

平成 1 7 年度研究報告書

地震時における急傾斜地の 危険度評価法の調査研究

研究代表者

豊橋技術科学大学・建設工学系・助教授

三浦 均也

東三河地域防災研究協議会
(研究提案市：豊川市)

目 次

	ページ
第1章 はじめに	
1.1 本報告書の構成	1
1.2 本調査研究の背景および目的	1
第2章 住宅高盛土の概要	
3.1 豊川市御油団地住宅高盛土の概要	3
3.2 住宅地の造成と高盛土の建設	9
第3章 高盛土の地質構造調査の方法	
3.1 調査の目的と必要性、調査の概要	20
3.2 調査方法の説明	21
3.2.1 ボーリング	21
3.2.2 N値測定	24
・標準貫入試験	
・ラムサウンディング試験	
・ミニラムサウンディング試験	
3.2.3 P S 検層	31
・ボーリング孔を利用したダウンホール試験	
・ミニラムを利用したアップホール試験	
3.2.4 地表面弾性波探査	37
3.2.5 地形測量	45
3.2.6 水位観測	46
3.2.7 残留変位計測	48
3.3 調査の進行状況	51
第4章 調査結果および考察	
4.1 地表面弾性波探査による地質構造の推定	52
4.2 ボーリングによる柱状図および地質の推定	59
4.3 N値の分布による地盤強度の推定	64
4.4 P S 検層等による弾性波速度の推定	79
4.5 ボーリング、サウンディング、水位観測による地下水位の推定	87
4.6 主要地質断面の推定	92

第5章 まとめ

5.1	本年度の総括	95
5.2	今後の方針	97

参考資料

(図表；カラー)

(講演スライド集)

- 参考資料1 「地震時における液状化に関連した構造物の被害
－ 住宅盛土、道路盛土、埋設管の被害 －」
東三河地区研究協議会 第3回研修会：於 豊川市
- 参考資料2 「豊川市における急傾斜地の危険度評価手法
－ 御油団地調査結果概要 －」
豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会
第3回研究会： 於 豊川市
- 参考資料3 「地震時における急傾斜地の危険度評価法の研究調査」
－ 豊川市における住宅盛土の調査 －
平成17年度東三河地区地震防災セミナー： 於 豊川市

第1章 はじめに

1.1. 本報告書の構成

本報告書は、豊川市御油における長大な斜面を有する住宅高盛土を対象に一連の調査研究を取りまとめたものである。本報告書の構成は、以下のようである。

第1章（本章）は序章の位置付けで、本調査研究の目的と住宅高盛土の地盤調査を実施する背景を明らかにする。第2章では、調査対象の住宅高盛土の概要で、住宅高盛土の造成過程等についてについてまとめる。第3章では、住宅高盛土の地盤調査方法の概要を取りまとめる。ボーリング調査、N値測定、PS検層、地表面弾性波調査、水位観測、残留変位観測、および調査の実施状況について説明する。第4章では、調査結果を取りまとめるとともに、調査結果に基づいて住宅高盛土の地質構造特性を考察する。第5章では、本研究で得られた結果を総括するとともに、来年度における調査方針を提案する。

1.2. 本調査研究の背景および目的

大規模な地震においては種々の公共施設に被害が生じるが、宅地開発により造成された住宅地にもしばしば深刻な被害が発生する。家屋の倒壊につながるこれらの被害のほとんどは地震衝撃力による盛土部分の変形や破壊によって引き起こされるもので、住宅造成地の斜面崩壊、盛土における陥没、沈下、段差の発生などが発生する。このような住宅造成地の被害程度は盛土の規模や傾斜などの地形条件のみならず、地質構造、盛土材料の力学的性質、さらには後背地から侵入する地下水浸透流など、いわゆる地盤特性に強く依存する。

調査研究の対象である豊川市の住宅高盛土が位置する東海地区は、太平洋側一帯において東海地震や東南海地震、南海地震が近い将来に発生する可能性が高い地域で、地震の影響を強く受けることが予想されている。地震活動が世界的に見ても活発な日本にあっても特に地震に対する対策が急がれているこの地域では、住宅造成地を含む社会基盤施設の地震時安定性および耐震性能への関心は高く、本研究における課題に取り組むことは地域社会の要請にこたえるもある。都市の後背山地を開発して行われる住宅地の開発は近年益々大規模で、国内の多くの都市において住宅造成地盤は人口と家屋の密集地帯を形成するため、市民社会におけるその重要度が増している。

本調査研究の目的は、豊川市御油町における住宅高盛土の地質構造や地震時における力学特性を調査し、地震時における挙動を解析することによって住宅地の地震時安定性を明らかにすることである。さらに、本研究を通じて得られる知見に基づいて、一般的な住宅高盛土の地震時安定性を対象とした効果的な調査方法およびその調査に基づいた解析方法と地震時安定性評価法を調査研究することを目的としている。

本調査研究の対象は、豊川市御油町に造成された長大な斜面を有する住宅造成地（高盛土）である。本調査研究は「東三河地区防災協議会」を介して豊川市からの依頼を受けて豊橋技術科学大学建設工学系、地盤・防災講座、三浦研究室が2年間の予定で受託したものである。本年度から研究を実施するに当たっては、豊橋技術科学大学、豊川市、応用地質株式会社、東北学院大学が参加した「豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会」を組織し、この研究会において調査研究の計画、実施、取りまとめを実施してきた。初年度にあたる平成17年度は、住宅高盛土の地質構造と地震時における力学的性質を明らかにするために一連の地盤調査を実施した。平成18年度には引き続き地盤調査を行うとともに、調査結果に基づいて住宅盛土の地震時挙動解析を実施する予定である。本調査研究の成果が豊川市御油町の地震時危険度評価に役立つのみならず、住宅高盛土の耐震性評価法の研究・開発に寄与すると期待し対している。

