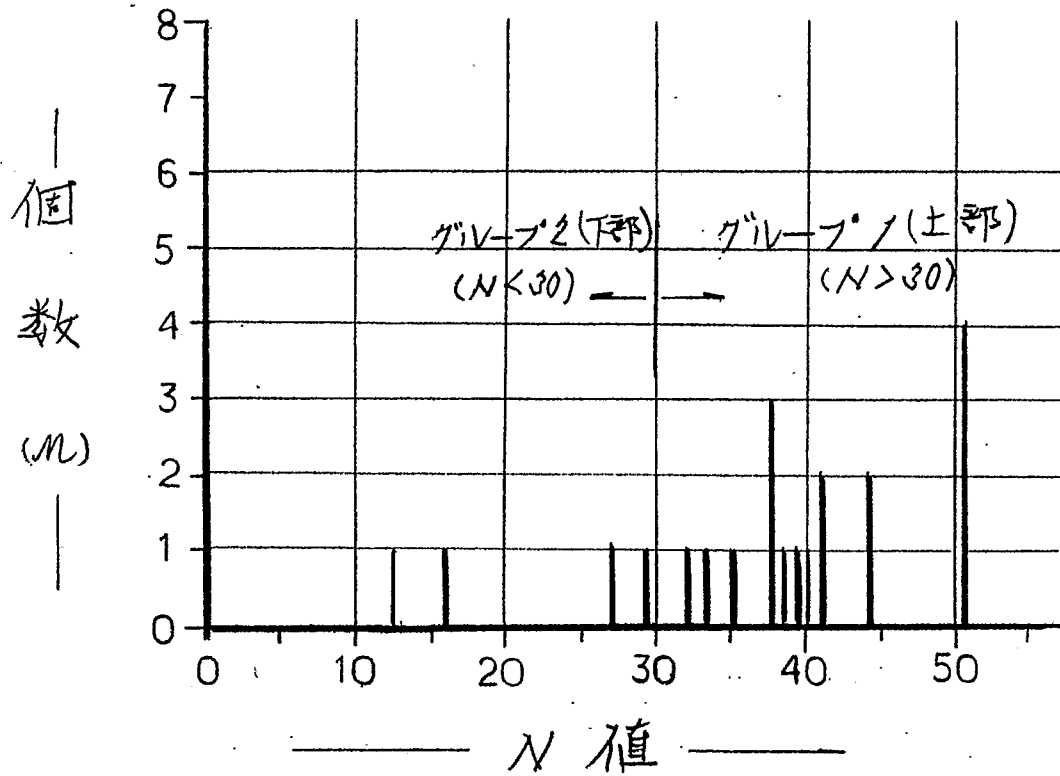


図 3 - 1 Vsg1層のN値分布図

図 3 - 1 と表 3 - 2 に N 値の分布状態についてとりまとめた。

表3-2 Vsg1層のN値分布 (グループ分け)

	グループ 1 (上部)			グループ 2 (下部)		
	N値範囲	深 度 (m)	層厚(m)	N値範囲	深 度 (m)	層厚(m)
No.1	32~50<	GL-5.00 ~10.70 (-4.50~-10.20)	5.7	16~50<	GL-10.70 ~12.80 (-10.20~-12.30)	2.1
No.2	35~50<	GL-5.60 ~11.30 (-4.35~-10.25)	5.7	-	-	-
No.3	37~44	GL-3.90 ~ 7.70 (-3.82~-7.62)	3.8	13~29	GL-7.70 ~11.15 (-7.62~-11.07)	3.45
グループ 代 表 N 値	37.7			19.8		

Vsg1層のN値分布は深さ方向に対して次の2つのグループに分けることができる。

- ・グループ1 (上部) ……N>30 (代表N値 37.7)

相対密度：密実

- ・グループ2 (下部) ……N<30 (代表N値 19.8)

相対密度：中位

グループ2のN<30の領域では、火山灰質の砂や有機物が混入する砂質土 (Vsg1-S) などが局部的に挟まれており、これに伴ってN値のカウントは13とか16程度と小さくなっている部分が認められる (ボーリング孔No.1のGL-11m, No.3のGL-8m)。

②砂質土層第一層 (Vs1)

本層は、色調暗灰・褐灰色を呈する礫及びシルト混じりの火山灰質砂によって構成されている。地層の連続性はよく敷地全体に分布しているが場所による層厚差が大きい。

層厚は 2.10～ 8.20mを示すが、概ね敷地の西側（ボーリング孔No.2）で厚く 8.20mを有している。

N値は 7～13（代表値 9.7）を示しており概ね緩いクラスの砂質土層であると考えられる。

③砂礫層第二層 (Vsg2)

本層は、色調暗灰・褐灰色を呈する火山灰質砂礫から構成されている。礫径は 2～30mm前後の火山礫を主体に、所々で40～70mm位の粗礫（大礫）が点在する。また、ボーリング孔No.1のGL-14.90～16.40m付近において巨石（転石）群を確認しており、長さ100～150mm程度の棒状コアが採取された。礫と礫の間を埋める充填物は含水量の多い火山灰質の粗砂及び軽石などである。

敷地全体に渡って分布し、概ね敷地西側（ボーリング孔No.2）に向かって緩く傾斜している。

N値は、23～50以上（代表値 37.3）を示しており、密な相対密度を有している。

④砂質土層第二層 (Vs2)

本層は、色調暗灰色を呈する火山灰質の砂質土から構成されており、砂の粒子は細砂～粗砂までと粒度分布は幅広い。全体に 2～30mm前後の火山礫の小礫が混入する。

断面図にみるように、本層はVsg2層に挟在するような形で分布すると考えられ、ボーリング孔No.1～No.2間では連続性がよいが、敷地のほぼ南側のボーリ

ング孔No.3では欠層となっている。

N値は17~50以上とばらついているが、代表値は $N = 24.2$ で中位の相対密度を示す砂質土層である。

なお、ボーリング孔No.1においてGL-19.90~20.40m(厚さ0.50m)で確認された固結シルトは細砂も混入していることから本層に含めてとりあつかった。

3-3 地下水位

地下水位は、ボーリング孔を利用した孔内水位を測定した。測定結果を表3-3に示した。

表3-3 孔内水位測定結果

ボーリングNo	孔内水位 G.L-(m)	地層名
No.1	1.45	盛土層 (Bs)
No.2	3.20	
No.3	1.40	

3-4 孔内水平載荷試験結果

ボーリング孔No.3 (但し、別孔) のG.L-3.0mにおいてシルト混じり細砂 (As) を対象にLLTによる孔内水平載荷試験を実施した。

詳細は「LLTデータシート」及び「LLT試験結果図」に整理して巻末資料集に示すとおりである。

主な結果は表3-4のとおりであるが、変形係数は $E = 8.75 \text{ kgf/cm}^2 (0.875 \text{ MN/m}^2)$ を示している。

