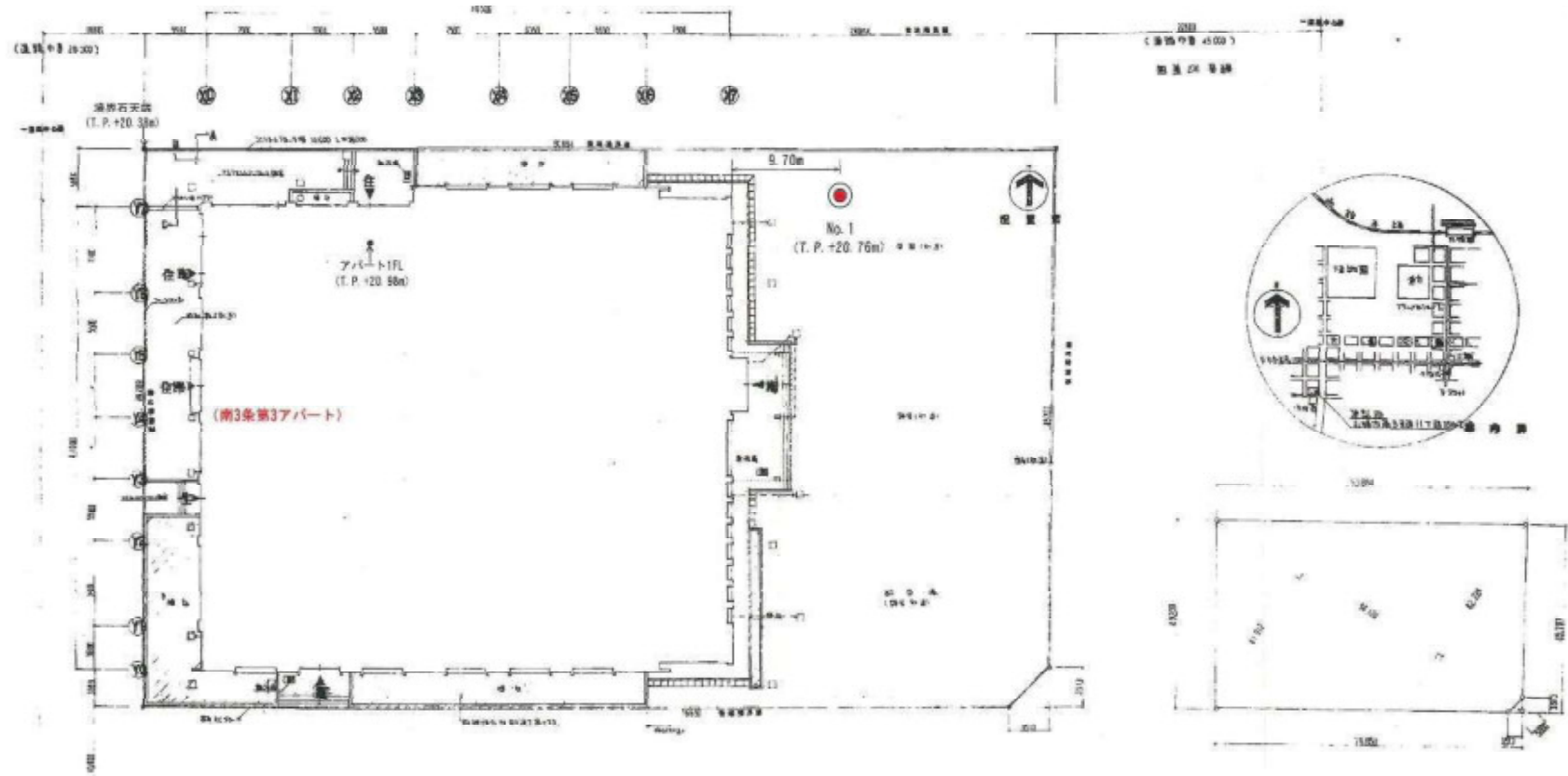


別紙Ⅱ-4 地盤状況



※標高は、一等水準点第7410号を基準 (T.P. +19.0771m) とした。

件名	札幌地区市街地住宅耐震化に係る 土質調査業務		
図名	調査位置図 (南3条第3アパート)		
縮尺	1/400	図番	1.2.1
株式会社 東京ソイルリサーチ			

2. 調査方法

2.1 地盤高測量基準

地盤高の標高基準は、調査地の北西方約 400m（札幌市中央区南 1 条西 14 丁目 291 番地先）にある一等水準点第 7410 号（H=19.0771m）とした。その基準点成果および点の記を表-2.1.1 および図-2.1.1 に示す。

表-2.1.1 今回使用した水準点の成果

基準点詳細【基本水準点】

表示している座標値等は、成果表の座標値と異なることがあります。
 測量標及び測量成果の無断使用は測量法により罰せられることがあります。
 使用承認を得て使用して下さい。

選択リスト追加

基準点基本情報	
基準点コード	L010000007410
ICタグ(unicode)	
等級種別	一等水準点
路線番号	39
基準点名	7410
ワンストップサービスの可否	○

基準点成果情報	登録年月日	状態
	0000/00/01	正常

20万分の1地勢図名	札幌
5万分の1地形図名	札幌
平均成果	2000年度平均成果
北緯	43°03'23".0000
東経	141°20'12".0000
算出方法	
標高(m)	19.0771
作業内容	
作業年月日	00000000

点の記情報 調製年月日: 2004/09/26

2004/09/26

基準点現況情報 登録年月日: 20080810 【正常】

出典) 国土地理院：基準点成果等閲覧サービスから転載

一等水準点の記

		1000007410	
標識番号	第 7410 号	20万分の1図名	札幌
		5万分の1図名	札幌
所在地	北海道札幌市中央区南1条西14丁目291番地先		
	-----	地目	公衆用道路
敷地	札幌市		
管理者	管理：中央区土木部維持管理課		
標識の種類	標石	埋設法	地下(保護石一個)
選点	大正 4年 6月 17日	選点者	緒方嘉辰
埋設	大正 4年 6月 18日	埋設者	緒方嘉辰
観測	平成 16年 11月 5日	観測者	庭野基
旧埋設			
周辺の目標	中村記念病院		
その他	-----		
隣接点	(準基 317 :)	(7410 :)	(7409 :)
との距離	km 1.6	km 1.8	
備考	(平成16年 9月26日現在)更新 標示板設置不可 協議済		

国土地理院

路線番号 (39 :)

図-2.1.1 今回使用した水準点の記

出典) 国土地理院：基準点成果等閲覧サービスから転載

2.2 試掘

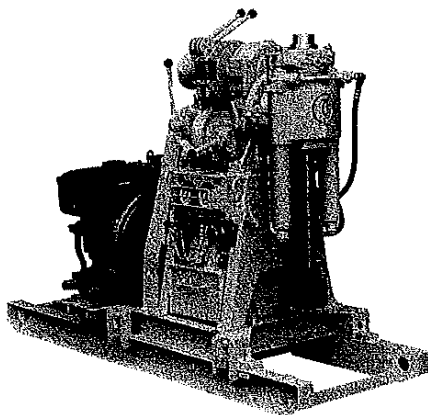
調査地点の埋設物の有無を確認するため、スコップ等を用いてGL-1.50mまで試掘を実施した。

2.3 機械ボーリング

機械ボーリングは、ロータリー式試錐機を用いて実施した（図-2.3.1参照）。

この方法は原動機（ディーゼルエンジン）により本機械のスピンドル、ロッドを回転させるとともに、削孔ポンプでベントナイト泥水を循環させ、ロッド先端のコアチューブの回転力によって土砂を掘削し、循環泥水によってその土砂を孔外に排出するものである。掘進作業中は、掘進速度・ポンプ圧・泥水色の変化などに十分注意し、土質の把握に努めた。泥水で孔壁を保持できない場合は、所定の深度までケーシングパイプを打設した。削孔径はφ66～116mmである。

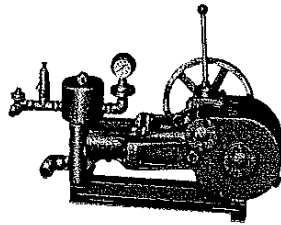
調査終了後は検尺を実施した後、孔内をセメントミルクで充填して閉塞した。



機械本体

能力	使用ロッド (mm)	40.5
	削孔深度 (m)	100
スイベルヘッド	形式	ダブルシリンダー・オイルフィード方式
	スピンドル内径 (mm)	43
	スピンドルストローク (mm)	400
	スピンドル回転数 (rpm)	57～270
	給進力 (MN)	上昇 269, 下降 202
	スピンドルトルク (N・m)	620
ホイスト	形式	プラネタリーギヤ方式
	巻上スピード (m/min)	15～70
	巻上能力 (MN)	90
コーンブリー	(mm)	φ110×125
オイルポンプ	形式	可変吐出量形ベースポンプ
	圧力 (MPa)	常用 5, 最大 7
重量	(MN)	35
原動機	(PS)	5～9

図-2.3.1(1) 機械本体



試錐ポンプ

吐出圧力 (最大)	(MPa)	3
吐出量	(l/min)	100
吸入管径	(mm)	250
吐出管径	(mm)	180
重量	(MN)	10

図-2.3.1(2) ポンプ本体

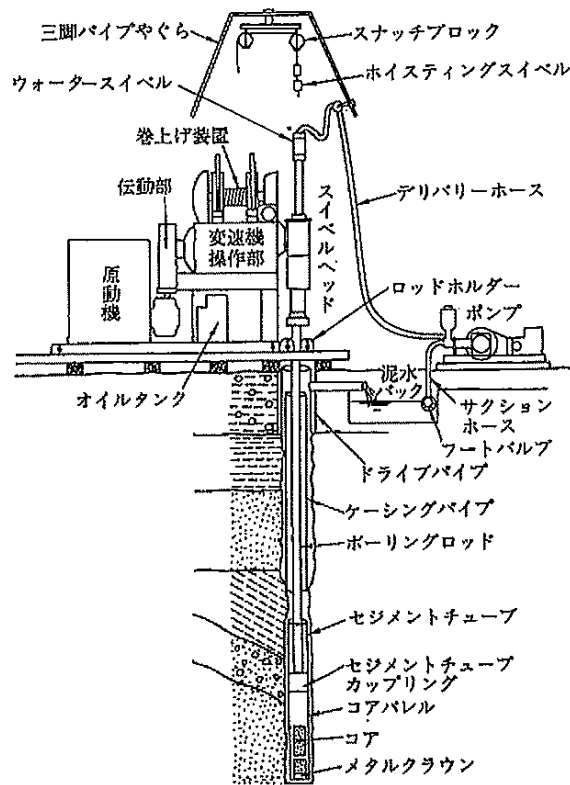


図-2.3.1(3) オイルフィード型ボーリング機械による削孔一般

2.4 標準貫入試験

標準貫入試験は JIS A 1219 に準拠し、ハンマー(俗称: モンケン)の落下は半自動落下装置を用いる「自動落下法」とした。試験は試掘箇所を除き 1m毎に実施した。標準貫入試験装置の概略を図-2.4.1 に示す。

試験は質量 $63.5 \pm 0.5\text{kg}$ のハンマーを $76 \pm 1\text{cm}$ 自由落下させ、サンプラーを 30cm 打込むのに要する打撃回数(N値)を測定する。打撃回数の上限は 60 回とし、上限に達した場合はそのときの貫入量を記録した。