調査研究組織

代 表 者： 豊橋技術科学大学 三浦 均也

協 力 者： 豊橋技術科学大学 河邑 眞
応用地質株式会社 村田 芳信
東北学院大学 吉田 望

研究会： 「豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会」

第2章 住宅高盛土の概要

2.1. 豊川市御油団地住宅高盛土の概要

・住宅盛土の位置と形状

本調査研究で対象としている豊川市御油団地は愛知県豊川市の北西部に位置し、山地斜面を切り崩して建設した長大な急斜面を有する住宅隆高盛土上に造成した住宅造成地である。名鉄御油駅から北に500mほどのところに位置し、住所は愛知県豊川市御油町汲ヶ谷である。現在、区画整備された住宅地には約300戸の住宅が建設され、多くの住民が生活している。

図2.1.1は豊川市御油団地の平面図である。住宅地は南北に約500m 東西に約200mであり、西側には高さ約30m 長さ約60の長大盛土斜面を有している。

・住宅盛土周辺の地質

図2.1.2 および2.1.3の地形分類図から、御油団地は観音山地の外縁に位置している。地形地域区分では小起伏山地（起伏量 400～200m）と扇状地・勾配の急な谷底から構成される沢地形となっている。御油駅から住宅地に至る地域には急坂が多く、また、北部および東部には山地が迫っている。

図2.1.4の地表層地質から、当該地域は広く黒色片岩や片岩、片麻岩の変成岩類で構成されていることが分かる。沢地形には未固結堆積物の礫・砂・泥が堆積している。それらの未固結堆積物は第四紀の沖積層で、変成岩は中世代・白亜紀以降のもので、地表面近くでは風化を伴うものの比較的硬い地質である。



图 2.1.1 豊川市御油団地平面図：国土地理院

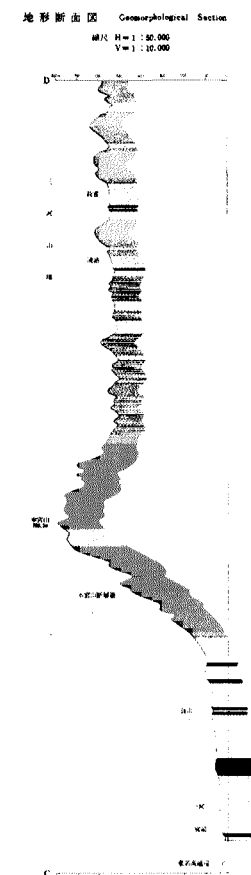
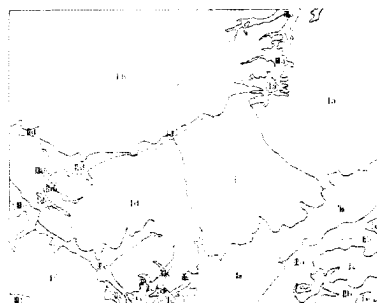


図 2.2.2 地形分類図； 愛知県土地分類基本調査 御油 国勢調査 1976 年



I 山地・丘陵地

- I a 三河東部山地
- I b 三河西部山地
- I c 本宮山地
- I d 観音山地
- I e 吉祥山地
- I f 五井山地

II 台地・段丘

- II a 豊川右岸台地
- II b 豊川左岸台地
- II c 音羽川中流域台地
- II d 男川流域台地

III 低地

- III a 巴川上流低地
- III b 豊川低地
- III c 音羽川低地
- III d 音木川低地
- III e 鉢地川低地
- III f 蒲郡北東部低地

山地および丘陵地 MOUNTAIN AND HILL LAND

- 大起伏山地 (起伏量 400m以上)
relief mountain (relief energy 400m)
- 中起伏山地 (起伏量 400~200m)
Middle relief mountain (relief energy 400~200m)
- 小起伏山地 (起伏量 200m以下)
Low relief mountain (relief energy 200m)
- 丘陵地
Hill (relief energy less than 100 meters)
- 緩斜面
Gentle slope