表3-4 孔内水平載荷試験結果

静止土圧 P_0 kgf/cm ²	降伏圧 P_y kgf/cm ²	破壊圧 P_l kgf/cm ²	地盤係数 K kgf/cm ³	変形係数 E kgf/cm ²	中間半径 r_m cm
0.09	0.63	0.96	1.58	8.75	4.26

3-5 室内土質試験結果

ボーリング孔No.2で採取した攪乱試料を対象に、土粒子の密度、含水比及び粒度の物理試験を実施した。

詳細は「土質試験データシート」に整理して巻末資料集に示すとおりである。

試験結果一覧表を表3-5に示した。

表3-5 物理試験結果一覧表

深 度 G.L-(m)		4.15~ 4.50	8.15~ 8.45	16.15~16.45
土粒子の密度		2.611	2.672	2.696
自然含水比 (%)		75.3	9.6	32.0
粒 度 特 性	礫 分 (%)	9	48	26
	砂 分 (%)	47	41	47
	シルト分 (%)	35	8	22
	粘土分 (%)	9	3	5
日本統一土質分類		砂 質 土 {SF}	細粒分混り礫 [G-F]	礫混り砂質土 {SFg}

4. 地盤及び基礎に対する考察

4-1 地盤の液状化について

一般に地震時に液状化しやすい土層をあげると、次のとおりである。

- (1)地下水位面が地表面に近いこと。
- (2)地下水で飽和された細粒土（0.074mm以下の土粒子）含有率（ F_c ）が低い土質（ $F_c < 30\%$ の土質）。
- (3)N値が小さいこと。

（建築基礎構造設計指針：日本建築学会 1988より）

また、

- (1)細粒土含有率が $F_c < 30\%$ である土層、または $F_c < 30\%$ を超えても塑性指数（ I_p ）が15以下の低塑性土質。
 - (2)平均粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層。
- （参考：道路橋示方書・耐震設計編 1996より）

いづれも、対象土は地質学的に若い（新しい）沖積の砂質土層や低塑性シルト及び埋立土などの土質で、透水性（透水係数 $K = 10^{-4}$ cm/s以下）が低く、地震時に間隙水圧が蓄積しやすい土層が対象となっている。

今回の調査試験結果から液状化に関するデータをとりまとめると表4-1となる。

表4-1 液状化に関するデータ

地層		河川堆積物	浅間火山噴出物	
地質		砂質土 (沖積層)	細粒土混じり礫 (洪積層)	礫混じり砂 (洪積層)
記号		As	Vsg1	Vs1
深度 GL-(m)		4.0	8.0	16.0
粒径	D ₅₀ (mm)	0.105	1.81	0.33
	D ₂₀ (mm)	0.017	0.26	0.05
	D ₁₀ (mm)	0.0056	0.062	0.015
細粒土分 F _c (%)		44	11	27
実測 N 値 (代表値)		(2.7)	(37.7)	(9.7)
※透水係数 K (cm/s)		2.3×10^{-5}	1.5×10^{-2}	2.0×10^{-4}