標準貫入試験のサンプラーにより得られた乱した試料は、土質の観察を行った後、一部を標本ビンに詰めて土質標本とした。

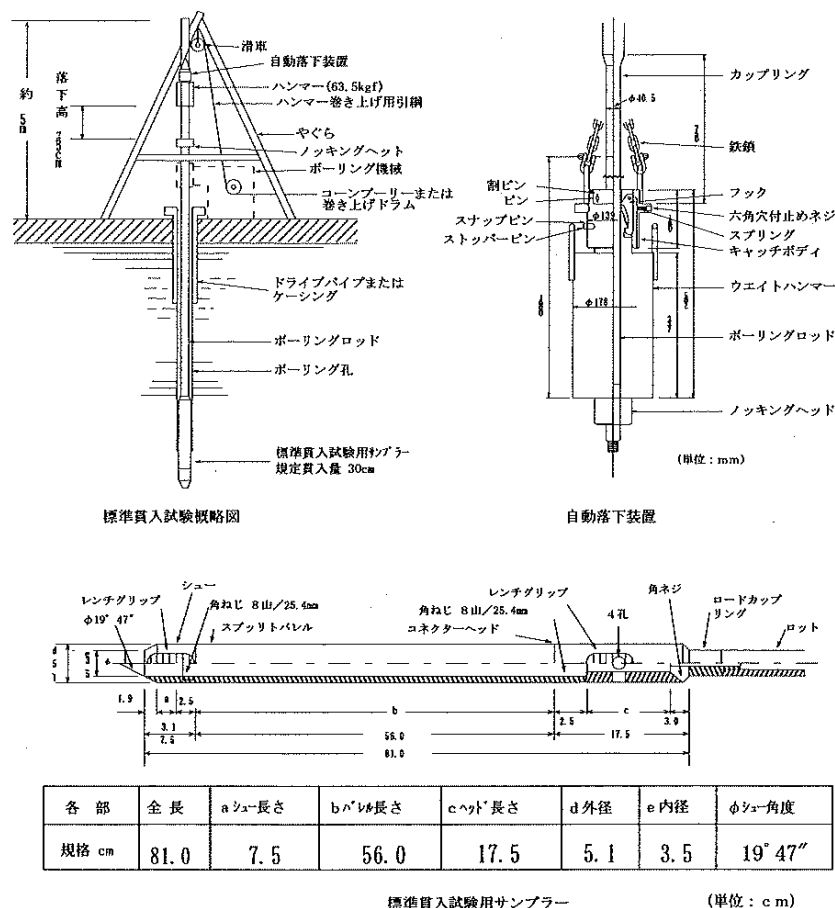


図-2.4.1 標準貫入試験装置・サンプラー一般図

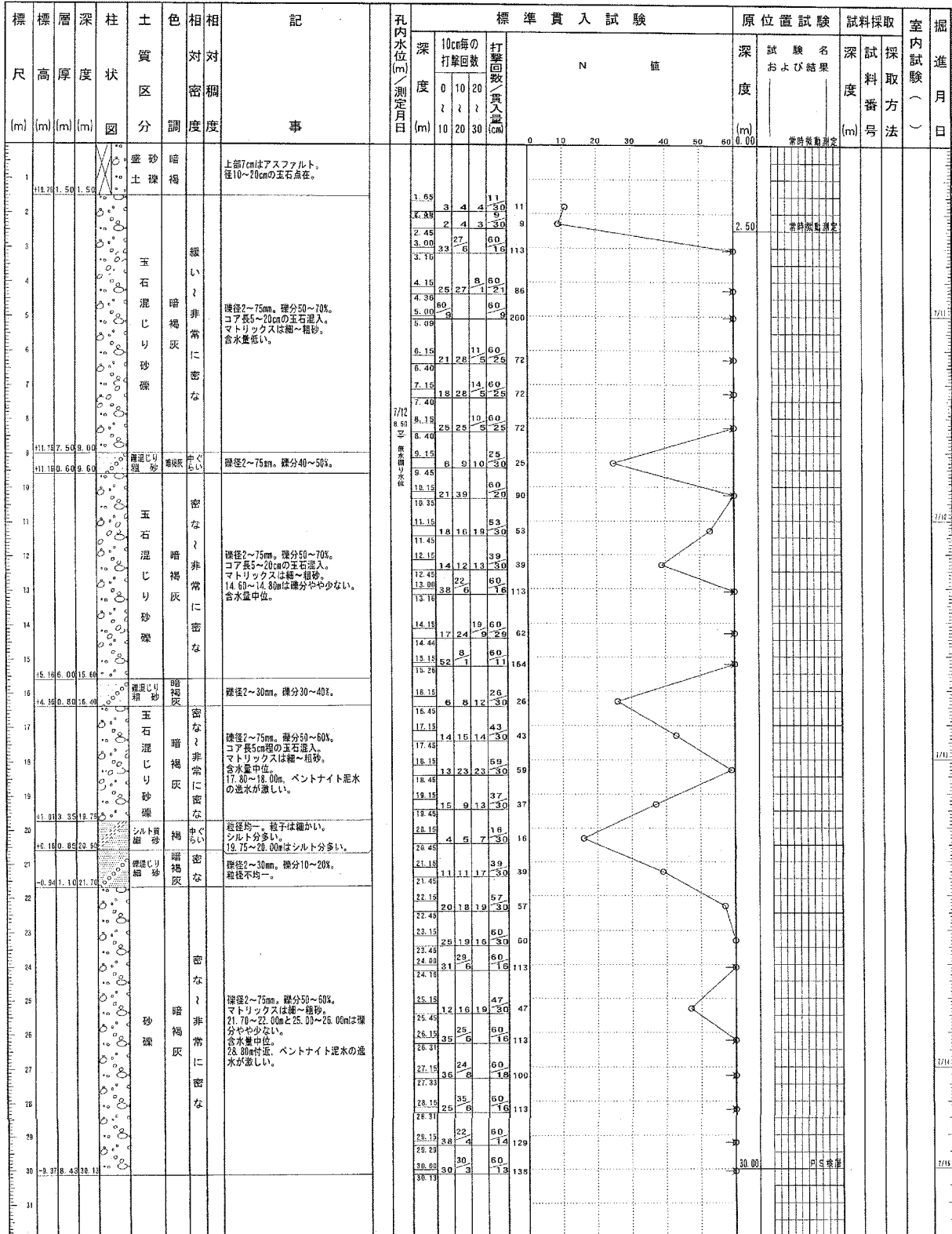
ボーリング柱状図

調査名 札幌地区市街地住宅耐震化に係る土質調査業務

事業・工事名

ボーリングNo.

ボーリング名	1 (南3条第37ハ'-ト)		調査位置	北海道札幌市中央区南3条西11丁目330番地2		北緯	43°3'11.00"			
発注機関	独立行政法人 都市再生機構			調査期間	2011年7月11日~2011年7月15日		東経	141°20'41.70"		
調査業者名	株式会社 東京ソイルリサーチ 電話 (011) 861-3331		主任技師	山本 尊仁		代理人	丸本 雅樹		ボーリング責任者	高須賀 卓男
孔口標高	T.P. +20.76m		方位	北 90° 東 南 180° 西		試験機	利根 TDC-1G		ハンマー 落下用具	半自動落下装置
総掘進長	30.13m		地盤勾配	水平 0°		エンジン	ヤンマー TF120V-E		ポンプ	カノー V6-A



A3サイズに合わせているため、幅は一致しておりません。

2.5 PS検層

(1) 概要

PS検層は、ボーリング孔を利用して、地盤内を伝播する弾性波（P波、S波）速度の深さ方向の分布を測定するものである。この結果を用いて、地盤のポアソン比、剛性率およびヤング率を求めた。

(2) 測定方法

測定は、地盤工学会基準(JGS1122-2003)に準拠し、ボーリング No. 1（南3条第3アパート）地点において行った。測定方法は、GL-1m～30m間を「ダウンホール方式」を用いて実施した。測定間隔は1mである。

測定の概要を図-2.5.1に示す。弾性波の発生方法は、P波については地面に立てた杭を鉛直方向に強打し、S波については地表面に設置した厚板の木口を水平方向に打撃することにより行った。これらの方法により起振した各弾性波の記録は、孔内に設置した受振器で検出し適切な電圧に増幅した後、A/D変換を行い測定器のメモリーに収録した。各弾性波の測定は、ある深度において起振を数回繰り返した。S波については、正反両方向の起振を行いS波位相の反転を確認した。数回の起振によって得られた波形は、重ね合わせ（スタッキング処理）によりSN比の向上を図った後、各深度のデータとして測定器に収録した。

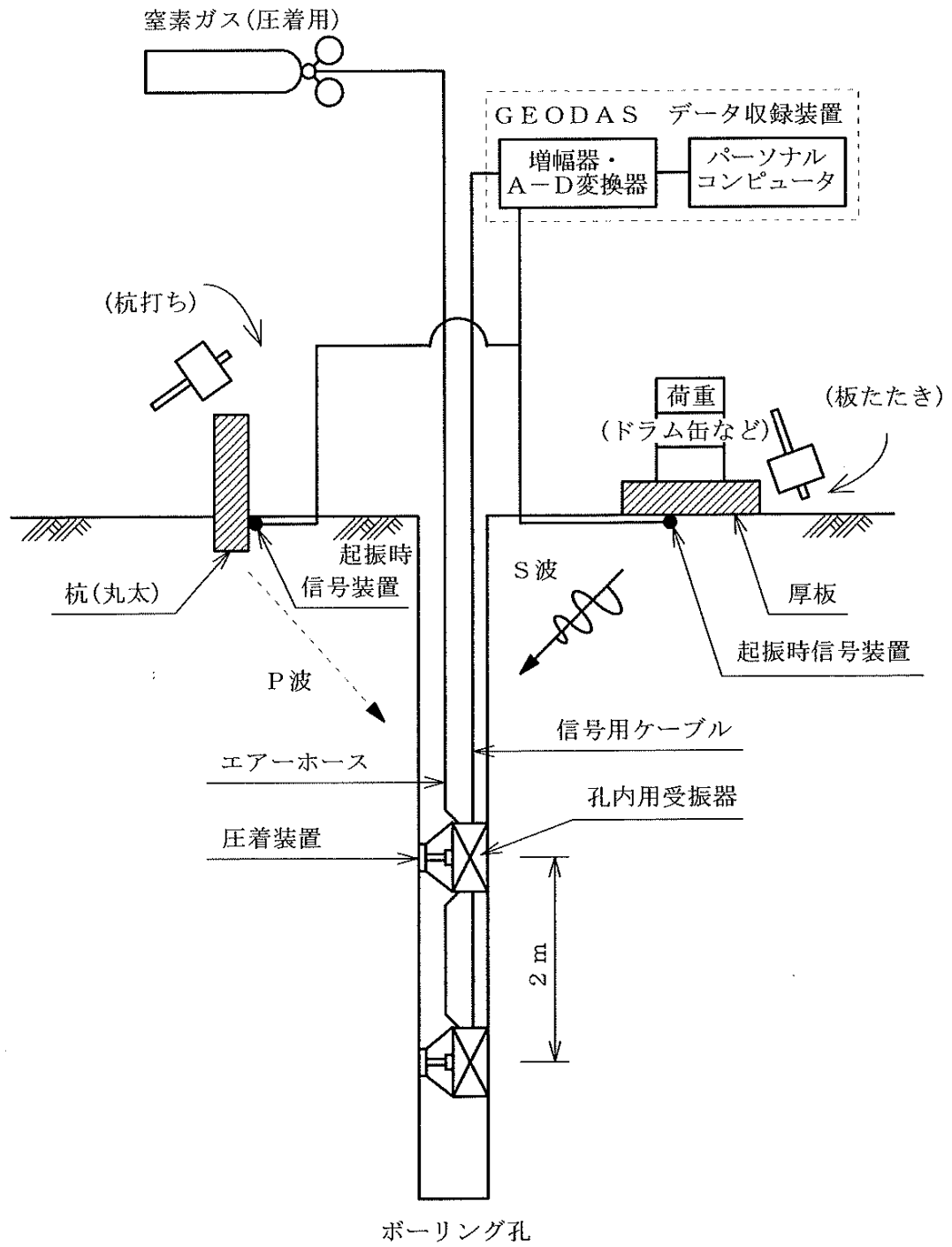


図-2.5.1 PS検層(ダウンホール方式)の概要

(3) 測定器の仕様

ダウンホール方式の測定器の仕様は、下記のとおりである。

a) 孔内式受振器

型 式：ムービングマグネット式速度型（電磁制動方式）
成 分：水平2成分，上下1成分を一組とする2連式（計6成分）
感 度：0.1 V・s・cm⁻¹ 内部抵抗：215 Ω
付 属 装 置：ガス圧で作動する孔壁圧着装置

b) 記録装置

形 式：GEODAS-15
チャンネル数：18チャンネル
A/D分解能：24bit
サンプリング周波数：50, 100, 200, 500, 1k~50kHz

c) ガスボンベ・圧力調整器

窒素ガスボンベ：1500リットル/ノルマル 初期圧力 15 MPa
圧 力 調 整 器：一次限界圧力（ボンベ側） 25 MPa

(4) 解析方法

ダウンホール方式の解析方法は、下記のとおりである。

ダウンホール方式の各記録は、現地で起振した複数回の波形を重ね合わせ（スタッキング処理）することによりSN比の向上を図った。S波については、板の両側を打撃することにより、位相の反転した波形が得られる。この位相の反転した波形を再度逆転させて重ね合わせることで、板たたきによっても生じるP波を相殺し、S波を強調させる処理を行っている。

これらの記録は、P波については深度順に並べて記録波形とした。S波については、まず水平2成分の波形の粒子軌跡（パーティクルオービット）をXY軸上にプロットし、起振の方向に対する受振器の角度を求めた。この角度により2成分の波形を合成し、起振方向と同一方向の波形とした。これらの波形処理の後、P波と同様に深度順に並べてS波の記録波形とした。これらの記録波形図から、P波およびS波の初動の位置を読み取り、各層のP波・S波速度を求めた。このようにして求めた弾性波速度と各層の密度値から、弾性諸定数（ヤング率 E_d 、剛性率 G_d 、ポアソン比 ν_d ）を下式にて算定した。

以上のダウンホール方式における記録波形の処理・解析の流れを図-2.5.2に示す。

$$\text{ポアソン比} : \nu_d = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2 \{(V_p/V_s)^2 - 1\}}$$

$$\text{ヤング率} : E_d = 2(1 + \nu_d) \cdot G_d \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\text{剛性率} : G_d = \rho V_s^2 \quad (\text{kN/m}^2)$$

[記号]