台地 UPLAND

- 砂礫台地
Gravelly terrace

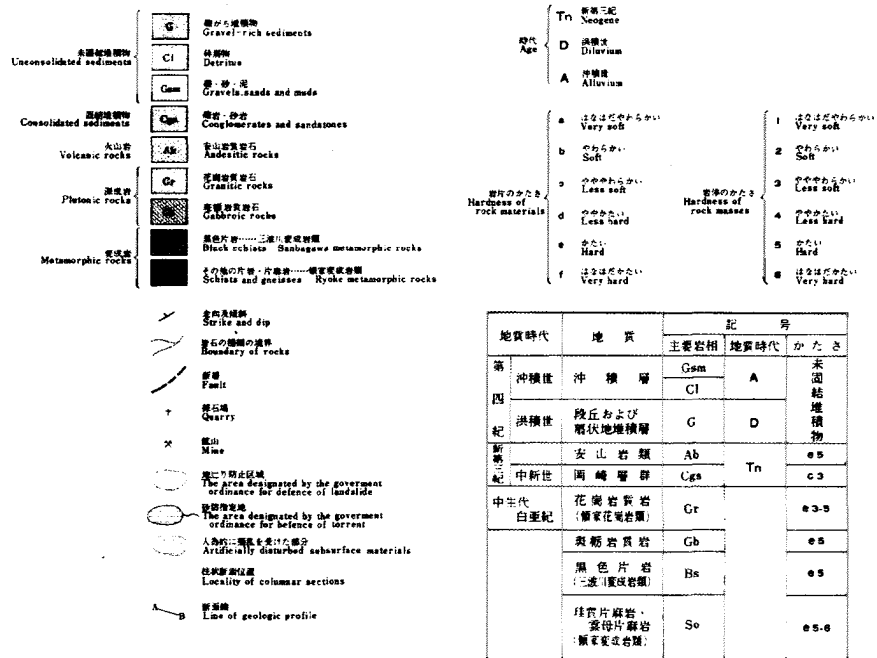
低地 LOWLANDS

- 扇状地・扇状の急な谷底
Fan and steep valley plain
- 自然堤防 (微高地)
Natural levee
- 谷底平野・氾濫平野
Valley plain and flood plain
- 河原
Dry river bed
- 旧河道
Former river course

その他 MISCELLANEOUS

- 台地上の浅い谷
Shallow valley on upland
- 崩壊地形
Rock slide and debris slide
- 遷移点
Knick point
- 崖
Cliff
- 河川・灌漑池
River and irrigation pond
- 1・2級河川流域等
Catchment boundary of 1st and 2nd class river
- 人工改築地
Artificially flattened area
- 国道および主要地方道
National road and main prefectural road
- 地形界
Boundary of landform

図 2.1.3 御油の地形分類図；日本の地質5 中部地方II 共立出版



7

・住宅地背後から地下水浸透

住宅地の背後（北東部）には山地が迫っている。一般的には、沢地形では沢を囲む山地の頂点を連ねた領域（流域）における降水が沢水や地下水の供給源と考えることができる。図 2.1.1 には中宅地の周辺地形の起伏の頂点を連ねたら配水線を破線で示している（図における宅地の東側と南側の一部）。これによって認められる住宅地の流域面積は北東部の沢を考慮してもそれほど広くなく、大量の沢水および地下水浸透流が存在するとは考えにくい。しかし、西側斜面の舌端部には地形から予想されるよりも大量な地下水の流出が認められる。このことは、単に流域における降水のみが沢水や地下水の供給源ではなく、周辺の山を地下水として伏流して通過して浸入する地下水が相当量存在していると考えられる。

このような盛土内における地下水は、地震時においてしばしば間隙水圧を発生させて盛土本体の強度や剛性を低下させる原因となる。さらには、強振動により地下水中の盛土材料が液状化することで甚大な被害が発生するケースも多く見られている。したがって、本研究における調査では盛土内における地下水の調査も主要な項目の一つとしている。

2.2. 住宅地の造成と高盛土の形状

・ 住宅地造成の経過

調査研究の対象である御油団地住宅高盛土は昭和48年（1972年）に愛知県労働者生活協同組合が豊川市への許可申請を経て建設したものである。西方に向かって開けた沢地形を埋め立てる方式で、厚さ最大約30m、傾斜約30度の長大斜面を伴う住宅盛土を建設した。この住宅造成地の規模は周辺の切土地盤を含めて東西に約300m、南北に約500mで、緩やかに西側へ傾斜している。現在ではこの住宅造成地には306戸の住宅が建設され500人以上が生活している。工場や公共施設などの大型の構造物はない。

この住宅造成地における地山の大部分は比較的風化しやすい片麻岩が構成している。盛土建設には、地山を切り崩すことにより発生した、角張っていて比較的粒度分布のよい岩ずりを盛土材料として用いている。地山の切り崩しと整地によって約100万立方メートルの岩ずりが発生したと記録されているが、そのうち80立方メートルをこの盛土建設に用いている。したがって、他の建設現場等で発生した土砂は転用されておらず、盛土材料は比較的均質であると考えることができる。

次章で旧地形と現地形の比較を示しているが、盛土建設前には沢の北側から地下水の水源とすると小河川が沢の底部を定常的に流下していたことが分かっている。盛土の建設に対しては、この沢水を盛土から排水するための設備（暗渠排水や配水管など）は特に設けていないようである。現状では、盛土斜面の先端最下部に建設したコンクリート製の擁壁の排水孔や擁壁の底部から、降雨には余り敏感でない地下水の流出が定常的に認められている。