※透水係数は下記のクレーガーの式から推定した。

$$K = 0.36 D_{20}^{2.37} \quad (\text{cm/s})$$

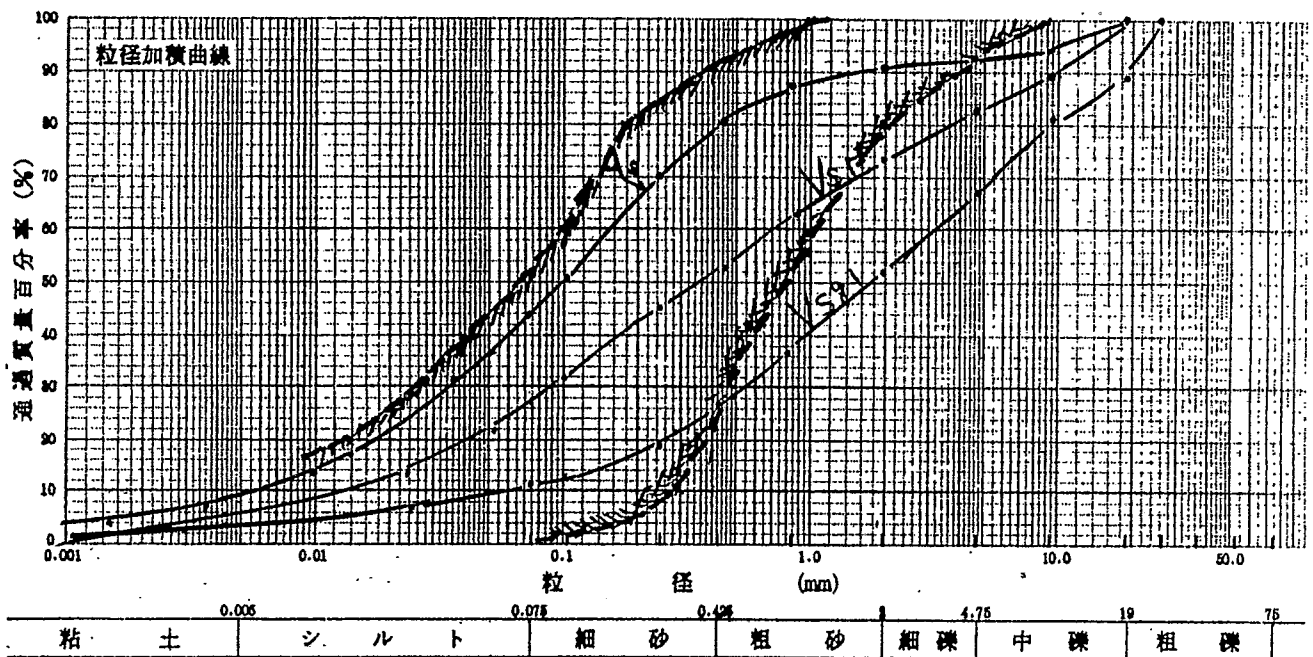


図4-1 各地層の粒度分布

液状化しやすい
粒度分布

図4-1は各地層の粒度分布をまとめたもので、同図には過去の大地震の際液状化した粒度分布のうち、特に液状化しやすいとされる粒度範囲を示した。

これによると、多少のばらつきはあるものの、洪積層であるVsg1層及びVs1層は粗粒子のものが多く含まれており、概ね「液状化しやすい粒度範囲」からはずれている。

一方、沖積層であるAs層は粒径のほとんどが「液状化しやすい粒度範囲」に入っている様子が図4-1からみることができる。

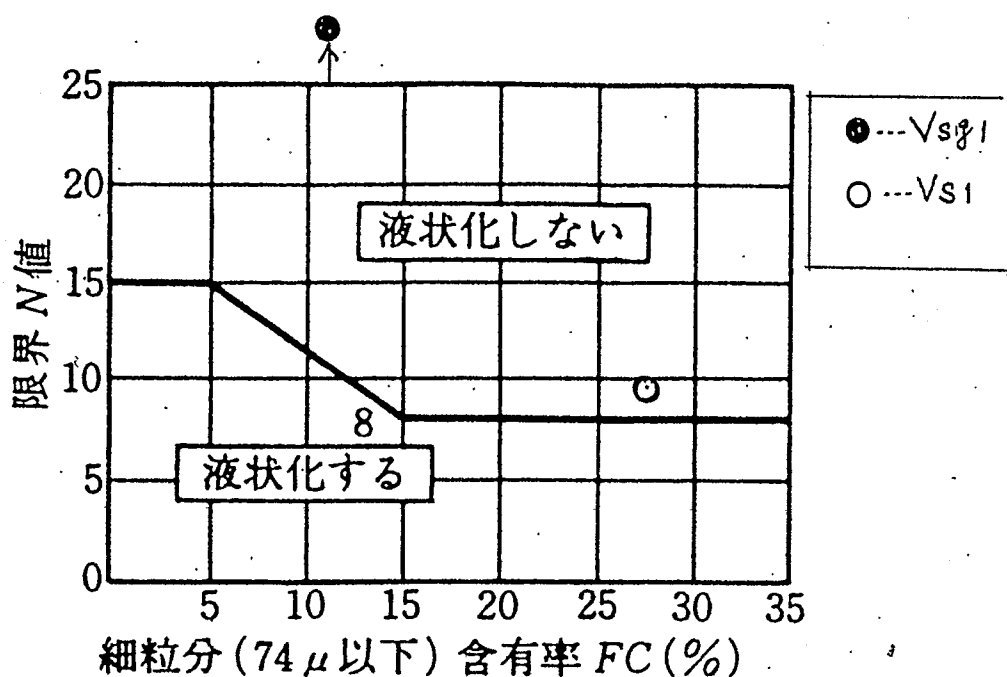


図4-2 液状化を生じる土の細粒分含有率と限界N値
(LNG地下水貯槽指針：日本瓦斯協会 1979より)

図4-2は土の細粒分含有率と限界N値の関係を示したものであるが、Vsg1及びVs1層とも「液状化しない」領域にプロットされている。As層は $F_c = 44\%$ ($F_c > 35\%$)であるが、N値が2.7と小さいことからここでの判定は難しい。

A s 層を土質工学的に考察すると次のとおりである。

- (1) 細粒土分が多いことから、標準貫入試験のN値は小さくする傾向があること。
- (2) 細粒土分が多いことから、地盤土の強度はせん断抵抗角 (ϕ) の他に粘着力 (c) を共有する土質であると考えられる。
- (3) この粘着力 (c) により動的強度が地震時に急激に減少することは少ないと考えられ、液状化抵抗 (動的強度) はN値でみるよりもっと大きいものと判断される。

以上のように、A s 層のN値や地盤強度は液状化問題に関して不確定要素があることから、ここではFc, 深さ, 地下水位などを考慮し以下の検討方法で液状化に対する検討をおこないチェックした。

建築基礎構造設計指針：日本建築学会 1988による検討

- (1) 等価繰返しせん断応力比 (τ_d / σ'_z)

$$\tau_d / \sigma'_z = \gamma_n \cdot K_H \cdot \sigma_z / \sigma'_z \cdot \gamma_d$$

- (2) 補正N値 (N_a)

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{10 / \sigma'_z}$$

- (3) 液状化抵抗比 (τ_l / σ'_z)

- (4) 液状化に対する安全率 F

$$F = \tau_l / \sigma'_z / \tau_d / \sigma'_z = \tau_l / \tau_d$$

ここに、

γ_n : 補正係数 $\gamma_n = 0.1(M - 1)$ M はマグニチュード

K_H : 検討用水平震度

σ_z : 検討深さにおける全応力 (KN/m²)

σ'_z : " 有効上載圧 (KN/m²)

γ_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数

$$\gamma_d = (1 - 0.015Z) \quad Z \text{は深度 (m)}$$

N_a : 補正N値

N_1 : 換算N値

τ_l / σ'_z : 液状化抵抗比 (図4-4による)。

F : 液状化に対する安全率

$F \leq 1.0$ ……液状化しない

$F > 1.0$ ……液状化する

[検討条件]

- ・ ボーリング孔No 2 G.L-4.0mの砂質土A s層 ($N = 1$)
- ・ 地震のマグニチュード $M = 7.5$
- ・ 水平震度 $K_H = 0.204$
- ・ 地下水位 $W_L = G.L - 3.2m$
- ・ 地盤の単位体積重量 ……盛土層 (B s) $\rightarrow \gamma = 18$ (KN/m³)
砂質土 (A s) $\rightarrow \gamma = 15.4$ (KN/m³)

(土質試験から推定)