ν_d : ポアソン比	V_p : P波速度
E_d : ヤング率	V_s : S波速度
G_d : 剛性率	ρ : 密度

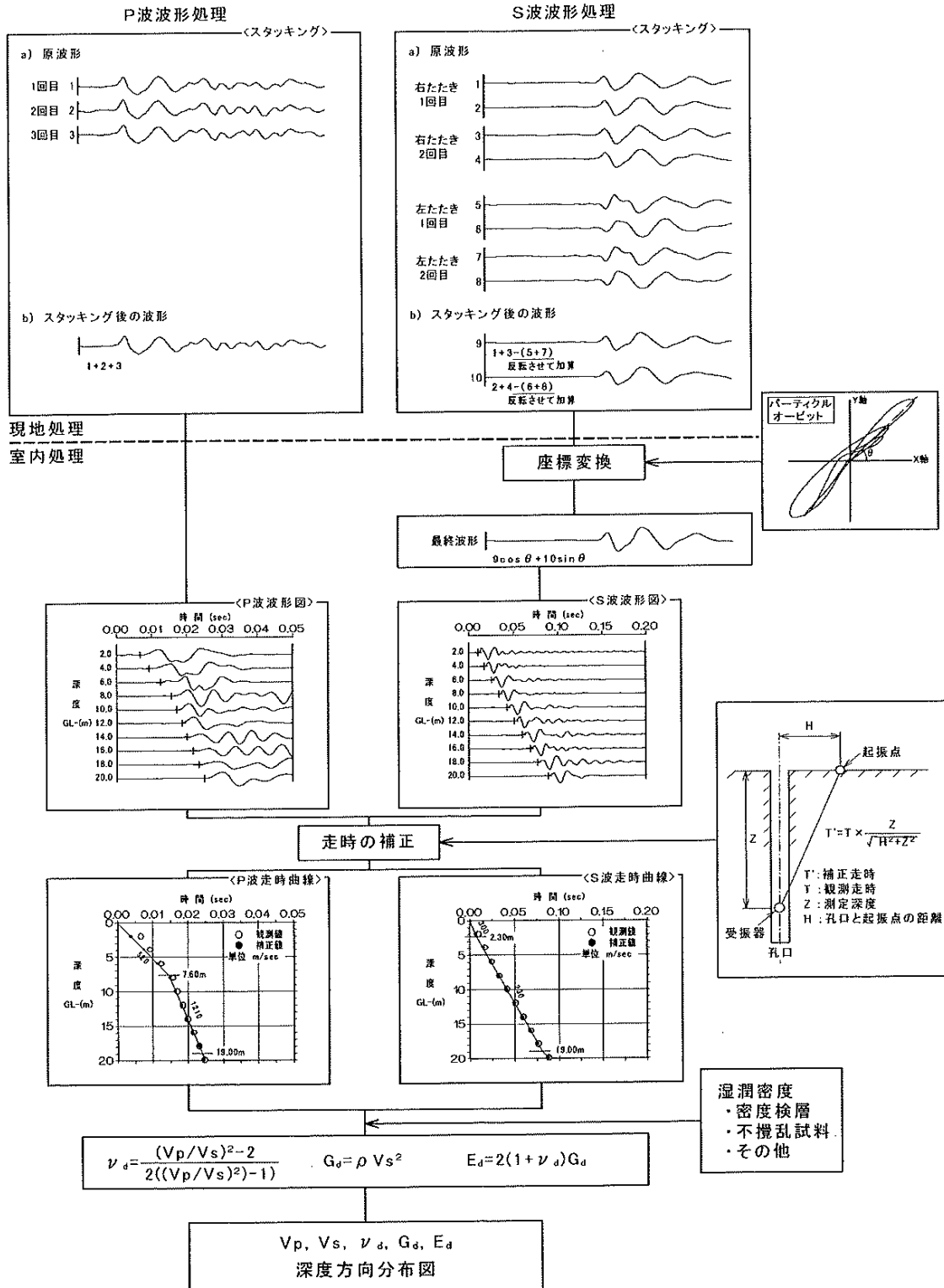


図-2.5.2 PS検層(ダウンホール方式)解析の流れ

(5) 重複反射による地盤の増幅度特性

調査地盤を、PS検層から得られたS波速度構造を持つ水平多層地盤と仮定する。この時、基盤層とした下層から真上に上昇してくる入力波を想定すると、上部の各層を透過上昇して行く波動と途中の各土層境界で反射し下降する波動とに分かれる（図-2.5.3参照）。

この下降する波動は下部の土層境界で一部が反射し再び上昇する波動となる。この現象は、多層地盤の各層により繰り返し起こり波動は上昇および下降を繰り返し複雑に重合する。一般に、堅い地盤から軟らかい地盤への伝播は透過波が優勢となり、逆に軟らかい地盤から堅い地盤への伝播においては反射波が優勢となる。このため、表層に軟弱層が存在すると地中から伝播してきた波動は地表部に集中し、その表層地盤の特性に基づいた特有の周期（周波数）成分の波動が増幅されるようになる。

この地盤の振動特性は、S波速度、層厚、密度、減衰特性（Q値）などから、理論的に計算される。本調査では、減衰定数（Q値）を仮に周波数依存のない $V_s/15$ とし、入射角0度の時のSH波の地盤増幅度計算を行った。

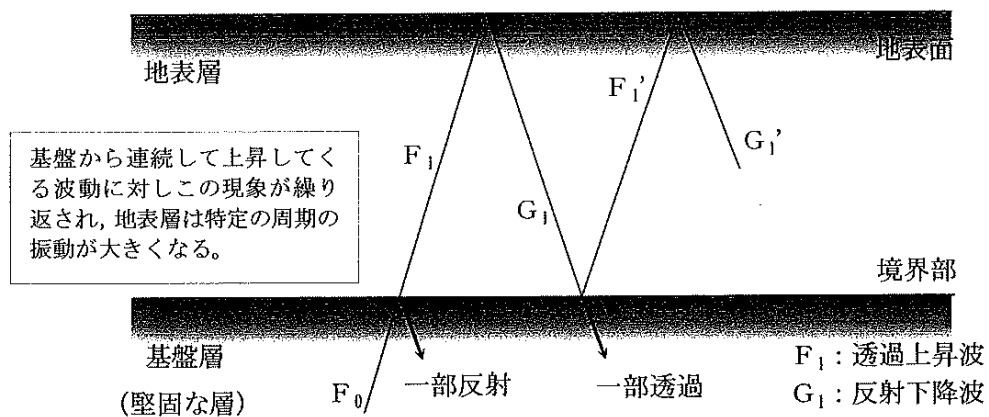


図-2.5.3 重複反射の概念図

4.3 P S 検層結果

(1) ダウンホール方式の記録波形

ダウンホール方式の記録波形を巻末資料に示す。ダウンホール方式の記録波形図の縦軸と横軸は、それぞれ深度と時間を示している。なお、各弾性波の起振時は0秒の位置であり、各弾性波が測定深度に到達したときの初動の位置は、●印で示している。

(2) 走時曲線（ダウンホール方式）

ダウンホール方式の記録波形から読み取ったP波とS波の走時曲線を巻末資料に示す。走時曲線の縦軸と横軸は、それぞれ深度と走時を示している。P波およびS波の読み取り走時は、●印で示している。P波およびS波の伝播速度は、各走時の補正值を結んだ直線の傾きから求められ、これらの値は各直線上に併せて示している。

(3) P波とS波の速度分布

調査地地盤におけるP波とS波の速度分布と、これらの速度値から計算された弾性諸定数を表-4.3.1、図-4.3.1に示す。

同図表にあるとおり、調査地はP波速度、S波速度とも7層に区分される。さらに、これらを4層に大別し、それぞれの概要を以下に示した。

① GL±0.00m～GL-9.60m

P波速度は310～800 m/s、S波速度は150～420 m/sである。

P波速度は、水中伝播速度 ($V_p \approx 1500$ m/s) を大きく下回り、飽和度が低下した地盤に見られる値を示す。S波速度は、GL-1.50m以浅では緩い礫質土地盤に見られる値を示すが、それ以深は締まった礫質土地盤に見られる値を示す。

② GL-9.60m～GL-15.60m

P波速度は1,820 m/s, S波速度は460 m/sである。

P波速度は飽和した地盤に見られる値を示す。S波速度は剛性の高い地盤に見られる値を示す。

③ GL-15.60m～GL-21.70m

P波速度は1,400～2,120 m/s, S波速度は300～370 m/sである。

P波速度は概ね飽和した地盤に見られる値を示す。S波速度は締まった礫質土地盤に見られる値を示す。

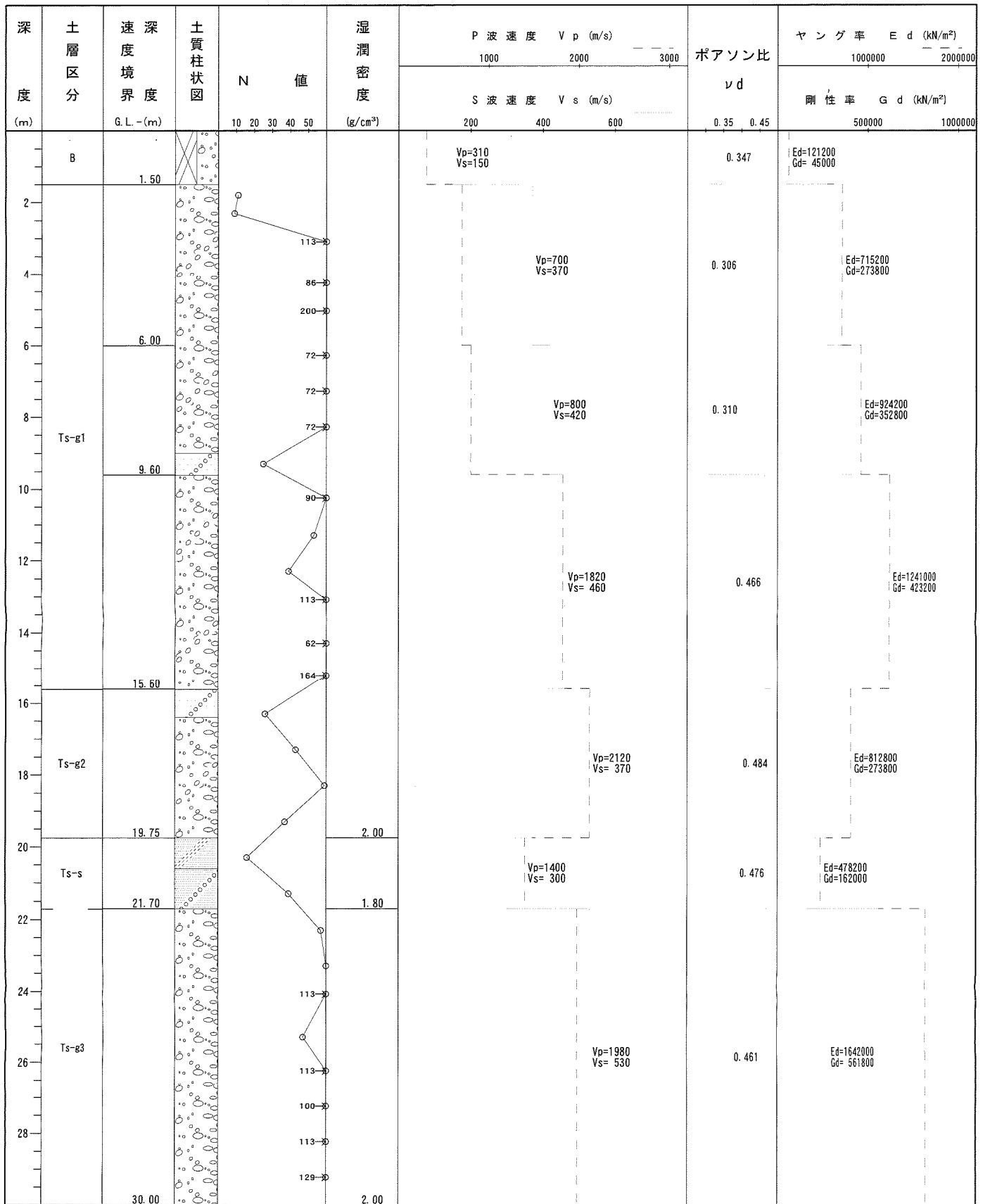
④ GL-21.70m～GL-30.00m

P波速度は1,980 m/s, S波速度は530 m/sである。

P波速度は飽和した地盤に見られる値を示す。S波速度は剛性の高い地盤に見られる値を示す。

表-4.3.1 P S検層結果

深 度 GL-(m)	湿潤密度 (g/cm ³)	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	ポアソン比	剛性率 (kN/m ²)	ヤング率 (kN/m ²)
0.00 ~ 1.50	2.00	310	150	0.374	45,000	121,200
1.50 ~ 6.00		700	370	0.306	273,800	751,000
6.00 ~ 9.60		800	420	0.310	352,800	924,200
9.60 ~ 15.60		1,820	460	0.466	423,200	1,241,000
15.60 ~ 19.75		2,120	370	0.484	273,800	812,800
19.75 ~ 21.70	1.80	1,400	300	0.476	162,000	478,200
21.70 ~ 30.00	2.00	1,980	530	0.461	561,800	1,642,000



(注) Vp、Vsから計算される弾性常数は、微小な歪みレベル下における動的な値である。
[1kN/m²=0.0102kgf/cm²]

図-4.3.1 PS検層結果図

(5) 重複反射理論による地盤の増幅度特性

P S 検層の S 波速度分布から SH 波の重複反射理論に基づいて、調査地盤の増幅度特性を計算した。計算に用いた地盤の諸定数は、表-4.3.2 に示すとおりである。ここで、地盤の減衰特性を表す Q 値は、周波数依存を考慮せず一律 $V_s/15$ と設定した。また、計算時の入射面として、GL-21.70m ($V_s=530$ m/s) を想定した。

計算された地盤の増幅度特性を図-4.3.2 に示す。1 次周期は 0.25 秒付近である。

表-4.3.2 増幅度を計算した地盤のモデル

深 度 (m)	層 厚 (m)	S 波速度 V_s (m/s)	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	備 考	P S 検 層 結 果
0.00 ~ 1.50	1.50	150	2.00		
1.50 ~ 6.00	4.50	370	2.00		
6.00 ~ 9.60	3.60	420	2.00		
9.60 ~ 15.60	6.00	460	2.00		
15.60 ~ 19.75	4.15	370	2.00		
19.75 ~ 21.70	1.95	300	1.80		
21.70 ~ 30.00	8.30	530	2.00	入射面	