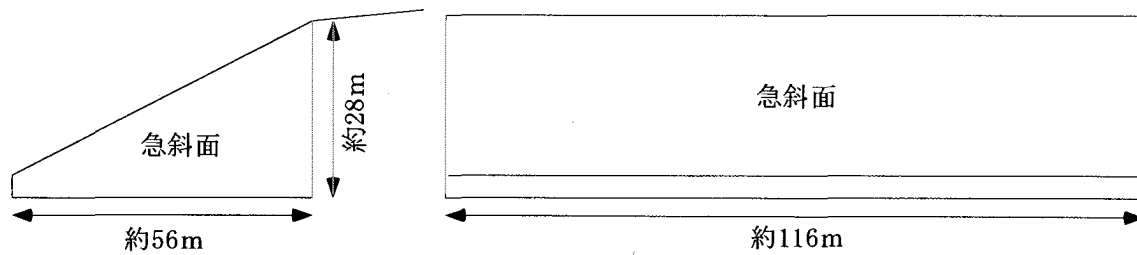


図 2.2.2 御油団地西側斜面の急斜面部の断面図

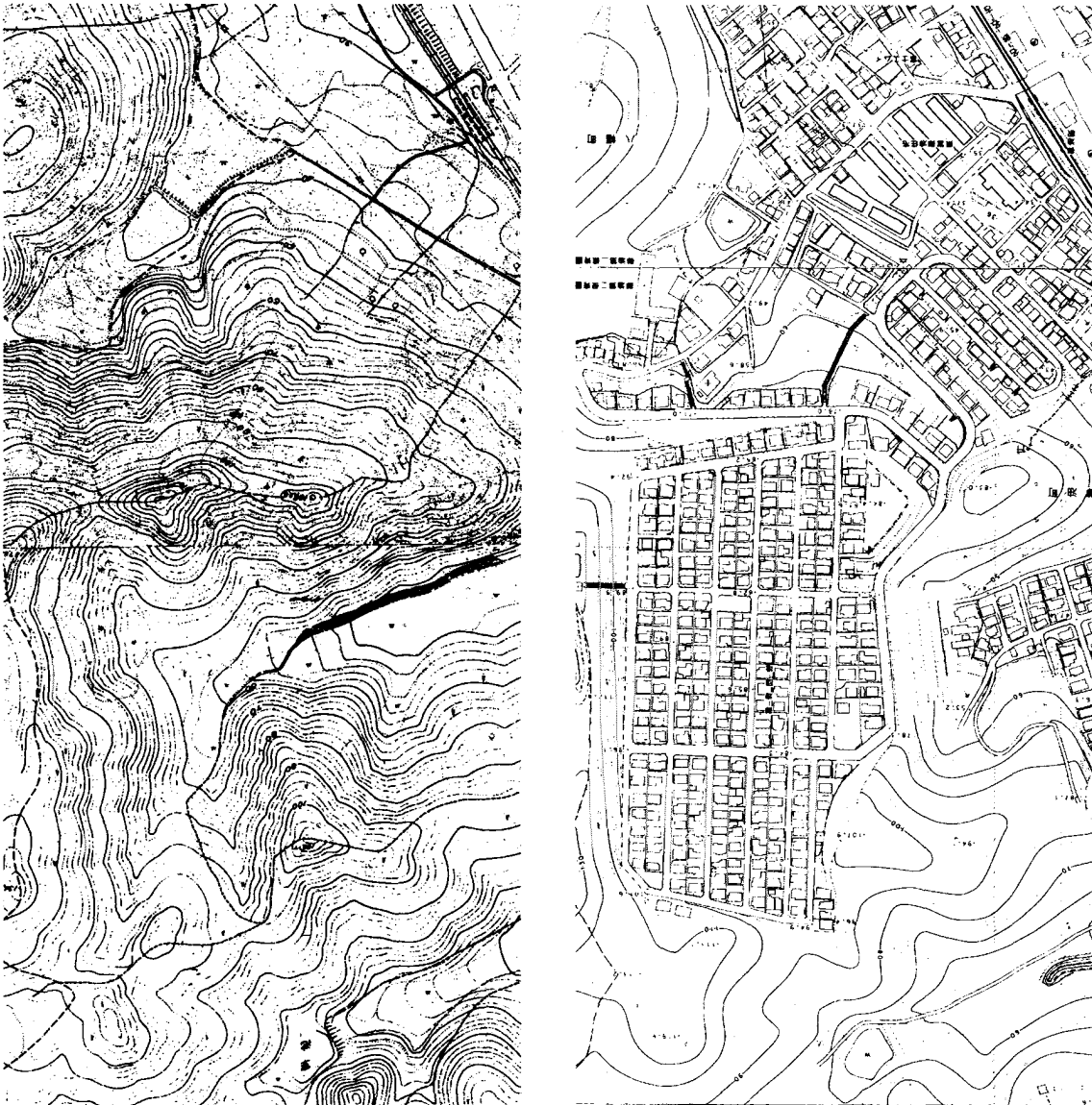
表 2.2.1 水準測量の結果

No	標高(m)
仮B.M	101.316
1	98.704
2	96.442
3	93.840
4	93.647
5	91.690
6	89.615
7	88.097
8	88.151
9	89.615
10	91.008
11	90.580
12	88.245
13	89.464
14	87.303
15	85.801
16	85.840
17	87.382
18	89.378
19	90.856
20	92.875
21	92.773
22	95.663
23	98.543
24	99.668
25	99.065
26	98.004
27	94.579
28	90.578
29	88.099
30	87.924
31	86.617
32	84.912
33	83.455
34	83.569
35	85.787

No	標高(m)
36	87.540
37	85.830
38	83.483
39	85.939
40	82.628
41	80.973
42	81.042
43	82.226
44	83.749
45	84.978
46	85.021
47	87.794
48	91.646
49	95.468
50	95.831
51	97.678
52	100.028
53	81.965
54	80.700
55	79.579
56	78.457
57	78.626
58	80.312
59	84.513
60	82.034
61	78.697
62	81.955
63	80.912
64	79.014
65	77.759
66	76.519
67	75.190
68	73.399
69	75.526
70	76.457

No	標高(m)
R-4	72.988
R-2	73.033
R-1	73.110
Rm-2	57.932
Rm-3	57.831
Rm-1	57.801
B-1	73.309

图 2.2.3 御油团地形图比较



- ・ 御油団地の地形

図 2.2.2 は住宅地の拡大平面図を示している。図には水準測量の測点も示しているが、西側斜面と急斜面につながる造成地内の道路を側線として選び、水準測量した。住宅地内にある既知点から道路の各点の標高を算出し、住宅地の標高の変化を求めた。住宅地や各調査を行った点の標高は表 2.1.1 の通りである。団地の標高は仮 B.M のある図 2.2.1 の右上の地点で標高が最も高く、図の左下 (No.61) に向かうにつれて標高が低くなっている。