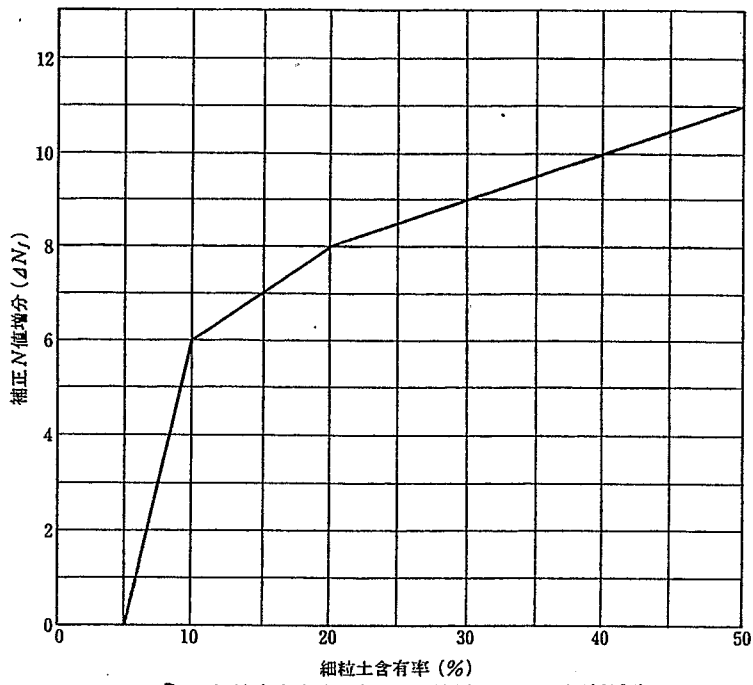


図4-3 細粒土含有率と補正N値増分 ΔN_f の関係^{4.5.4)}

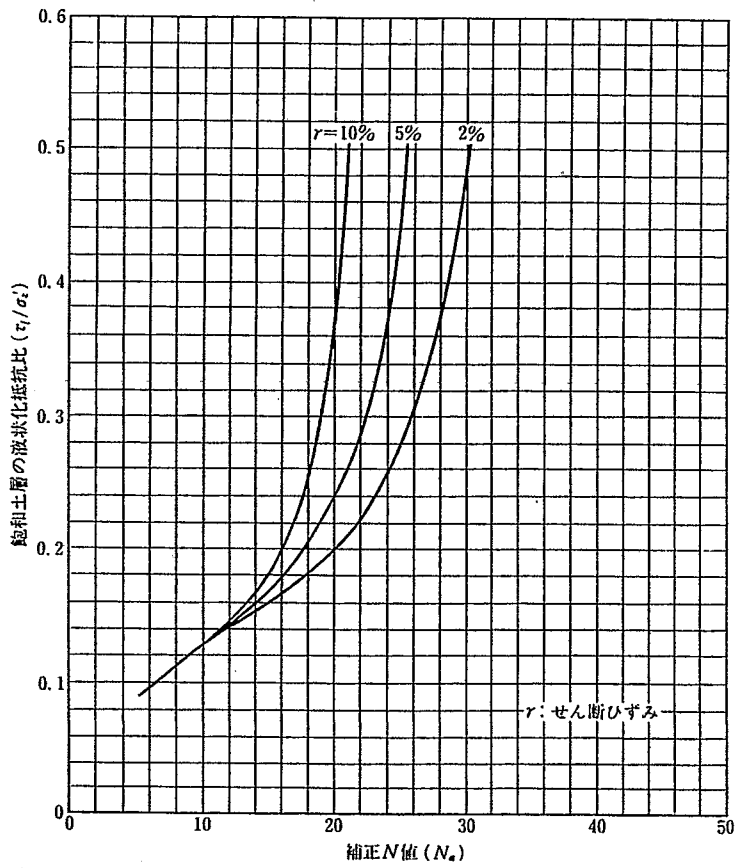


図4-4 補正N値 (N_a) と飽和土層の液状化抵抗比 τ_i/σ'_z の関係^{4.5.2), 4.5.4)}

表4-2にAs層の液状化検討結果を示した。

検討結果によるとAs層は「液状化しない」と判定される。

表4-2. A s 層の液状化検討結果

検 討 対 象 層		沖積層砂質土(A s)
深 度	GL - (m)	4.0
N 値		1
全 応 力	σ_z (KN/m ²)	70.2
有 効 応 力	σ'_z (KN/m ²)	62.2
応 力 比	σ_z / σ'_z	1.12
低 減 係 数	γ_d	0.94
繰返しせん断応力比 τ_l / σ'_z		0.140
補正N値	細粒土分布 F_c (%)	44
	N 値 増 分 ΔN_f	10.5
	換 算 係 数 N_1	1.27
	換 算 係 数 C_w	1.27
	$N_a \cong N_1 + \Delta N_f$	12
液状化抵抗比 τ_l / σ'_z		0.145 (5%ひずみ)
繰返しせん断応力 τ_d (KN/m ²)		8.70
液状化抵抗 (動的強度) τ_l (KN/m ²)		9.02
判 定	$F = \tau_l / \tau_d$	1.04
	液状化の可否	しない!

以上、地盤の液状化についてとりまとめると次のとおりである。

○沖積砂質土層であるA s 層、そして洪積層のVsg1層及びVsl層の各地層ともに地震時において液状化現象は発生しないと判断される。

4-2 基礎考察

4-2-1 基礎形式及び支持地盤

敷地内に建設計画されている「国保軽井沢病院」は地上3階建ての中層建築物である。

計画建築物の構造と規模から判断すると、基礎形式は①直接基礎と②杭基礎の二通りの基礎形式を考えることが一般的であろう。

(1)直接基礎について

直接基礎の場合、最上部の盛土層（Bs）が支持地盤対象になると考えられる。Bs層は、前述のように概ね砂質土によって構成されているが、全体に「コンクリート片」や「碎石」などガラの混入が多く雑多性に富む不均質な土層である。

不均質土層において予想される地盤工学的問題点はおおよそ次の通りである。

①地盤の支持力度に大きなばらつきが予想されること。

……砂質土の場合、支持力度の経験式として $q_a = 0.8N$ ($\times 10 \text{ KN/m}^2$) がある。この経験式によると表4-3のように最大で $q_a = 190 \text{ KN/m}^2$ 、最小で $q_a = 40 \text{ KN/m}^2$ と大きなばらつきがある。

表4-3 Bs層の許容支持力（長期）

Bs層のN値	最大値	最小値
N	24	5
許容支持力 q_a (KN/m^2)	190	40

$q_a = 0.8N$ なる経験式は自然地盤に対する支持力であって地質学的に最も新しい現世の盛土地盤に適用してよいかどうか疑問である。したがって設計上は盛土の許容支持力を小さい方の $q_a = 40 \text{ KN/m}^2$ 位でみておく方がよいであろう。

②基礎底面下に「ガラの多い部分」が局部的にあるとこの影響で図4-5に示すように不同沈下の原因になりやすい。

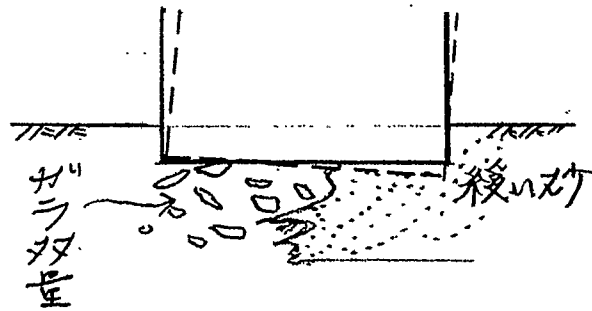


図4-5 不同沈下の原因

③また、盛土層を介して直接基礎（構造物荷重）の地中応力が盛土層下の沖積砂層（A s）に増加応力として作用することが考えられる。このA s層は細粒土分が $F_c = 44\%$ のいわゆる「中間土」であり、弾性沈下はもちろんのこと、圧密沈下が生ずる可能性のある土質である。

（A s層はN値のばらつき及び層厚差もあることからみて、不同沈下という問題もある。）

以上、直接基礎の対象地盤と考えられる盛土層（B s）及び沖積砂質土層（A s）両層ともに地耐力に問題のある土質であると考えられる。

(2)杭基礎について

前述のように、浅い深度に直接基礎の支持地盤となる妥当な地層がないことから、基礎形式として次に考えられるのは杭基礎となる。

杭基礎の場合、一般的にいわれている良質な支持層とは表4-4に示すような地層である。

表4-4 N値と支持層の目安

層相分類	良質な地層
砂質土，礫質土	$30 \leq N < 50$
粘性土	$20 \leq N < 30$

Nは標準貫入試験のN値

(土質地質調査要項：日本道路公団 1992より)

また、中層建築物を対象にした場合、地盤条件などを考慮して、支持層を経験的に判断する次の方法が参考となる。

$$\left. \begin{array}{l}
 \cdot N \text{ 値} \geq \text{その層の深さ} + 20 \\
 \cdot \text{厚さ (m)} \geq \text{その層の深さ} / 10 + 2
 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

(建築基礎構造設計基準：日本建築学会 1974版より)