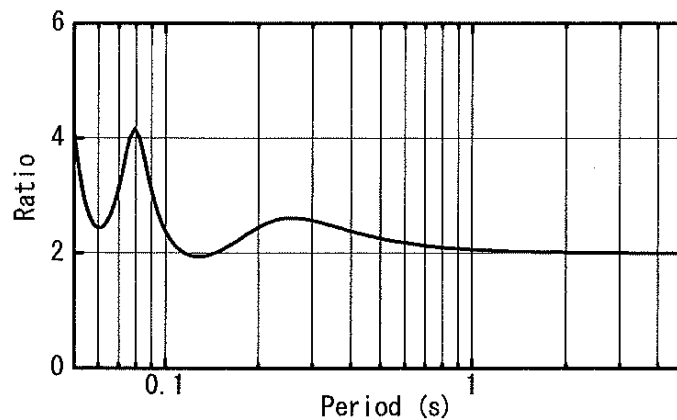
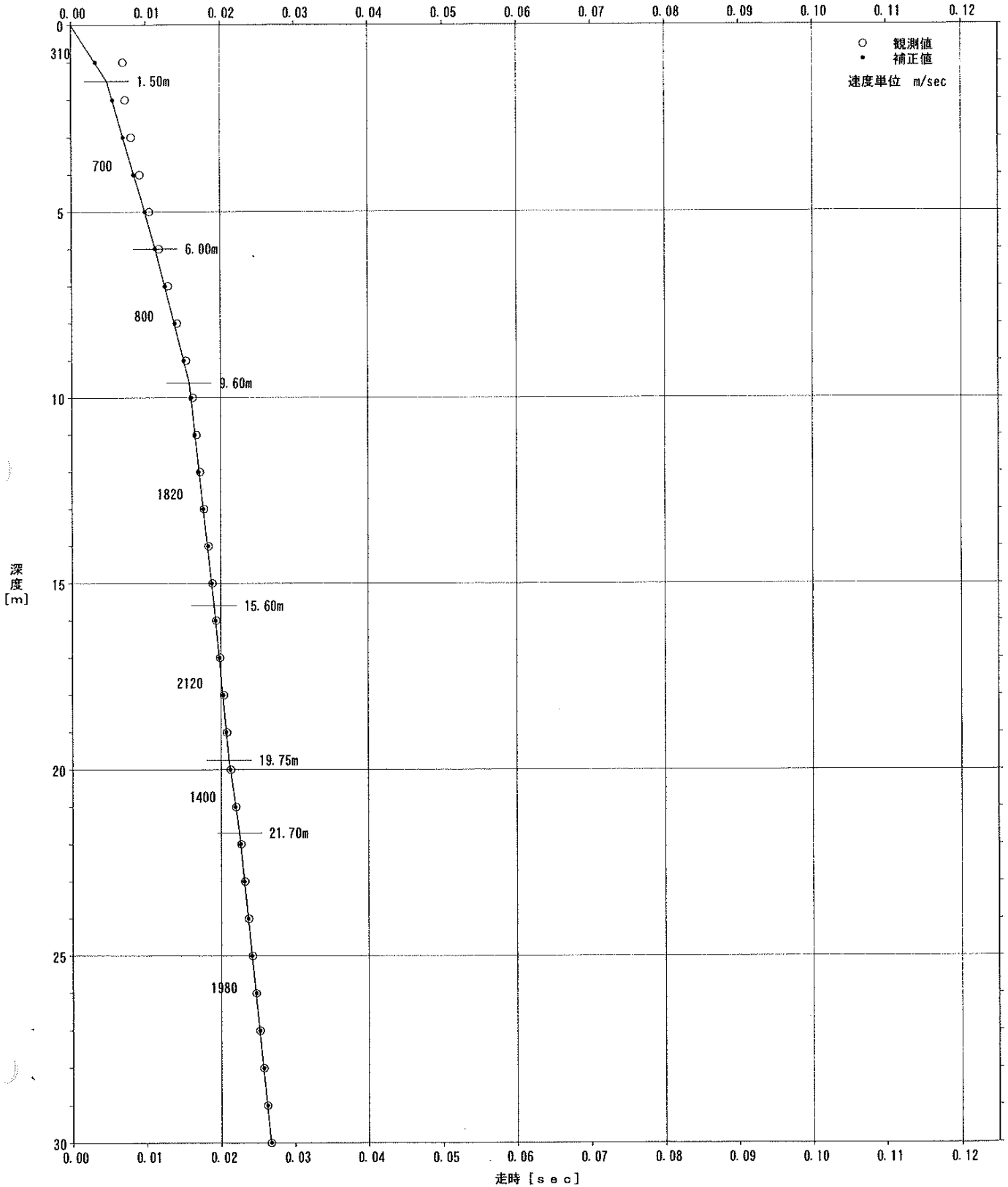
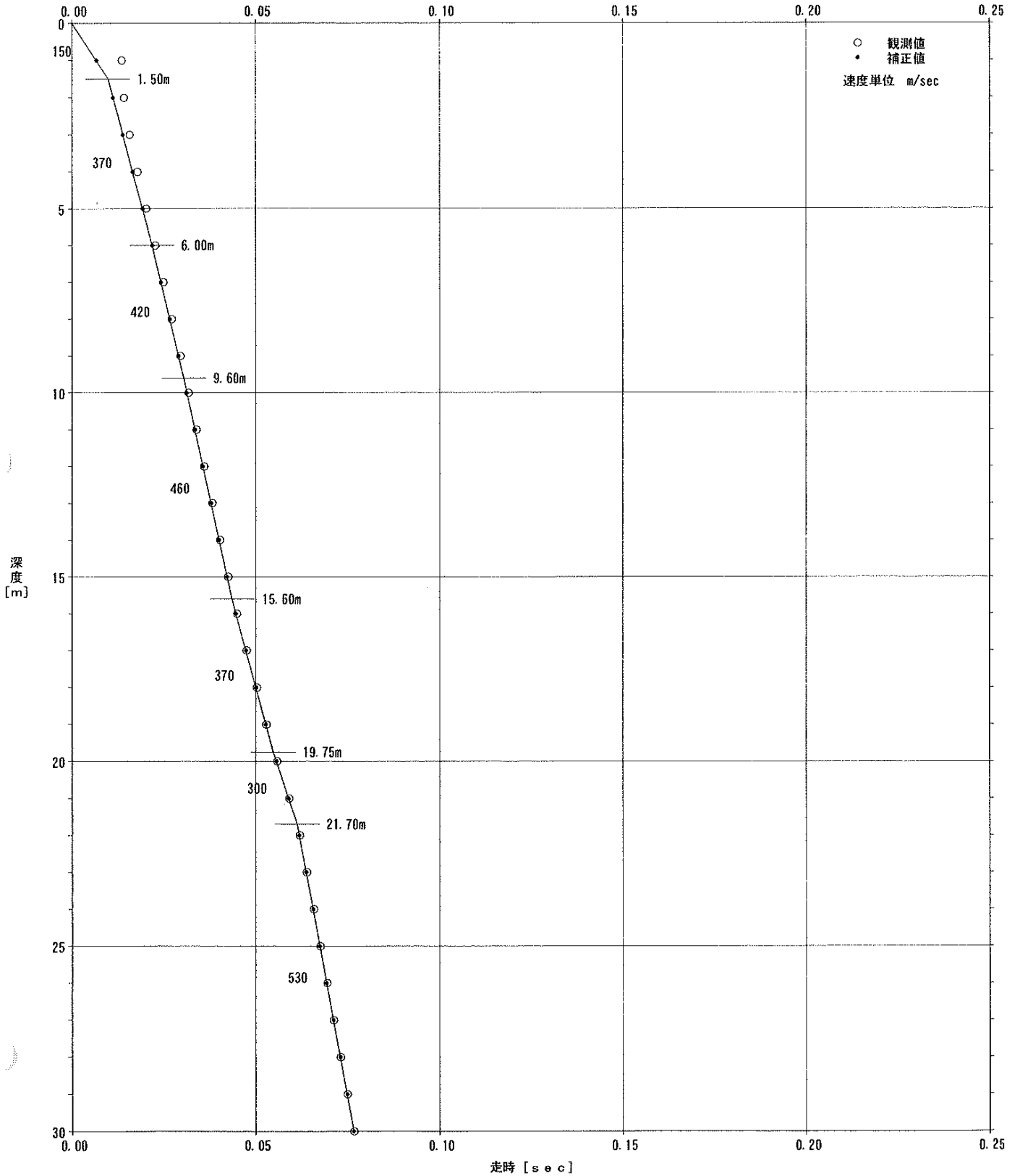


図-4.3.2 SH 波の増幅特性 (入射面 : GL-21.70m)