- ・ 等高線の変化から推定した高盛土の形状

図 2.2.3 は現在の御油団地の地形図 (左図) と昔の地形図 (右図) を並べて示している。これらの図から住宅造成地が山を切り崩してつくられた切土とその際の発生土で建設した盛土が形成する地形であることがわかる。

住宅造成地の地震時における危険度を評価するために、住宅地の地質構成を明らかにすることが第一に重要である。そこで、住宅造成地における切土と盛土の平面的な分布、および盛土部分が深さ方向の広がり調べる必要がある。

ここでは、等高線を有する地形図を重ね合わせて比較することによって住宅地の切土・盛土の形状を推定した。図 2.2.3 に示した新旧 2 枚の図を重ね合わせる。この際、地図を照合するのには、改変されていない斜面の南北の丘陵部の地形を参照した。

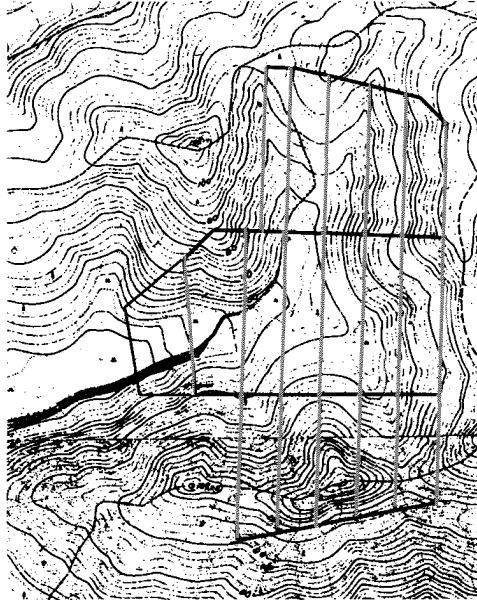


図 2.2.4 住宅地造成前の地形図に住宅地の概略を重ね合わせた図

図 2.2.4 は、このようにして得た住宅地造成前の図に現在の住宅地の概略を重ね合わせた図である。表 2.2.2 は住宅地の各点の新旧の標高をまとめている（各 No は水準測量を行った際の No）。図 2.2.4 から求めた標高を使って各点における標高差を整理したものである。この作業により、各地点における盛土厚さあるいは切土量を知ることができる。

表 2.2.2 昔と現在の各点の標高と切土高

No	(現在)標高(m)	(昔)標高(m)	切土高(昔-現在)(m)
仮B.M	101.316	110	8.684
1	98.704	105	6.296
2	96.442	102	5.558
3	93.840	103	9.160
4	93.647	105	11.353
5	91.690	96	4.310
6	89.615	86	△ 3.615
7	88.097	85	△ 3.097
8	88.151	85	△ 3.151
9	89.615	88	△ 1.615
10	91.008	100	8.992
11	90.580	96	5.420
12	88.245	98	9.755
13	89.464	107	17.536
14	87.303	94	6.697
15	85.801	83	△ 2.801
16	85.840	81	△ 4.840
17	87.382	73	△ 14.382
18	89.378	83	△ 6.378
19	90.856	90	△ 0.856
20	92.875	88	△ 4.875
21	92.773	85	△ 7.773
22	95.663	86	△ 9.663
23	98.543	90	△ 8.543
24	99.668	97	△ 2.668
25	99.065	98	△ 1.065
26	98.004	110	11.996
27	94.579	99	4.421
28	90.578	80	△ 10.578
29	88.099	73	△ 15.099
30	87.924	73	△ 14.924
31	86.617	69	△ 17.617
32	84.912	70	△ 14.912
33	83.455	84	0.545
34	83.569	88	4.431
35	85.787	100	14.213

No	(現在)標高(m)	(昔)標高(m)	切土高(昔-現在)(m)
36	87.540	106	18.460
37	85.830	101	15.170
38	83.483	98	14.517
39	85.939	98	12.061
40	82.628	88	5.372
41	80.973	80	△ 0.973
42	81.042	78	△ 3.042
43	82.226	66	△ 16.226
44	83.749	61	△ 22.749
45	84.978	62	△ 22.978
46	85.021	64	△ 21.021
47	87.794	73	△ 14.794
48	91.646	90	△ 1.646
49	95.468	98	2.532
50	95.831	99	3.169
51	97.678	112	14.322
52	100.028	98	△ 2.028
53	81.965	76	△ 5.965
54	80.700	67	△ 13.700
55	79.579	53	△ 26.579
56	78.457	66	△ 12.457
57	78.626	70	△ 8.626
58	80.312	85	4.688
59	84.513	99	14.487
60	82.034	100	17.966
61	78.697	84	5.303
62	81.955	92	10.045
63	80.912	88	7.088
64	79.014	74	△ 5.014
65	77.759	55	△ 22.759
66	76.519	63	△ 13.519
67	75.190	78	2.810
68	73.399	83	9.601
69	75.526	76	0.474
70	76.457	70	△ 6.457

No	(現在)標高(m)	(昔)標高(m)	切土高(昔-現在)(m)
R-4	72.988	58	△ 14.988
R-2	73.033	54	△ 19.033
R-1	73.110	56	△ 17.110
Rm-2	57.932	49	△ 8.932
Rm-3	57.831	48	△ 9.831
Rm-1	57.801	52	△ 5.801
B-1	73.309	53	△ 20.309