表4-4から、杭基礎の支持層になりうる地層は「砂礫層第一層の上部」(V.sg1)である。

このV.sg1層を(1)式によって支持層としての妥当性を評価してみると表4-5となる。

表4-5 Vsg1層の支持層評価検討表

		Na 1	Na 2	Na 3
調査 結果 (実測)	土面深度 GL-(m)	5.00	5.60	3.90
	N値範囲	32~50<	33~50<	37~44
	層厚 (m)	5.70	5.70	3.80
(1) 式による 検討	計算N値	25	26	24
	計算層厚 (m)	2.5	2.6	2.4

表4-5のように、実測N値及び層厚ともに、(1)式によって計算された数値より上廻り条件を満足している。また、Vsg1層下部に圧密沈下を起こすような地層がないことから、下部地盤の圧縮性の問題もないと考えられる。

したがって、Vsg1層（上部）は杭基礎の支持層として十分に利用できるものである。

以上の考察から、計画建築物の基礎形式はVsg1層を支持層にした杭基礎の採用がよいと判断する。

4-2-2 杭の施工法

杭の施工法には、一般に①打込み杭工法、②埋込み杭工法及び③場所打ちコンクリート杭工法などがある。当地は、①隣接する既存病院があること、②軽

井沢という観光地かつ保養地という立地条件であること、などの環境条件から打込み杭工法の採用はおのずと無理である。よって、埋込み杭工法かあるいは場所打ちコンクリート杭工法の採用となる。

この場合、選択にあたっては、①周辺建築物の施工実績、②経済性などを加味し決定すべきであるが、一般に中層建築物に多く利用され実績が多く、既製杭であることによる杭の品質が確保される「埋込み杭工法」をここではまず第一に杭工法として考慮した。

4-2-3 杭の支持力

今回の調査，試験結果から明かとなった敷地地盤特性をもとに、杭基礎計画上の参考に供することを目的に杭の長期許容支持力（地盤支持力）等について検討する

なお、杭基礎は支持杭とし、主な諸元を次のように想定した。

- ・ 支持力試算の地盤データはボーリングNo.2とする。
- ・ 支持層 …… G.L-5.60~11.30mの火山灰混じり砂礫（Vsg1）
- ・ 杭先端深さ …… G.L-7.00m
- ・ 杭工法 …… 埋込み杭（セメントミルク工法）
- ・ 杭 径 …… ϕ 400, 450, 500mm

杭の長期許容支持力（地盤支持力）計算式

$$R_a = \frac{1}{3} \{ 20 \bar{N} A_p + (\bar{N}_s L_s / 5 + \bar{q}_u L_c / 2) \psi \}$$

【記号】

R_a : 長期許容支持力 (t)。

\bar{N} : 先端抵抗 N 値で、くい先端より下へ $1d$ 、上へ $4d$ の間の実測 N 値の平均値とする (d はくいの直径)。 N 値の上限は 60 とし、 \bar{N} の上限は 50 とする。なお、くい先端を支持地盤中に 1 m 以上、かつ、くい径 (d) の 2 倍以上貫入した場合は先端 N 値 (50 を上限とする。) を採用することができる。ただし、地盤の液状化のおそれのある地層をのぞく。

A_p : くい先端の全断面積 (m^2)。

\bar{N}_s : くい周地盤中の砂質土部分の実測 N 値の平均値 (ただし、 $\bar{N}_s / 5 \leq 5 \text{ t/m}^2$ とする。)

L_s : くい周地盤中の砂質土部分にあるくいの長さ (m)。ただし、地盤の液状化のおそれのある地層及びその上層の部分を除くものとする。

\bar{q}_u : くい周地盤中の粘性土部分の一軸圧縮強度の平均値 (ただし、 $\bar{q}_u / 2 \leq 5 \text{ t/m}^2$ とする。)。なお、一軸圧縮強度の実測値がない場合は、 $\bar{q}_u = 1.25N$ (t/m^2) とすることができる。

L_c : くい周地盤中の粘性土部分にあるくいの長さ (m)。

原則として、粘性土地盤のうち洪積層の部分についてのみ、周面摩擦力を有効とみなす。沖積層の場合は、圧密試験を行って当該地層及びその下部の地層の圧密が完了していることを確認した部分についてのみ周面摩擦力を有効とみなす。

ψ : くいの周長 (m)。

(建築構造設計指針：東京都 1991より)

R_a 試算の条件

- $N = 33$ (杭先端より下方へ $1d$ 、上方へ $4d$ の平均値)
- $N_s = 38$ $38/5 = 7.6$ $\therefore \tau = 5$ (tf/m^2), $L_s = 1.40\text{ m}$

各杭径に対する R_a を試算して表 4-6 に示した。また、表 4-7 には東京都の場合の埋込み杭の行政指導最大耐力値を示した。

表4-6 杭の地盤支持力表 (R a)

杭 径 (mm)	400	450	500
R a (tf/本)	30.5	38.2	46.7
(KN/本)	(305)	(382)	(467)

表4-7 埋込み杭の許容支持力 (セメントミルク工法)

N値 \ くい径 (mm)	くい径 (mm)						備 考
	300	350	400	450	500	600	
50	29	40	52	66	82	118	短期は 長期の2倍
40	24	32	42	53	65	94	
30	18	24	31	40	49	71	

以上より、杭の設計基準支持力は先の試算条件等が設計上、全て満足すれば表4-6の地盤支持力 (R a) と表4-7の支持力 (N値30に相当する支持力) を比較して、その小さい方の値によって決定される。

4-2-4 地盤の水平方向地盤反力係数 (K_H)

構内水平載荷試験結果をもとに、杭基礎の水平方向に深く関係する地盤の水平方向地盤反力係数 (K_H) を試算する。

K_H は次式によって求められる。

$$K_H = \alpha \cdot E_0 \cdot D^{3/4} \quad (\text{kgf/cm}^3)$$

ここに、

- ・ α …… L L T から求められた変形係数の低減値
(一般に $\alpha = 0.8$)
- ・ E_0 …… L L T から求められた変形係数 $E = 8.75$ (kgf/cm^2)
- ・ D …… 杭径 $\phi 40, 45, 50$ (cm)