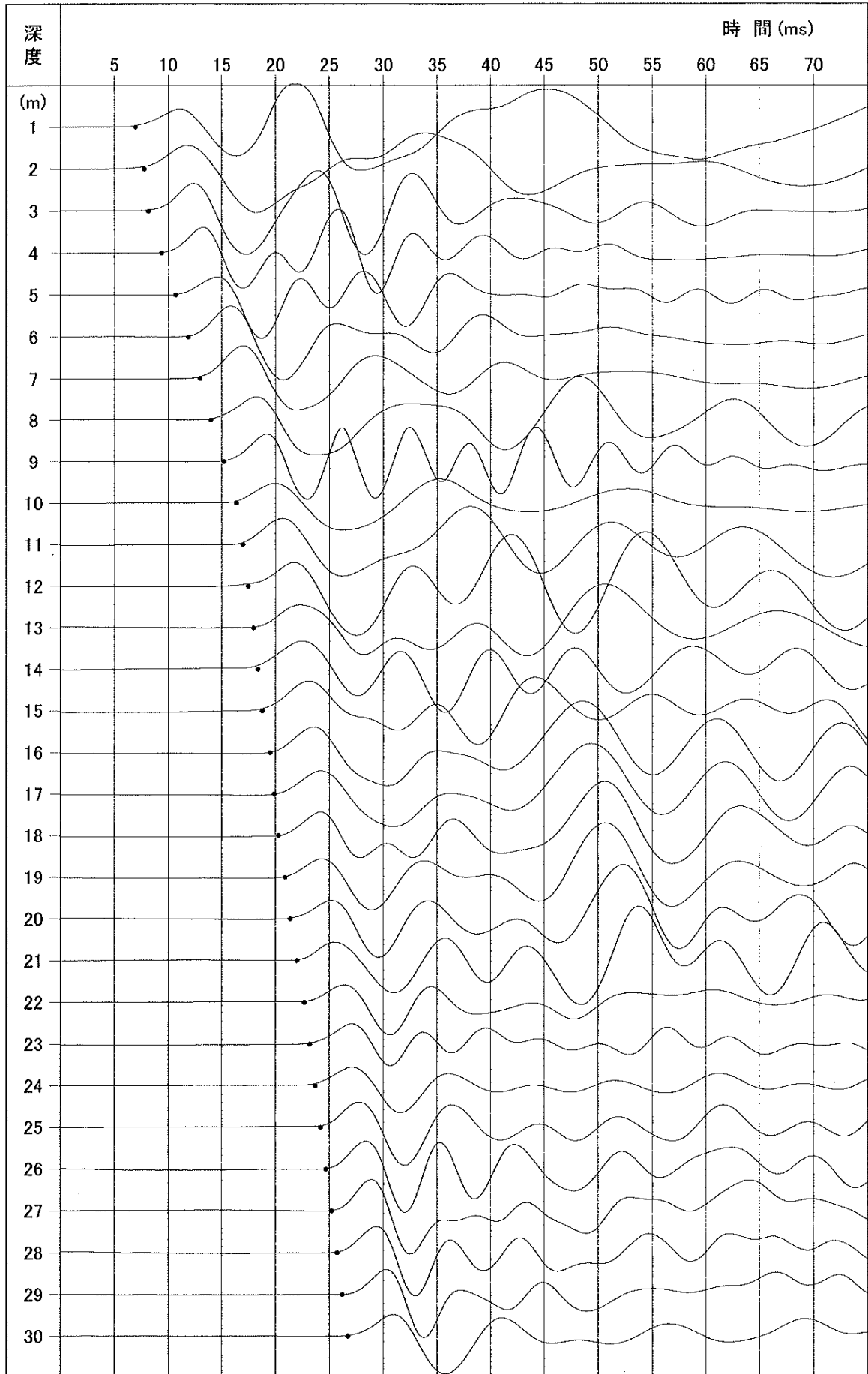


P S 検層 P 波 走 時 曲 線

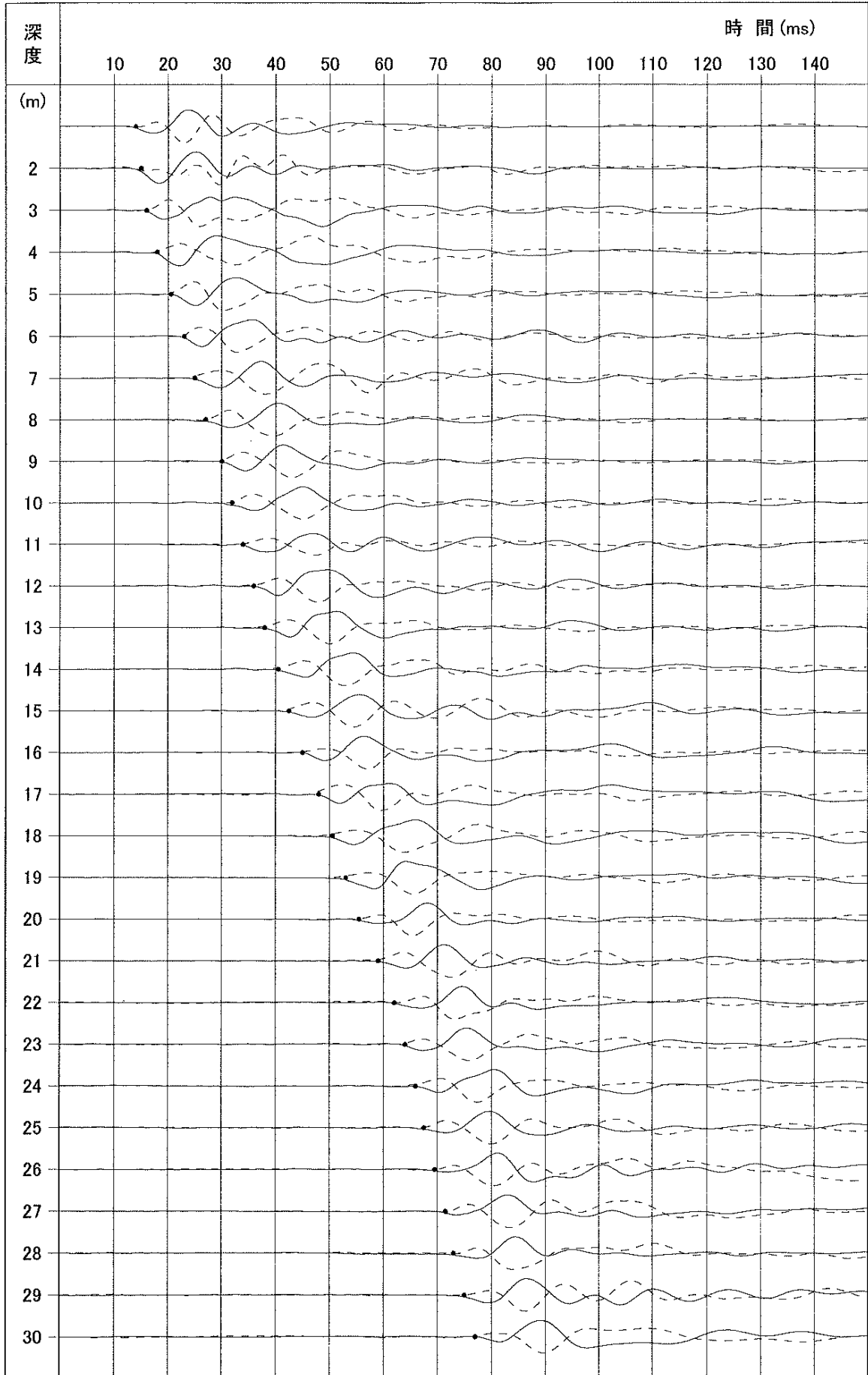


P S 検 層 S 波 走 時 曲 線

PS検層記録波形図(No.1-P波)



PS検層記録波形図(No.1-S波)



2.6 常時微動測定

(1) 概要

常時微動の測定は、調査地地盤の振動特性（卓越周期特性）を求めするために実施した。測定結果は時刻歴波形からフーリエスペクトル解析を行い、さらに、その結果から建築基準法施行令に基づいて調査地の地盤種別の判定を行った。

(2) 測定方法

測定は、ボーリング No. 1（南3条第3アパート）地点（PS検層地点）において、1秒計により地表と地中（GL-2.5m）の計2点で同時測定を実施した。

測定の概要を図-2.6.1 に示す。地表用の受振器は、地面上に水平にかつ安定した状態に設置した。孔内用の受振器は測定深度まで吊り下ろした後、圧着装置に高圧ガスを送り込み孔壁に固定させた。これらの地表および孔内用受振器は、水平2成分、上下1成分の計3成分で構成されている。受振した信号は、増幅器によって適正な大きさの電圧レベルに増幅した後、収録装置のA/D変換器により数値化を行い、1秒間に100個のデジタルデータ（100Hz サンプリング）として各記録媒体に収録した。測定中は、ディスプレイ上で波形を目視し、正常に測定が実施されていることを確認しながら行った。

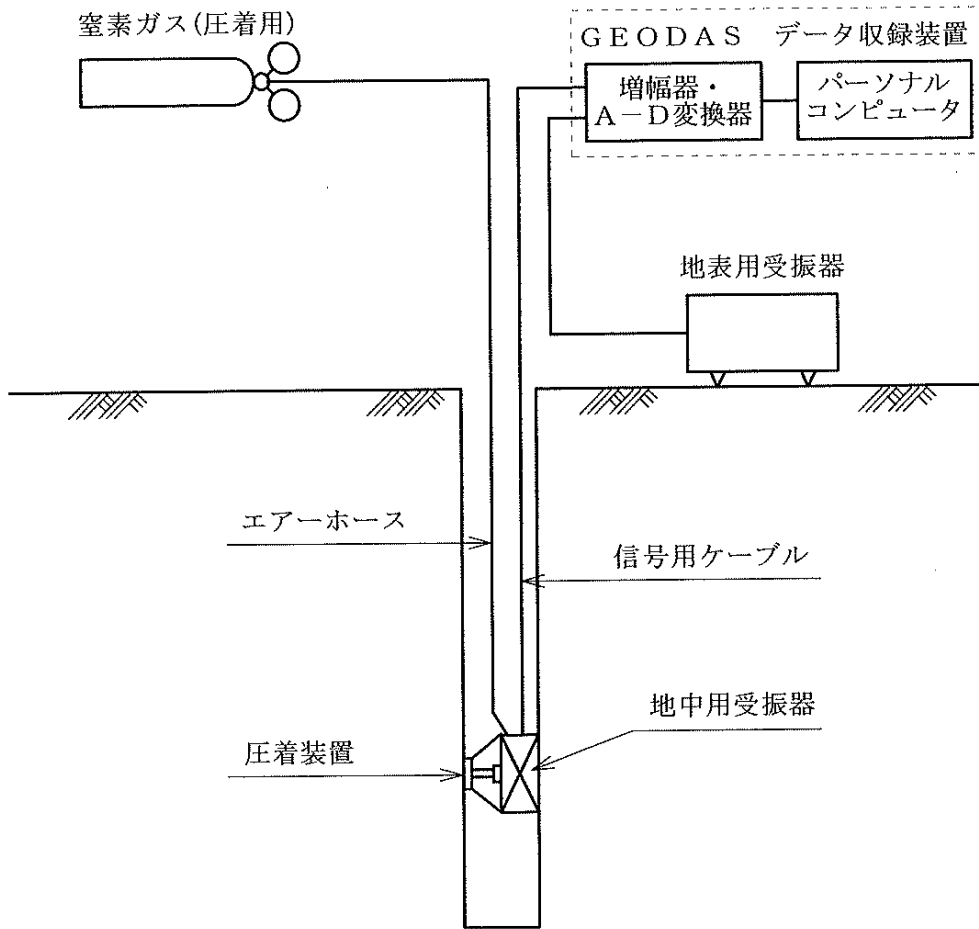


図-2.6.1 常時微動測定の概要

(3) 測定器の仕様

常時微動計(1秒計)の仕様は、以下のとおりである。また、総合周波数特性は、図-2.6.2に示すとおりである。

a) 地表・地中用3成分受振器(1秒計)

型 式 : CR4.5-1(地表用), MBPU-4.5M(地中用)

固有周期 : 1秒

測定周波数 : 1~20 Hz

感 度 : $0.0338 \text{ V}\cdot\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$

b) 記録装置(1秒計)

形 式 : GEODAS-15

チャンネル数 : 1~18チャンネル

A/D変換部 : 分解能 24bit

変換速度 50kHz

記録部 : PC内蔵ハードディスク

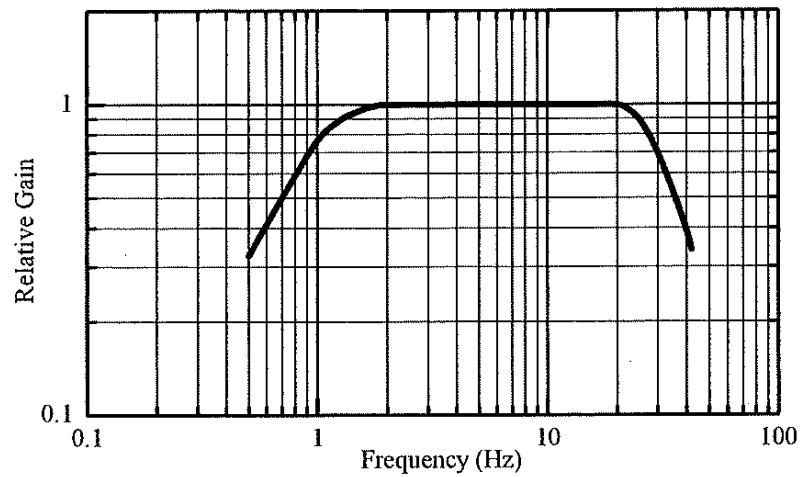


図-2.6.2 総合周波数特性

(4) 解析方法

現地で記録した波形を全て出力し、その中から比較的振幅変動の少ない部分を選び出し、解析データとした。

① 振幅の計算

波形のゼロ線ドリフトを補正するため、解析データの振幅値の平均を求め、この平均値を新たに振幅ゼロとした。次にこれにより補正した記録に校正係数を乗じて実振幅の波形記録に変換した。なお、波形図は次に示す最大振幅と平均振幅の値とともに巻末に示した。

○ 最大振幅

常時微動の波形は、振幅ゼロを示す基準線を中心とするプラス側とマイナス側の半波形の集まりである。この中で、最も大きな値をそれぞれの側で求め、最大振幅とした。

○ 平均振幅 (RMS)

全ての半波形の振幅値の実効値 (RMS) を求めて、記録波形の平均振幅とした。

② フーリエスペクトル解析

上述波形データに対し、フーリエスペクトル解析を行った。このデータは、まずリンク効果（解析上、無限に連続する波形の一部を取り出すために、解析上発生する障害）を防ぐために、その記録の両端部データの約10%を、緩やかにゼロに収束させて、フーリエ計算を行い、解析時間の約1/8のハングマンウィンドウを用いてスペクトルの平滑化を行った。さらに、常時微動の場合、地震動のような時刻歴に依存したスペクトル変動がほとんどないことより、スペクトルを算出後、 $T/2$ (T は解析時間)により除算を行った。解析区間は約40秒間とした。

4.4 常時微動測定結果

(1) 微動のフーリエスペクトル

1秒計により測定した地表1点、地中1点の微動のフーリエスペクトルを図-4.4.1に示す。

また、同図から読み取った代表的な卓越周期を表-4.4.1に示す。

フーリエスペクトルでは、0.05～0.08秒、0.12秒、0.14～0.15秒、0.24～0.25秒、0.31～0.32秒および0.38秒にピークがみられる。これらのうち、0.24～0.25秒を除く周期は水平成分だけではなく上下動にも同様のピークがみられる。

なお、地中のスペクトルは、地表に比較すると、短周期成分で振幅が若干小さくなっている。

表-4.4.1 常時微動の卓越周期

測定点		方 向	卓 越 周 期 (秒)						
地 表		N-S	0.06～0.08,	0.12,	0.14,	0.24,	0.31,	0.38	
		E-W	0.06～0.08,	0.12,	0.15,	0.24,			0.44
		U-D	0.05～0.07,	0.12,	0.15,		0.32,	0.38,	0.53
地 中	GL-2.5m	N-S	0.06～0.08,	0.12,	0.15,	0.24,	0.31,	0.38	
		E-W	0.06～0.08,	0.12,	0.15,	0.25,			0.44
		U-D	0.05～0.07,	0.12,	0.15,		0.32,	0.38,	0.52