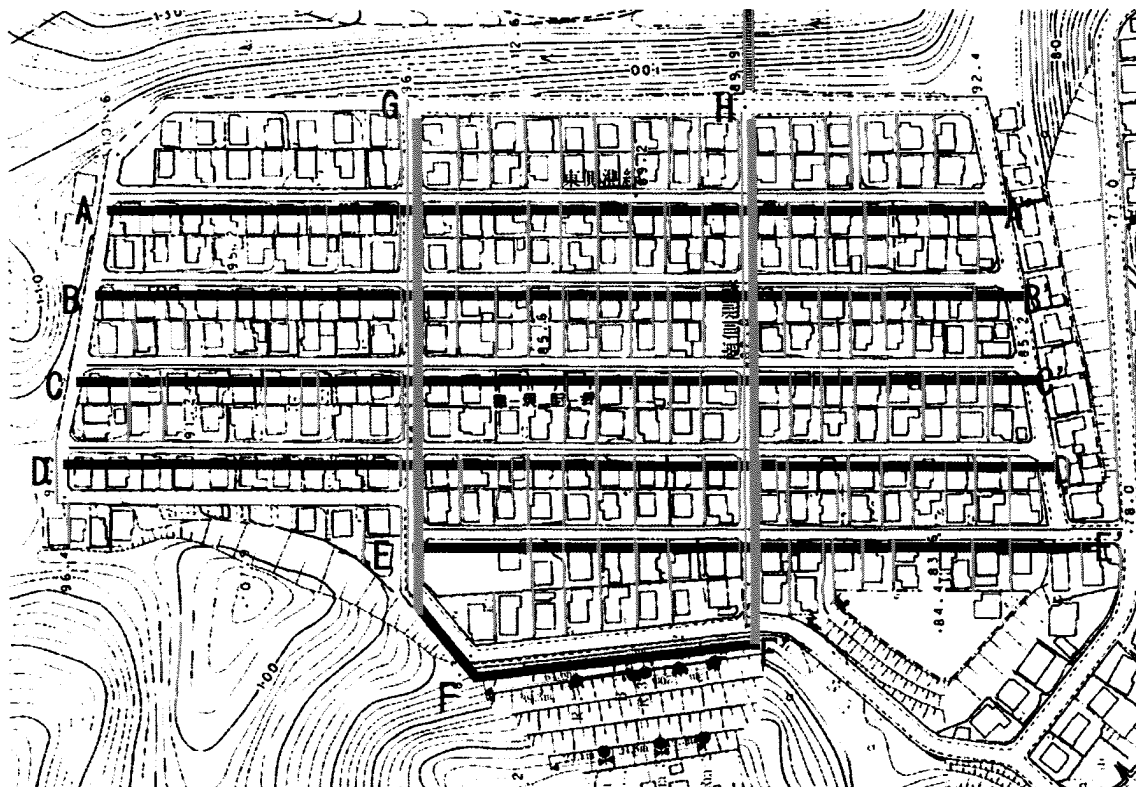
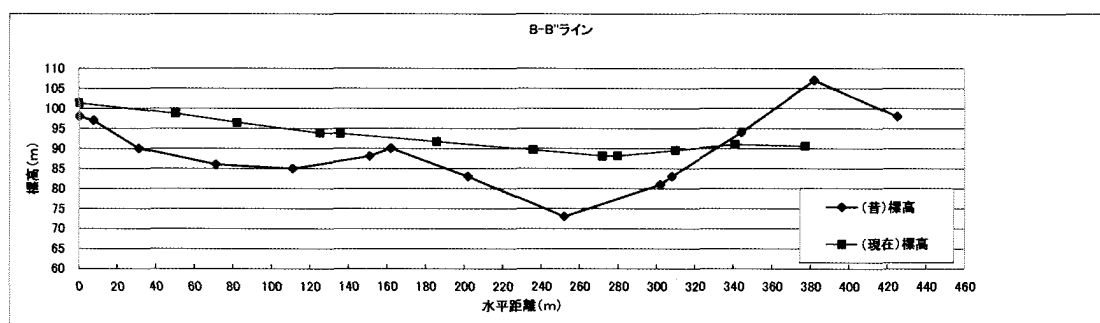
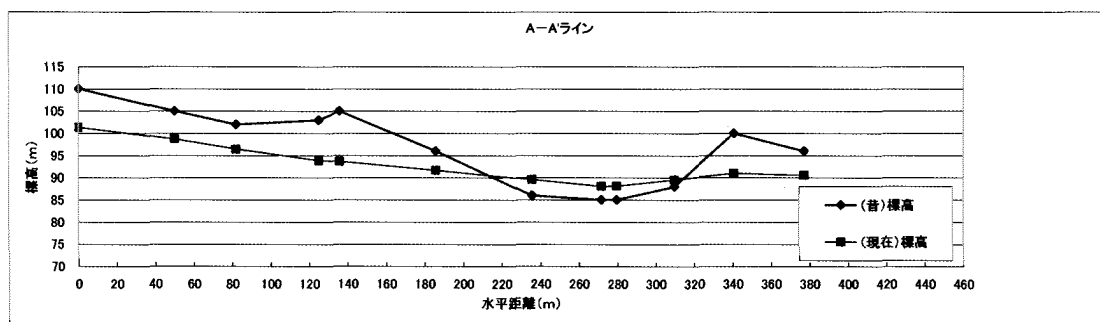
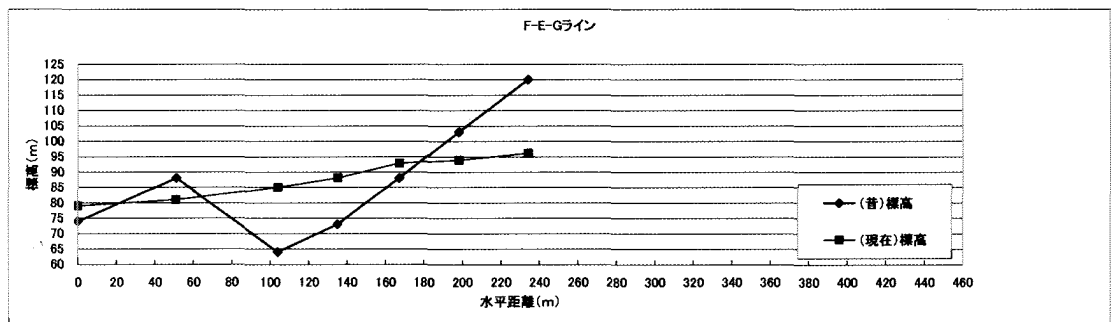