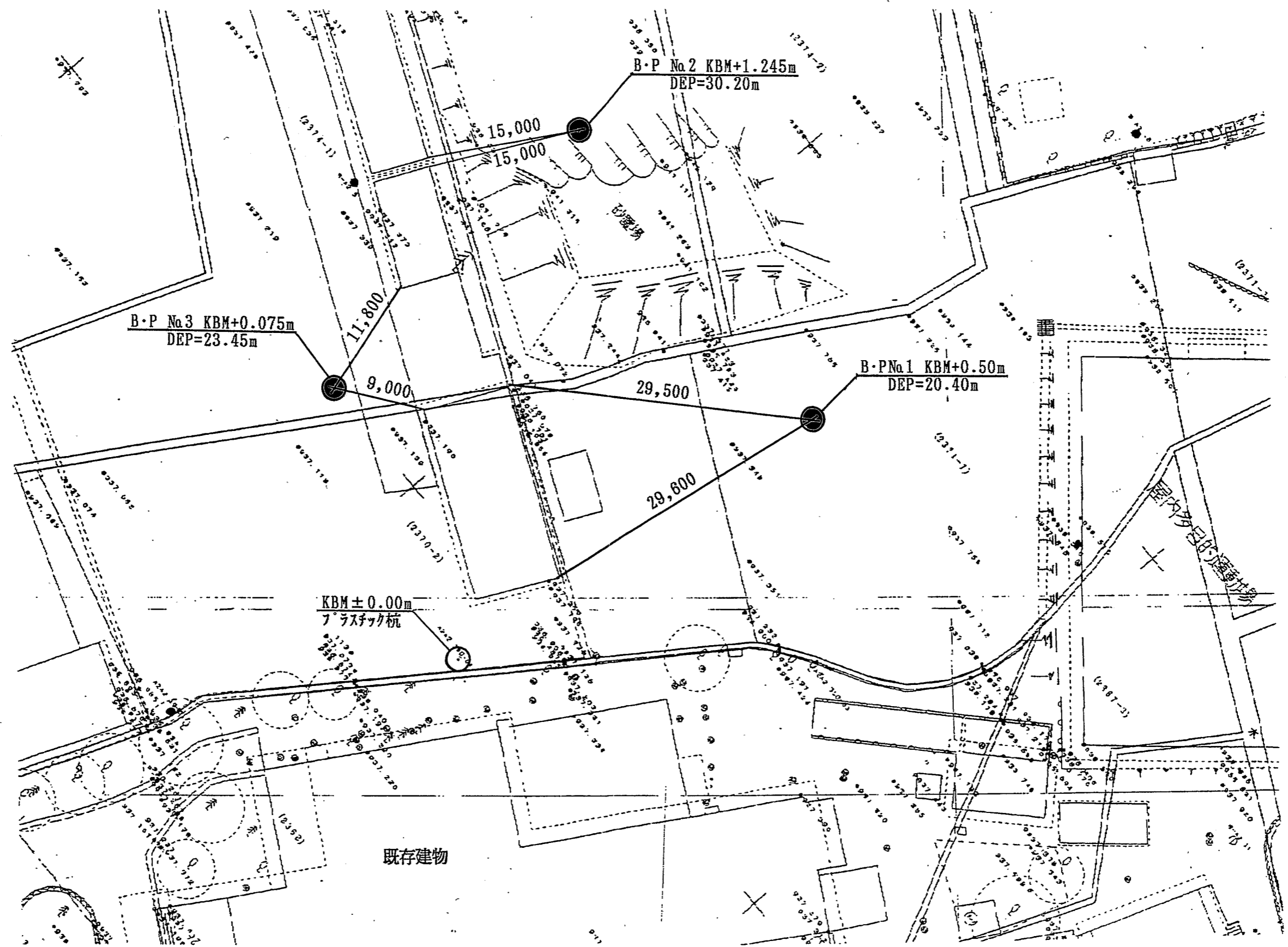
(地震力に対する建築物の基礎の設計指針：日本建築センター 1984)

各杭径に対する K_H を試算して表 4-8 に示した。

表 4-8 K_H 算定表

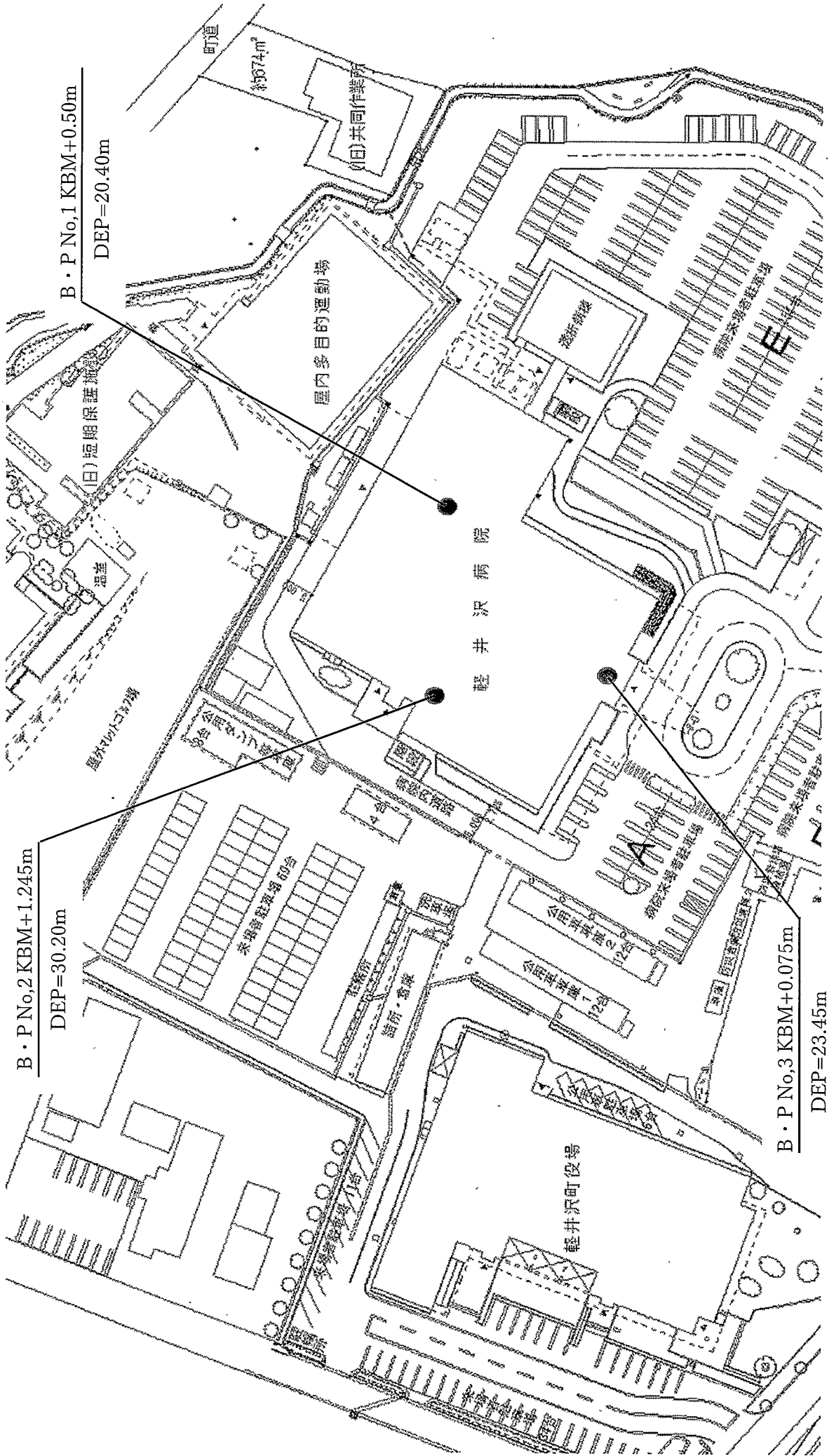
杭 径 (mm)	400	450	500
K_H (kgf/cm^3)	0.44	0.40	0.37
(KN/m^3)	(44.0)	(40.0)	(37.0)

調査位置図



調査位置図
 縮尺 1:400

● 参考【現況図（令和3年）に落とし込んだ調査位置】



ボーリング柱状図

ボーリング柱状図

JACIC 様式Ge201

調査名 国保軽井沢病院新築工事土質調査

ボーリングNo.									
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

事業・工事名

シートNo.