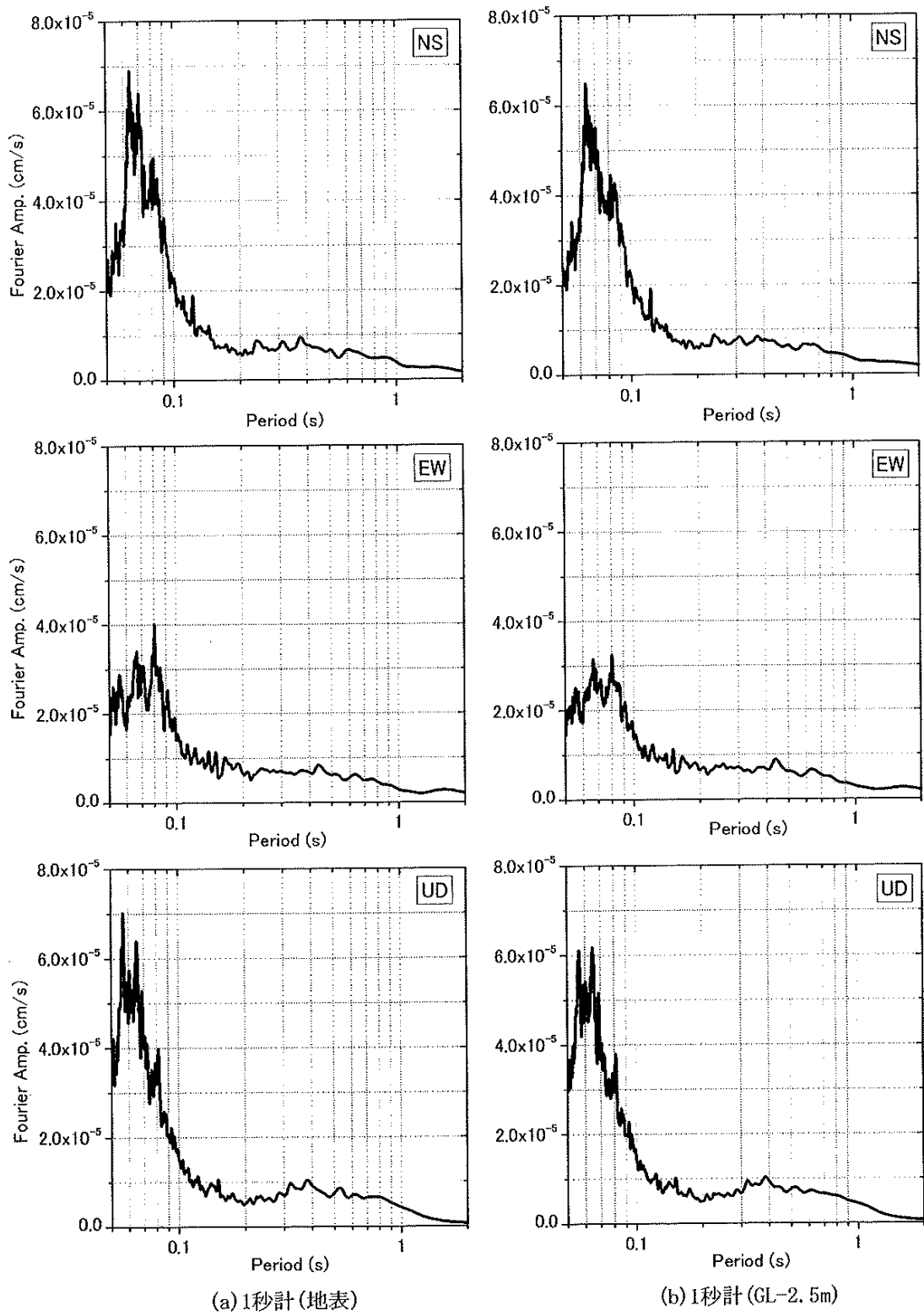


図-4.4.1(1) 地表と地中GL-2.5mのフーリエスペクトル

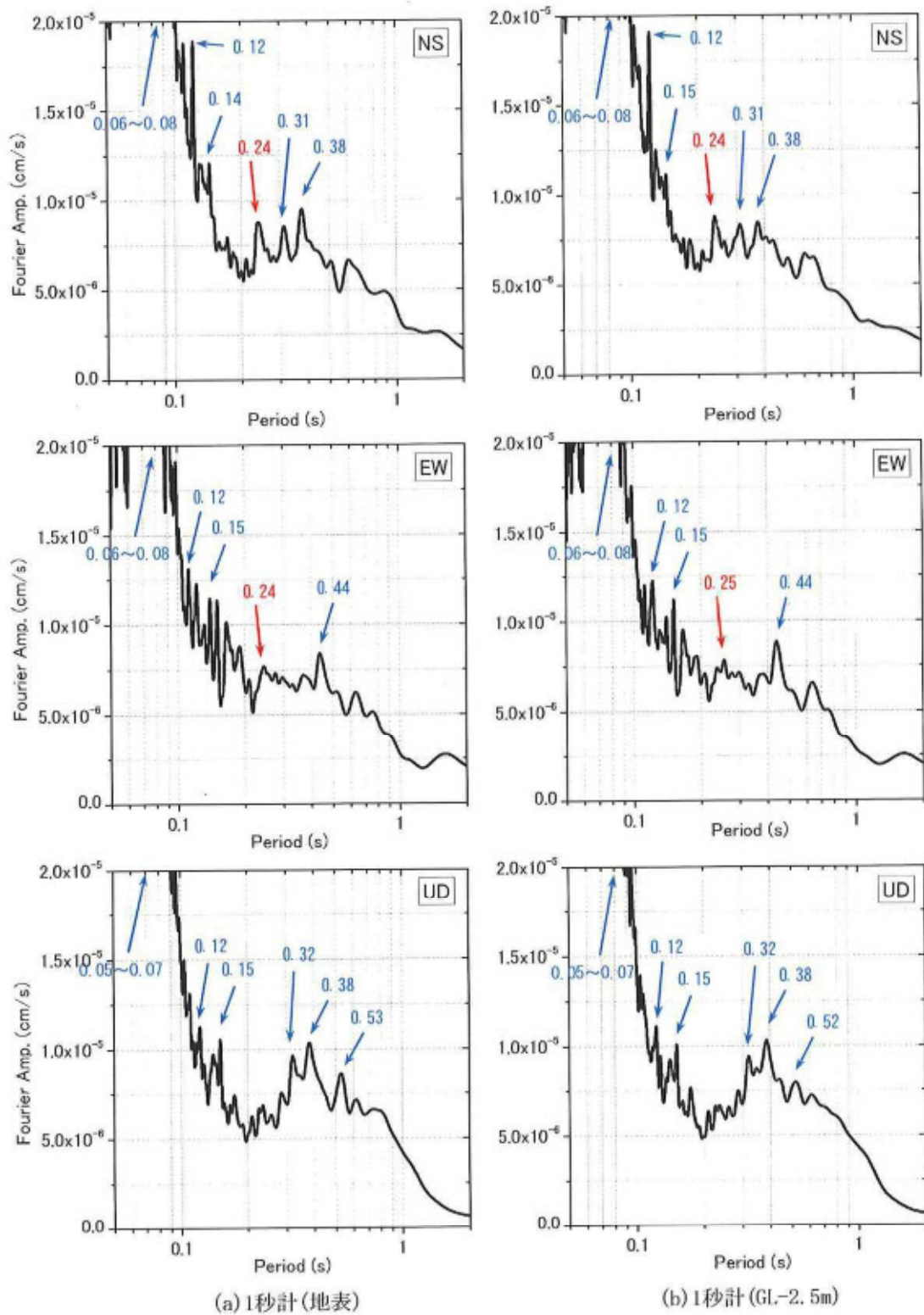
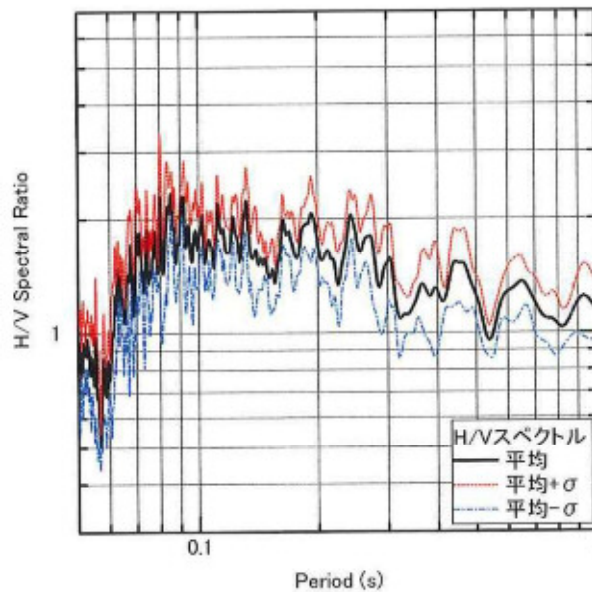


図-4.4.1(2) 地表と地中GL-2.5mのフーリエスペクトル(縦スケール拡大)

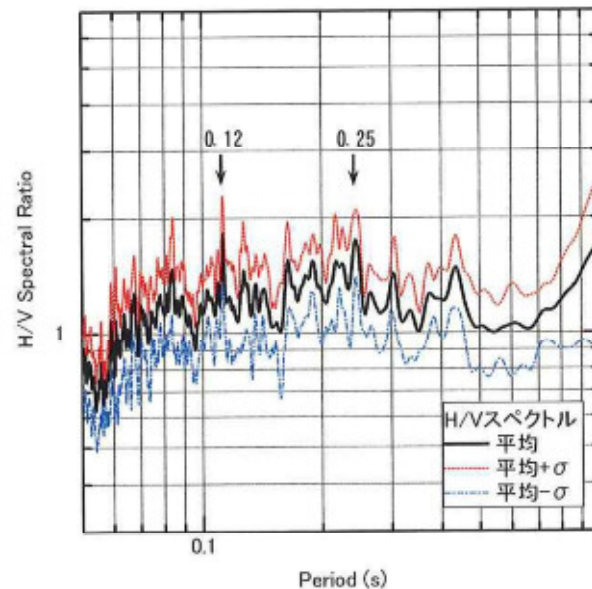
(2) 微動の H/V スペクトル

1 秒計により測定した微動の H/V スペクトルを図-4.4.2 に示す。

地表の H/V スペクトルでは際立ったピークはみられないが、地中 GL-2.5m の H/V スペクトルでは、0.12 秒と 0.25 秒に若干ではあるがピークがみられる。



(a) 地表



(b) 地中 GL-2.5m

図-4.4.2 地表と地中 GL-2.5m の H/V スペクトル

(3) 地盤の卓越周期

地表と地中 GL-2.5m のフーリエスペクトルでは、0.05～0.08 秒，0.12 秒，0.14～0.15 秒，0.24～0.25 秒，0.31～0.32 秒および0.38 秒にピークがみられたが，0.24～0.25 秒を除く周期は水平成分だけではなく上下動にも同様のピークがみられることから，交通振動等によるものである可能性が高いと判断される。

一方，0.24～0.25 秒は，水平成分のみピークがみられることや，前述した SH 波の増幅度の1 次周期と概ね近い周期であることから，調査地の地盤種別に関する卓越周期である可能性が高いと判断される。

5. 調査結果に基づく総合考察

5.1 調査地周辺の地形・地質概要

調査地が位置する札幌市の地形は、北部の低地と南西部の山地、その間の扇状地と東の丘陵地の4つに大別される(図-5.1.1 参照)。これらのうち、調査地は豊平川によって形成された扇状地に位置している。



図-5.1.1 札幌周辺の地形区分

出典) 北海道大学図書刊行会：札幌の自然を歩く，p. 10，1984. 5

札幌市街地中心部から北部にかけての模式断面図は図-5. 1. 2 に示すとおりであり、調査地が位置する札幌扇状地（豊平川扇状地）では、豊平川扇状地堆積物が厚く堆積する。

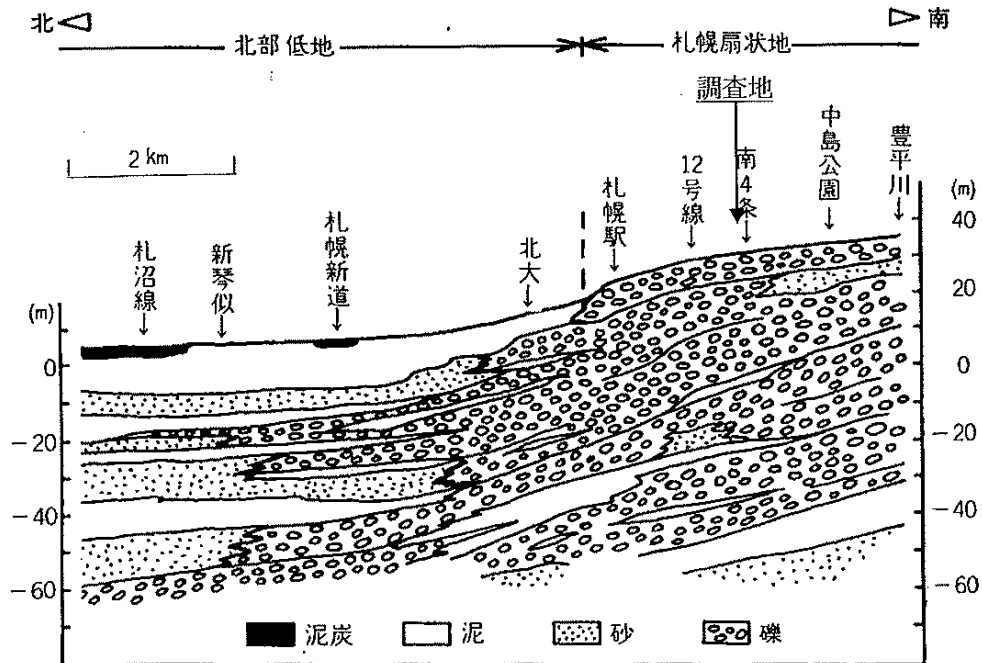


図-3. 2. 1 札幌市街地から北部にかけての模式断面図

出典) 北海道大学図書刊行会：札幌の自然を歩く，p. 5，1984. 5

豊平川扇状地堆積物は主に砂礫で構成されるが、所々で粘性土や砂質土を挟み、上下方向および水平方向の変化が激しい地層である。礫の大きさは径 2~3cm のものから拳大~人頭大のものまで様々である。また、礫種は安山岩を主体としてかなり硬質なものが多い。豊平川扇状地堆積物の厚さは、最も厚いところで 60~70m 程度であり、北部に行くに従って薄くなる。

本層は単一な層ではなく、深さ 20~25m 付近に細砂やシルト層、あるいは支笏軽石流から二次的に洗い出された軽石の層などが挟まり、この部分を境に上・下二層に区分される。このうち、下部層は更新世に、上部層は更新世末期から完新世初頭にかけて堆積したものと考えられている。なお、完新世のものは最大で深度 15m 程度までと考えられているが*、その境界は明確ではない。N値は主に 50 以上を示すが、所々で挟在する粘性土や砂質土では小さな値を示すことがある。