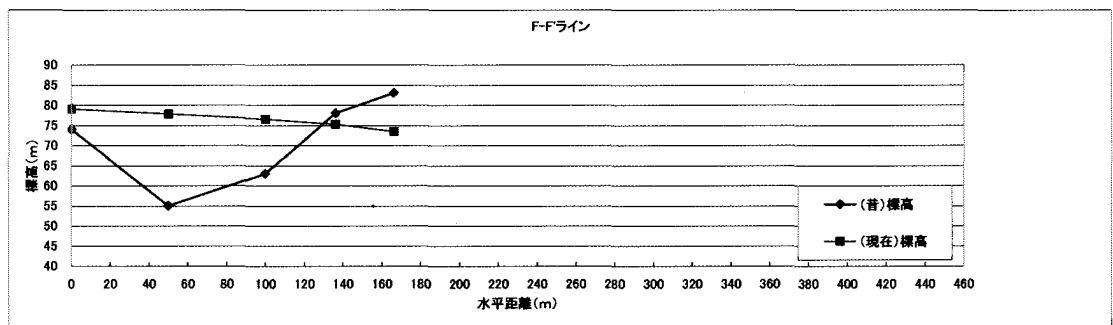
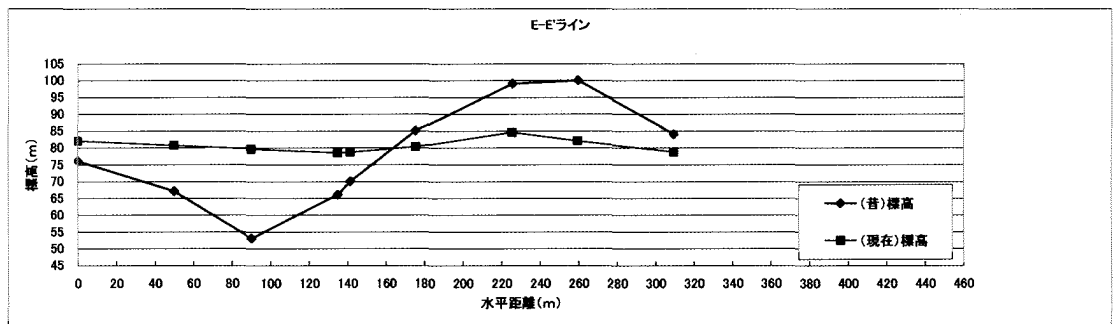
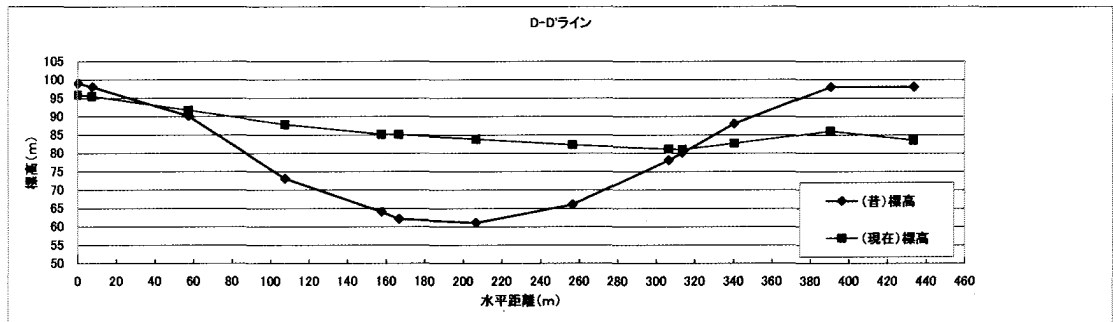
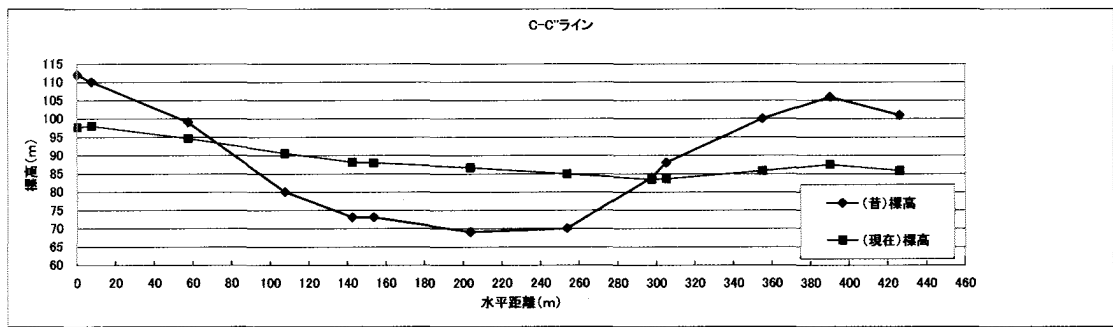