ボーリング名	NO.1	調査位置	長野県北佐久郡軽井沢町大字長倉字蓬田2375-1他			北緯	
発注機関		調査期間	平成11年11月24日～平成11年11月24日			東経	
調査業者名		主任技師	現場代理人	コア鑑定者	ボーリング責任者		
孔口標高	KBM +0.50m	角度	180° 上下 90°	方向	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°	地盤勾配	鉛直 0°
総掘進長	20.40m	試験機	KR-100		ハンマー落下用具	コーンプーリー	
		エンジン	ヤンマー		ポンプ	カノ-V6	

標尺 (m)	層厚 (m)	深度 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記号	標準貫入試験				原位置試験	試料採取		室内試験 掘進月日	
									深度 (m)	10cm毎の打撃回数	打撃回数/貫入量 (cm)	N値		深度 (m)	試験名および結果		深度 (m)
1	-1.00	1.50	1.50	盛土 (BB)	暗灰			地表面草の根多い。コンクリート、ガラおよび礫を混入する。火山灰質砂の埋土。	1.15	3	2	3	8				
2	-2.00	1.00	2.50	盛土 (BB)	暗灰			含水量やや多い。軽石、小礫が混入する。所々、腐植土を挟む。	1.45	2	3	2	7				
3	-3.40	1.40	3.90	シルト混り砂礫 (GI-M)	暗灰	緩い		含水量多い。礫はφ2~10mm程度の亜円礫で軽石が混入する。シルトを混入する。	2.45	3	2	2	7				
4	-4.50	1.10	5.00	シルト混り火山灰質砂 (SV-M)	暗灰	緩い		含水量多い。砂の粒子は不均一でφ2~10mm程度の礫が混入。	3.45	1	2	2	5				
5									4.15	15	12	10	37				
6									4.45	12	15	13	40				
7									5.15	13	10	18	41				
8									5.45	13	10	18	41				
9									6.15	50	2	50	750				
10	-10.20	5.70	10.70	シルト混り砂礫 (GI-M)	暗灰	密な		含水量やや多い。礫はφ2~30mm程度の火山礫を主体とする。所々、φ50~70mmの玉石が点在する。所々、シルトおよび腐植土を挟む。	7.45	9	12	12	33				
11	-11.00	0.80	11.50	礫混り火山灰質砂 (SV-G)	暗青灰	中位		含水量多い。砂の粒子は均一である。	8.17	8	14	10	32				
12	-12.30	1.30	12.80	玉石混り砂礫 (GI-B)	暗青灰	非常に密な		含水量多い。玉石はφ70mm位のものが入る。礫φ2~30mm主体。	8.15	5	6	5	16				
13									8.17	50	2	50	750				
14	-14.40	2.10	14.90	礫混り火山灰質砂 (SV-G)	暗青灰	中位		含水量多い。φ2~30mm程度の礫が多く混入する。砂は火山灰質で粗礫が混じる。	9.15	4	4	5	13				
15	-15.90	1.50	16.40	転石 (T)	暗青灰	非常に密な		含水量少ない。火山質の転石である。	10.15	3	2	5	10				
16									10.45	50	2	50	750				
17									11.15	8	14	10	32				
18	-19.40	3.50	19.90	礫混り火山灰質砂 (SV-G)	暗青灰	中位		含水量中位。礫はφ2~30mm位のものが入っており、亜円礫を主体とする。砂は火山灰質で粗砂で構成される。粗礫が混じる。下部、薄くシルトを挟む。	11.45	5	5	8	18				
19	-19.90	0.50	20.40	固結シルト	暗青灰	固結した		非常に硬い。	12.15	5	4	12	21				
20									12.17	6	5	8	17				
									13.15	18	12	20	50				
									13.45	5	5	8	18				
									14.15	18	12	20	50				
									14.45	5	5	8	18				
									15.15	50	2	50	750				
									15.17	50	2	50	750				
									16.15	50	2	50	750				
									16.17	50	2	50	750				
									16.45	5	4	12	21				
									17.15	5	4	12	21				
									17.45	6	5	8	17				
									18.15	18	12	20	50				
									18.45	5	5	8	18				
									19.15	18	12	20	50				
									19.45	5	5	8	18				
									20.15	18	12	20	50				
									20.40	5	5	8	18				

ボーリング名	NO.2	調査位置	長野県北佐久郡軽井沢町大字長倉字蓬田2375-1他		北緯	
発注機関		調査期間	平成11年11月21日～平成11年11月24日		東経	
調査業者名		主任技師		現場代理人	コア鑑定者	ボーリング責任者
孔口標高	KBM +1.245m	角度	180° 上下 0°	方向	北 0° 270°西 90°東 180°南	地盤勾配 鉛直 90° 水平 0°
総掘進長	30.20m	使用機種	試錐機	KR-100	ハンマー落下用具	コーンプーリー
			エンジン	ヤンマー	ポンプ	カノ-V6