* 北海道立地下資源調査所：北海道水理地質図幅説明書第 8 号 札幌，1964

5.2 調査結果に基づく土質定数の設定

(1) 土質定数の設定方法

① 設計N値

設計N値は、各土層で得られているN値の平均とする。なお、平均N値が60以上のものは60とする。

② 単位体積重量 γ_t

表-5.2.1の一般値より設定する。

③ 粘着力 c

表-5.2.1の一般値より設定する。

④ せん断抵抗角 ϕ

表-5.2.1の一般値より設定する。

表-5.2.1 土質定数の一般値

種類		状態	湿潤密度 (t/m^3)	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m^2)	地盤工学会基準	今回の対象	
盛土	礫および礫まじり砂	締固めたもの	2.0	40	0	G	B	
	砂	締固めたもの	粒径幅の広いもの	2.0	35	0	S	
			分級されたもの	1.9	30	0		
	砂質土	締固めたもの	1.9	25	30以下	SF		
	粘性土	締固めたもの	1.8	15	50以下	M, C		
関東ローム	締固めたもの	1.4	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	2.0	40	0	G	Ts-g1, Ts-g2, Ts-g3	
		密実でないものまたは分級されたもの	1.8	35	0			
	礫まじり砂	密実なもの	2.1	40	0	G		
		密実でないもの	1.9	35	0			
	砂	密実なものまたは粒径幅の広いもの	2.0	35	0	S	Ts-s	
		密実でないものまたは分級されたもの	1.8	30	0			
	砂質土	密実なもの	1.9	30	30以下	SF		
		密実でないもの	1.7	25	0			
	粘性土	固いもの(指で強く押し多少へこむ)	やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入)	1.8	25	50以下	M, C	
			軟らかいもの(指が容易に貫入)	1.7	20	30以下		
1.6			15	15以下				
固いもの(指で強く押し多少へこむ)		やや軟らかいもの(指の中程度の力で貫入)	1.7	20	50以下	M, C		
		軟らかいもの(指が容易に貫入)	1.6	15	30以下			
関東ローム	軟らかいもの(指が容易に貫入)	1.4	10	15以下	V			

出典) 旧日本道路公団：設計要領第一集，p.1-37，1998.5

(2) 設定土質定数

前述の方法により設定した土質定数を表-5.2.2にまとめる。

表-5.2.2 土質定数設定結果

土層区分	設計N値	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	粘着力 c_u (kN/m^2)	せん断抵抗角 ϕ_u ($^\circ$)
B	-	20	0	40
Ts-g1	60	20	0	40
Ts-g2	41	20	0	40
Ts-s	28	20	0	35
Ts-g3	60	20	0	40

5.3 調査結果に基づく地盤の工学的性質の検討

調査地盤の工学的性質をまとめると次のようになる。

- ・ 盛土層下，調査終了深度である GL-30m まで主に砂礫層で構成されている。
- ・ GL-2m 付近まではN値 10 程度を示す。
- ・ GL-3m 以深ではN値 60 以上を示すものがほとんどであるが，GL-16～-22m 付近に分布する Ts-g2 層や Ts-s 層ではN値が 15～45 程度を示す。
- ・ 地下水位は今回の調査時期（7 月）には GL-8.50m 付近にあると考えられるが，季節によってはこれよりも上昇する場合や下降する場合があると考えられる。

6. 考察

6.1 液状化の可能性

地震時に液状化を起こす可能性のある土層とは、一般に次の条件を満たす土層を言う。

[国土交通省住宅局監修（2007）・建築物の構造関係技術基準解説書]

- i. 地表面から 20m の深さ以内にあること。
- ii. 砂質土で粒径が比較的均一な中粒砂などからなること。
- iii. 地下水位以深にあつて、水で飽和されていること。
- iv. N値がおおむね 15 以下であること。

[日本建築学会発行・建築基礎構造設計指針]

- イ. 地表面から 20m 程度以浅の沖積層。
- ロ. 細粒分含有率が 35% 以下の土層。ただし、細粒分含有率が 35% 以上の地盤でも、粘土分が 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。

調査地の地盤は砂礫層が主体となっており、地下水位以深ではN値は 16 以上を示す。

したがって、調査地の地盤は地震時に液状化を起こす可能性は低い。

6.2 地盤種別の判定

建築基準法施行令では、地盤種別の判定基準を表-6.2.1および表-6.2.2に示すように定めている。

4.4 常時微動測定結果で述べたように、40秒のデータを用いた微動のフーリエスペクトルからは、0.24～0.25秒が調査地の卓越周期である可能性が高いと判断された。

この卓越周期を表-6.2.1と照合すると、 $0.2 \text{ 秒} < T_g \leq 0.75 \text{ 秒}$ に当てはまり、調査地の地盤種別は「第2種地盤」と判断される。

表-6.2.1 地盤種別と地盤周期の対応

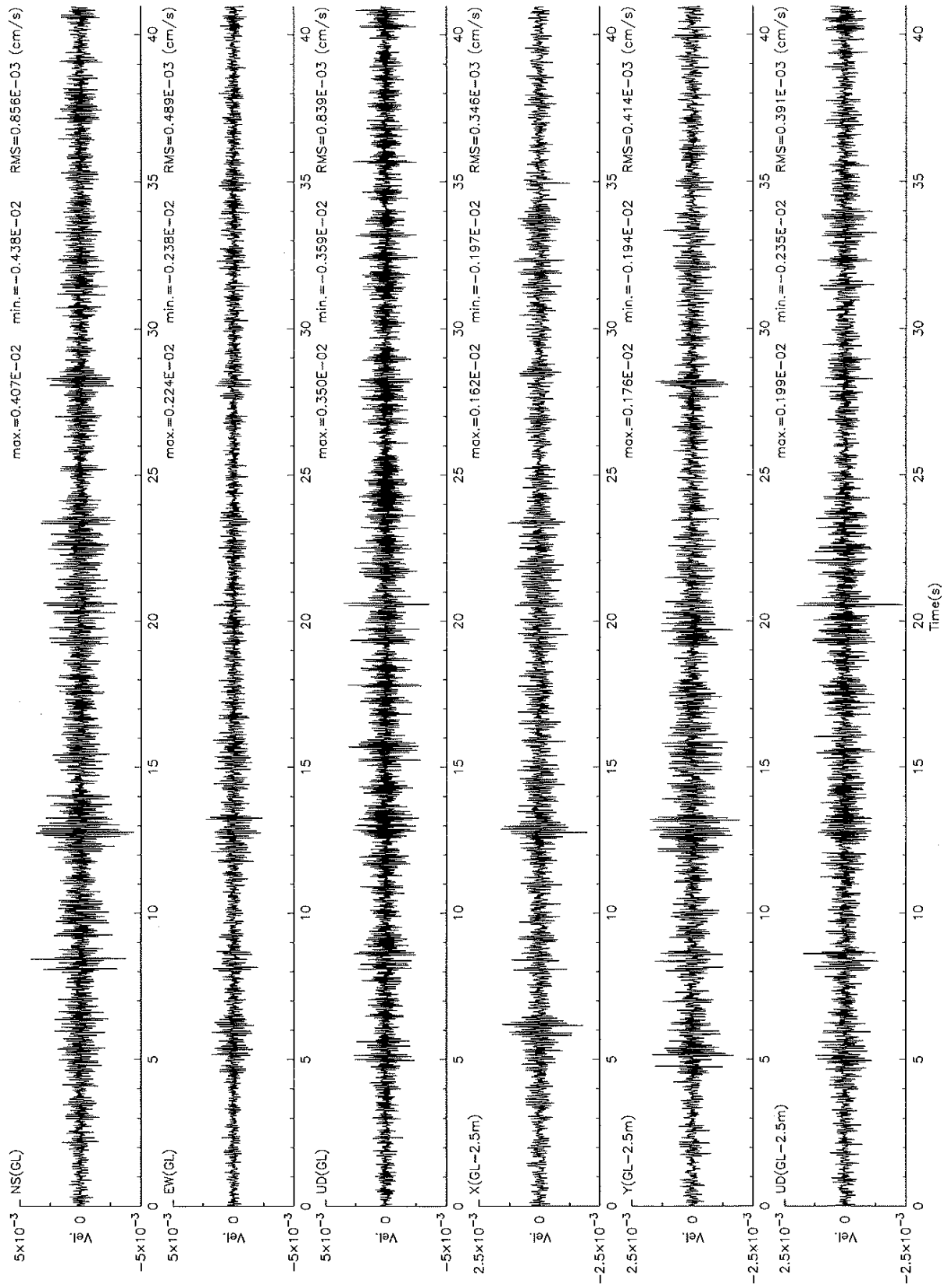
地盤種別	地盤周期 T_g (秒)
第1種	$T_g \leq 0.2$
第2種	$0.2 < T_g \leq 0.75$
第3種	$0.75 < T_g$

表-6.2.2 地盤種別に関する記述

第1種地盤	岩盤、硬質砂礫層その他主として第三紀以前の地層によって構成されているもの又は地盤周期等についての調査若しくは研究結果に基づき、これと同程度の地盤周期を有すると認められるもの
第2種地盤	第1種および第3種地盤以外のもの
第3種地盤	腐植土、粘土その他これらに類するもので大部分が構成されている沖積層（盛土がある場合においてはこれも含む。）で、その深さが概ね30 m以上のもの、沼沢、泥海等を埋め立てた地盤の深さが概ね3 m以上であり、かつ、これらで埋め立てられてから概ね30年経過していないもの又は地盤周期等についての調査若しくは研究結果に基づき、これと同程度の地盤周期を有すると認められるもの

以 上

SAPPORO_1sec



常時微動記録波形（1秒計：地表とGL-2.5m同時測定）

3. 地形・地質概要

3.1 地形概要

調査地が位置する札幌市の地形は、北部の低地と南西部の山地、その間の扇状地と東の丘陵地の4つに大別される。札幌市周辺を含めた地形区分を図-3.1.1に示した。

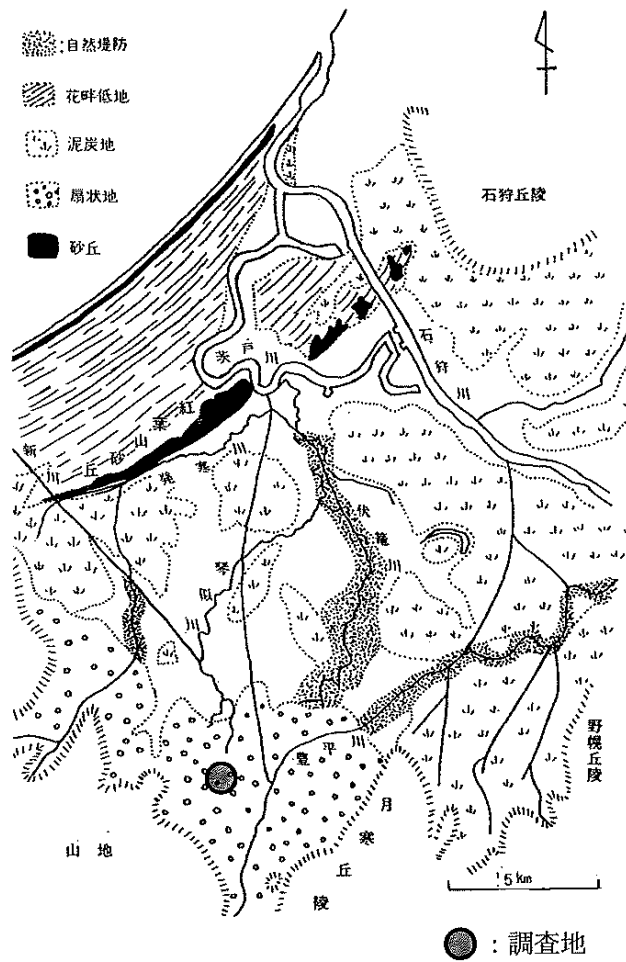


図-3.1.1 札幌周辺の地形区分

出典) 北海道大学図書刊行会：札幌の自然を歩く，p.10，1984.5

南西部の山地は、小起伏のかなり激しい地形で、安山岩・流紋岩等の第三紀火山岩類が基盤となっている。

東部の丘陵地は火山噴出物で構成される。月寒丘陵や野幌丘陵の南は支笏火山噴出物である軽石流によってすべて覆われ、低地帯に向かってゆるく傾斜する台地～丘陵地性地形を示す。

扇状地は札幌市中心部や琴似周辺のものが主であり、前者は豊平川、後者は琴似発寒川によって形成されたものである。それぞれ JR 函館本線が敷設されている所までがおおよその分布域となっている。また、円山付近には、比較的小規模ではあるが円山川や琴似川によって形成された扇状地が発達している。

北部の平地は札幌市域のほとんどを占めている。石狩湾の海岸から 5～6km の範囲には紅葉山砂丘と呼ばれる砂丘列があり、それを境に北部が海岸平野、南部が後背湿地性の低地となっている。

低地内を流れる伏籠川や豊平川、琴似発寒川には自然堤防が発達し、これらから離れた地域では泥炭地と呼ばれる湿地性地盤が広く分布している。

これらのうち、調査地は豊平川によって形成された扇状地に位置している。豊平川扇状地は図-3.1.2 に示すように平岸面と札幌面の二つの地形面に分けられ、このうち調査地は札幌面に位置する。これら二つの地形面は、一段高い平岸面の方が古い時期の扇状地である。当時の豊平川は石山陸橋付近から真駒内方向に流れており、その後豊平川の流路が石山～川沿方向に変わってから札幌面が形成された。それは、第四紀更新世の末期、およそ 2 万年前以降のことである。