標尺 (m)	層高 (m)	層厚 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	相対稠度	記号	標準貫入試験						原位置試験		試料採取		掘進月日
										深 (m)	10cm毎の打撃回数	打撃回数/貫入量 (cm)	N値	深 (m)	試験名および結果	深 (m)	試料番号			
1									火山灰質砂を主体とする。0.5m付近まで碎石が混入している。所々、凝固状を呈し3cm位の固まりがみられる。	1.15	5	6	7	18						
2										2.15	6	8	10	24						
3	-2.05	3.30	3.30	盛土 (BB)	黒褐	緩い				3.15	4	1	5	5						
4						非常に緩い			含水量中位。粘性は強い。φ2~30mm位の軽石が混入している。スコリア、軽石の固まりが認められている。	3.45										
5	-3.90	1.85	5.15	粘土混り細砂 (FS-C)	黒褐	中位				4.15	1		1	35						
	-4.35	0.45	5.60	シルト混り火山灰質砂 (SV-M)	暗灰	中位			含水量中位。	4.50	2	6	5	13						
6						密な				5.15	6	5	13	30						
7						非常に密な			含水量中位~多い。粒径はφ2~30mm程度を主体としマトリックスは粗砂によって構成される。φ50~70mm位も認められる。逸水現象認められる。	5.45	13	11	14	38						
8						密な				6.15	13	11	14	38						
9						非常に密な				6.45	50			50						
10						密な				7.00										
11	-10.05	5.70	11.30	火山灰混り砂礫 (GI-V)	暗灰	非常に密な				7.15	13	12	10	35						
12						非常に密な			含水量多い。スコリア、浮石および軽石を主体とし、水を多く含む。	8.15	13	12	10	35						
13	-12.45	2.40	13.70	火山灰質砂 (SV)	暗灰	中位				8.45	14	16	14	44						
14						中位				9.15	14	16	14	44						
15						中位			含水量多い。スコリア、浮石および軽石を主体とする。全体的にシルトを含む。	9.45	10	15	12	37						
16						中位				10.15	10	15	12	37						
17						中位				10.45	50			50						
18						緩い				11.00										
19	-18.25	5.80	19.50	シルト混り火山灰質砂 (SV-M)	暗灰	中位				11.15	3	3	4	10						
20						非常に密な			含水量多い。φ2~30mm前後の礫を主体とし、マトリックスは火山灰砂である。	12.15	3	3	4	10						
21	-19.35	1.10	20.60	砂礫 (GI)	暗灰	非常に密な				12.45	3	4	5	12						
22						密な			含水量中位。粒子はほぼ均一である。深度23~24m付近は含水量が多く認められる。スコリア、浮石が全体に混入している。	13.15	3	4	5	12						
23						褐灰				13.45	4	3	4	11						
24	-23.55	4.20	24.80	火山灰混り細砂 (FS-V)	黒褐	中位				14.15	4	3	4	11						
25						密な				14.45	5	4	3	12						
26						密な			含水量多い。φ2~30mm前後の礫を主体とする。φ40~50mmも認められる。マトリックスは火山灰質砂で構成されている。	15.15	5	4	3	12						
27						密な				15.45	3	4	3	10						
28						密な				16.15	3	4	3	10						
29						非常に密な				16.45	4	4	4	12						
30	-28.95	5.40	30.20	火山灰混り砂礫 (GI-V)	暗灰	非常に密な				17.15	4	4	4	12						
						非常に密な				17.45	3	3	3	9						
						非常に密な				18.15	3	3	3	9						
						非常に密な				18.45	4	3	4	11						
						非常に密な				19.15	4	3	4	11						
						非常に密な				19.45	19	14	17	50						
						非常に密な				20.15	19	14	17	50						
						非常に密な				20.43	12	8	28	53.6						
						非常に密な				21.15	13	12	20	45						
						非常に密な				21.45	11	12	20	43						
						非常に密な				22.15	11	12	20	43						
						非常に密な				22.45	6	7	10	23						
						非常に密な				23.15	6	7	10	23						
						非常に密な				23.45	9	10	10	29						
						非常に密な				24.15	9	10	10	29						
						非常に密な				24.45	13	12	20	45						
						非常に密な				25.15	13	12	20	45						
						非常に密な				25.45	14	18	18	50						
						非常に密な				26.15	14	18	18	50						
						非常に密な				26.42	50			50						
						非常に密な				27.15	50			50						
						非常に密な				27.18	3			3	500					
						非常に密な				28.15	50			50						
						非常に密な				28.21	50			50						
						非常に密な				29.15	50			50						
						非常に密な				29.15	50			50						
						非常に密な				30.15	50			50						
						非常に密な				30.20	5			5	300					

ボーリング柱状図

JACIC 様式Ge201

調査名 国保軽井沢病院新築工事土質調査

ボーリングNo.									
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

事業・工事名

シートNo.

ボーリング名	NO.3	調査位置	長野県北佐久郡軽井沢町大字長倉字蓬田2375-1他	北緯	
発注機関		調査期間	平成11年11月20日～平成11年11月23日	東経	
調査業者名		主任技師		現場代理人	コア鑑定者
孔口標高	KBM +0.075m	角度	180° 上下 0°	方向	北 0° 西 270° 東 90° 南 180°
総掘進長	23.45m	地盤勾配	鉛直 90°	使用機種	試験機 KR-100 エンジン ヤンマー
				ハンマー落下用具	コーンプーリー
				ポンプ	カノ-V6

標尺 (m)	層厚 (m)	深度 (m)	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記号	標準貫入試験					原位置試験		試料採取		掘進月日	
									孔内水位 (m) / 測定月日	深 (m)	10cm毎の打撃回数	打撃回数 / 貫入量 (cm)	N 値	深 (m)	試験名および結果	深 (m)	試料番号		
1	-1.52	1.60	1.60	盛土 (BB)	暗褐			火山灰土で砕石が多い。軽石の混入が多い。ロームが混じる。	1.15	4	5	5	14	14					
2						緩い		含水量多い。黒ボク、有機物が混入する。軽石多く混じる。	1.40										
3						非常に緩い			2.15	1	3	4	4						
4	-3.82	2.30	3.90	シルト混り細砂 (FS-M)	黒褐				2.45	1	1	2	35	1.7					
5								含水量少ない～中位。軽石多く混じる。有機物混入。所々、φ60～70mm位の玉石が点在する。	3.15	1	1	2	35						
6									3.50	13	14	10	37						
7									4.15	13	14	10	37						
8	-7.62	3.80	7.70	火山灰砂礫 (G1)	褐灰	密な			4.45	20	10	14	44						
9								含水量中位。軽石が多く有機物が混入する。φ50～80mmの玉石が所々に点在する。	5.15	20	10	14	44						
10									5.45	15	14	12	41						
11									6.15	15	14	12	41						
12								φ15～25mmの礫が混入する。	6.45	15	12	12	39						
13									7.15	15	12	12	39						
14	-14.37	3.30	14.45	礫混り火山灰質砂 (SV-G)	褐灰	緩い			7.45	5	4	4	13						
15									8.15	5	4	4	13						
16								含水量中位。軽石の混入が多い。	8.45	9	10	10	29						
17									9.15	9	10	10	29						
18									9.45	5	10	12	27						
19								19.5～20.0m間玉石点在。	10.15	5	10	12	27						
20									10.45	5	4	3	12						
21								下部 φ50～80mm位の玉石が点在する。	11.15	5	4	3	12						
22									11.45	3	3	3	9						
23	-23.37	9.00	23.45	火山灰質砂礫 (G1V)	褐灰	密な			12.15	3	3	3	9						
									12.45	3	2	2	7						
									13.15	3	2	2	7						
									13.45	3	3	3	9						
									14.15	3	3	3	9						
									14.45	7	7	9	23						
									15.15	7	7	9	23						
									15.45	5	9	12	26						
									16.15	5	9	12	26						
									16.45	10	13	12	35						
									17.15	10	13	12	35						
									17.45	11	11	13	35						
									18.15	11	11	13	35						
									18.45	10	11	13	34						
									19.15	10	11	13	34						
									19.45	50	5	50	300						
									20.15	50	5	50	300						
									20.20	13	37	7	50	17	88.2				
									21.15	11	11	9	31						
									21.32	11	11	9	31						
									22.15	10	13	14	37						
									22.45	10	13	14	37						
									23.15	10	13	14	37						
									23.45										

3.00 孔内水平載荷試験 NO.3 別孔