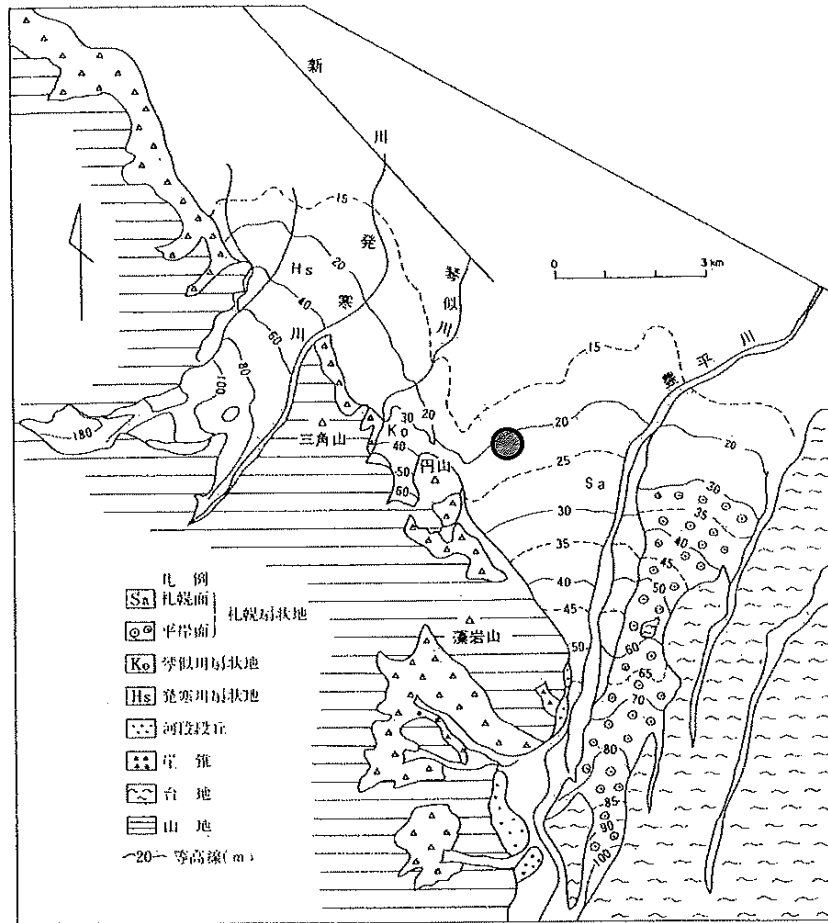


図-3.1.2 扇状地と山麓緩斜面の地形区分

出典) 札幌市：新札幌市史 第一巻通史一， p. 10， 1989. 3

3.2 地質概要

札幌市街地中心部から北部にかけての模式断面図を図-3.2.1に示す。

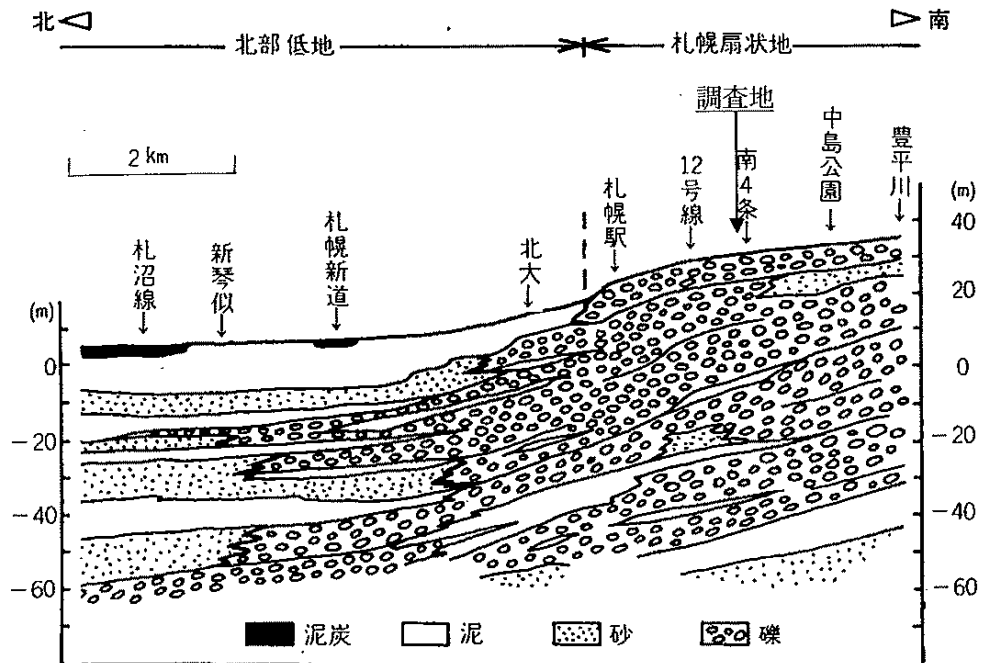


図-3.2.1 札幌市街地から北部にかけての模式断面図

出典) 北海道大学図書刊行会：札幌の自然を歩く，p.5，1984.5

調査地が位置する札幌扇状地（豊平川扇状地）では，図-3.2.1に示すように豊平川扇状地堆積物が厚く堆積する。

豊平川扇状地堆積物は主に砂礫で構成されるが，所々で粘性土や砂質土を挟み，上下方向および水平方向の変化が激しい地層である。礫の大きさは径2~3cmのものから拳大~人頭大のものまで様々である。また，礫種は安山岩を主体としてかなり硬質なものが多い。豊平川扇状地堆積物の厚さは，最も厚いところで60~70m程度であり，北部に行くに従い薄くなる。

本層は単一の層ではなく，深さ20~25m付近に細砂やシルト層，あるいは支笏軽石流から二次的に洗い出された軽石の層などが挟まり，この部分を境に上・下二層に区分される。このうち，下部層は更新世に，上部層は更新世末期から完新世初頭にかけて堆積したものと考えられている。なお，完新世のものは最大で深度15m程度までと考えられているが*，その境界は明

* 北海道立地下資源調査所：北海道水理地質図幅説明書第8号 札幌，1964

確ではない。N値は主に 50 以上を示すが、所々で挟在する粘性土や砂質土では小さな値を示すことがある。

豊平川扇状地堆積物の下位には、野幌層群が分布する。野幌層群は札幌市域で広く分布する地層であり、やや固結した粘性土や砂質土を主体とする。また、北部低地では洞爺火山噴出物（火山灰層）を挟むことがある。N値は土質によって異なり、粘性土では 10～20 程度、砂質土や礫質土では 30～50 以上を示す。

4. 調査結果

4.1 調査地の土層構成

調査結果の詳細は巻末の「土質柱状図」に示すとおりである。ここでは確認した土層を表-4.1.1に整理し、その土層区分図を図-4.1.1に示した。

今回の調査で確認した土層は、「盛土層」と、第四紀更新世から完新世にかけて堆積した「豊平川扇状地堆積物」である。

以下に各層の特徴を要約して述べる。

表-4.1.1 調査地の土層構成

地質時代		地層名・土層区分	土層記号	主な土質	N値 [平均値]	
現世		盛土層	B	砂礫	-	
第四紀	完新世	豊平川 扇状地 堆積物	第1 礫質土層	Ts-g1	玉石混じり砂礫	9~60 以上 [60 以上]
	更新世		第2 礫質土層	Ts-g2	玉石混じり砂礫	26~59 [41]
			砂質土層	Ts-s	シルト質細砂, 礫混じり細砂	16~39 [28]
			第3 礫質土層	Ts-g3	砂礫	47~60 以上 [60 以上]

※平均N値は換算N値を用いて算出した。

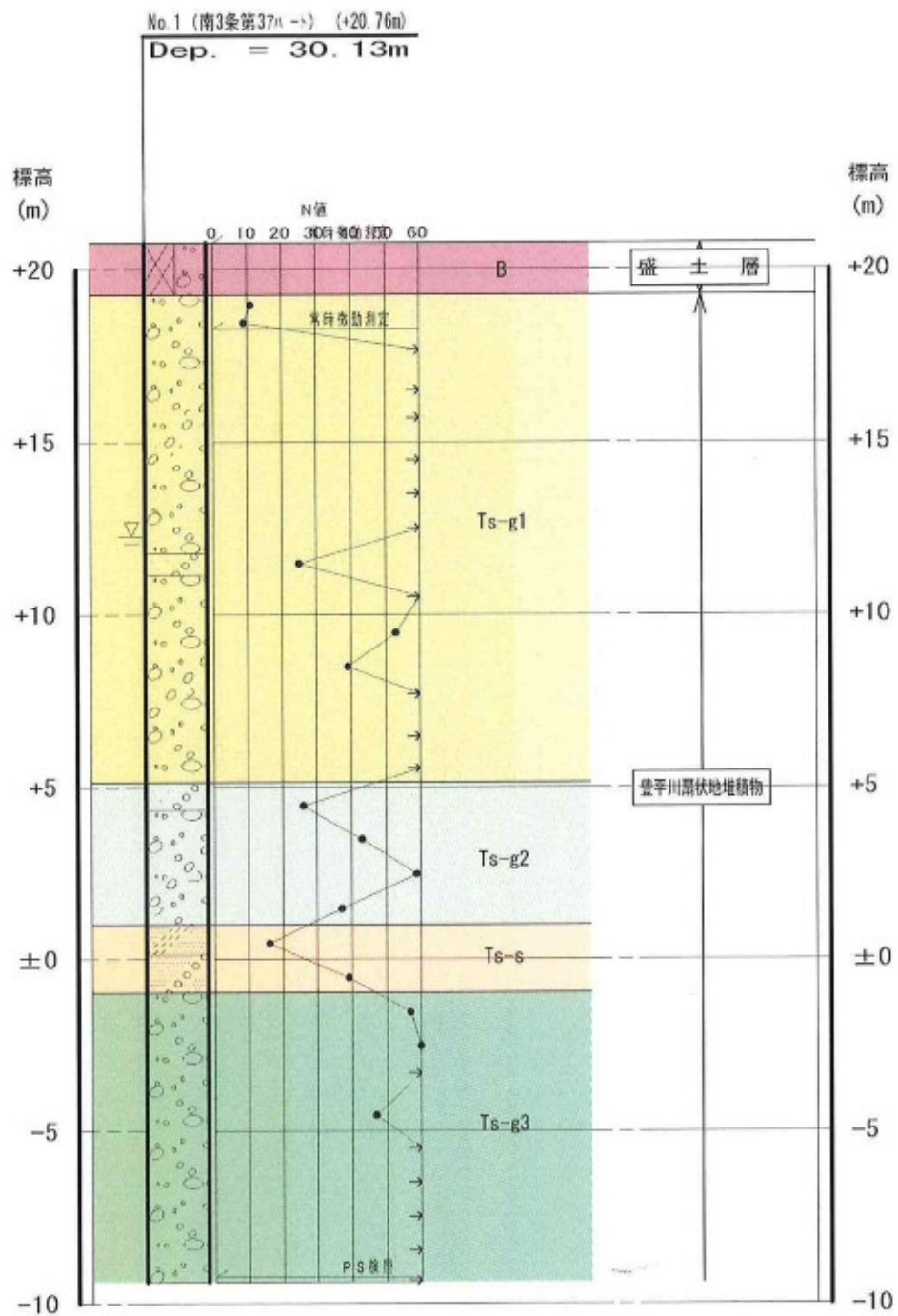


図-4.1.1 土層区分図

① 盛土層 (B層)

砂礫からなる。上部7cmはアスファルトである。

② 豊平川扇状地堆積物 (Ts-g1層～Ts-g3層)

・第1 礫質土層 (Ts-g1層)

土質は主に玉石混じり砂礫である。ボーリングでは径2～75mmの礫やコア長5～20cmの玉石を確認したが、これは短径である可能性があり(図-4.1.2参照)、実際にはその2～3倍程度の礫が存在する可能性もある。

N値は一部で10～25程度を示す他は、60以上が主体である。

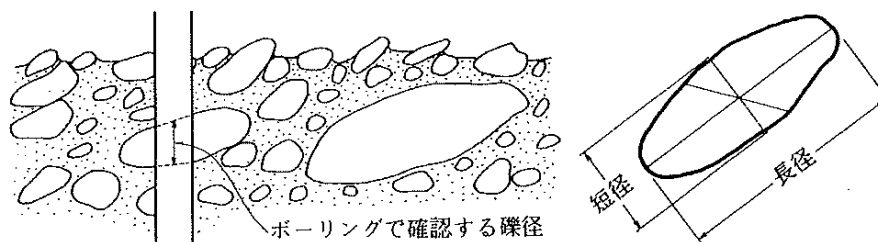


図-4.1.2 ボーリングと礫径(礫の短径と長径)

出典) 全国地質調査業協会連合会：ボーリング野帳記入マニュアル，p.103，2000.9

・第2 礫質土層 (Ts-g2層)

土質は主に玉石混じり砂礫である。ボーリングでは径2～75mmの礫やコア長5cm程の玉石を確認した。GL-17.80～-18.00mではベントナイト泥水の逸水が激しい。

N値はややばらつきがあり、26～59(平均41)を示す。

・砂質土層 (Ts-s層)

土質はシルト質細砂や礫混じり細砂である。N値は16～39(平均28)を示す。

・第3 礫質土層 (Ts-g3層)

土質は砂礫である。ボーリングでは径2～75mmの礫を確認した。GL-28.80m付近ではベントナイト泥水の逸水が激しい。

N値は一部で50程度を示す他は、60以上が主体である。

4.2 調査地の地下水位

ボーリング時に確認した孔内水位を表-4.2.1に示す。

同表に示す孔内水位（無水掘り水位）は、透水性の良い砂礫層中で確認されたことや、水位以深で含水量が中位となっていることから、調査地の地下水位を反映したものであると考えられる。

ただし、調査地が位置する豊平川扇状地では、地下水位は季節によって変動することが知られている。北海道立地質研究所の地下水位観測記録によれば、融雪期の4～5月には、低水位期である2～3月上旬や8～12月と比較して1～2m程度水位が上昇する傾向が認められている。したがって、調査地でも季節によっては今回確認された水位（GL-8.50m, T.P.+12.26m）よりも上昇する場合や下降する場合があると考えられる。

表-4.2.1 各地点の孔内水位

地点	孔内水位		区分	水位付近の土質 (土層区分)	測定日
	GL m	T. P. m			
No. 1	-8.50	+12.26	無水掘り水位	砂礫 (Ts-g1層)	2011/7/12