図 2.2.5 住宅地における道路に沿った測線





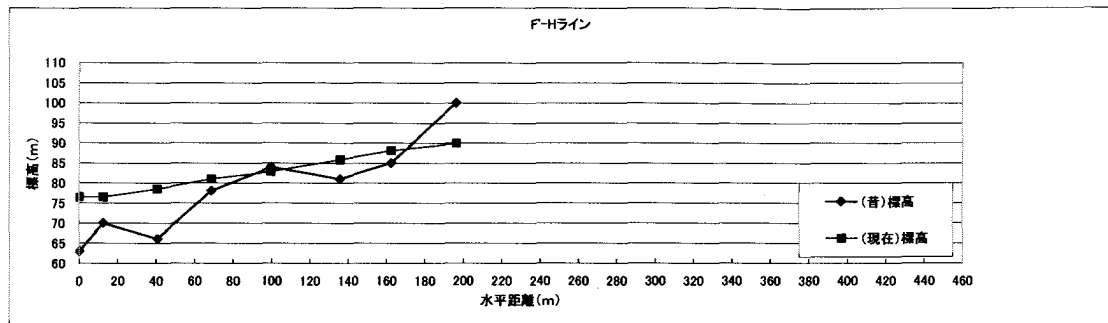


図 2.2.6 各側線における新旧の標高の比較

図 2.2.5 は切土と盛土の評価に用いた道路に沿った側線を示し、図 2.2.6 は住宅地の各道路における各点の標高をつないで道路の標高を現したもので、昔の標高と現在の標高を示している。このグラフから御油団地における切土と盛土の部分把握することができる。

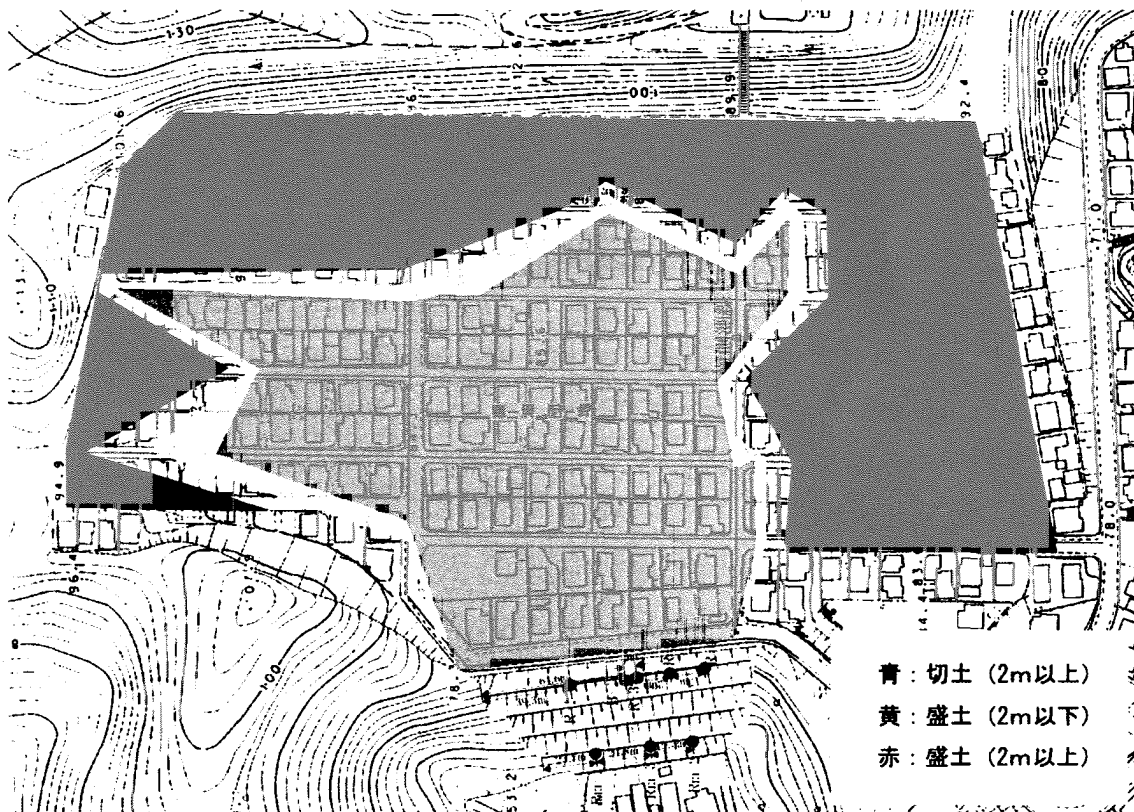


図 2.2.7 住宅地における切土と盛土の推定分布図

図 2.2.6 のグラフから知ることができた、住宅地における造成前後における標高の変化に基づいて、平面図における切土と盛土の分布を示したのが図 2.2.7 である。この図から、住宅地の造成に当たっては、住宅地外縁の丘陵部を切り崩し、発生した岩ずりにより住宅地中央部を盛土下ことが分かる。ここでは等高線の比較によるやや大まかな推定ではあるが、盛土の最も厚い部分では 20m を超えていることも分かった。

第3章 高盛土の地質構造調査の方法

3.1. 調査の目的と必要性，調査の概要

・調査の目的と必要性

本調査研究の目的は、豊川市の御油団地における住宅高盛土の地震時における危険度の調査法をおよび評価法を調査研究することである。このためには、地質構造のみならず高盛土を構成する土質の地震時における性質を明かにする必要がある。また、降雨による住宅高盛土への地下水の供給が地質構成および地震時における高盛土の挙動に大きな影響を及ぼすことは重要である。したがって、ここでは一連の地質調査を実施するが、地下水の状況および降雨による地下水の変動にも着目した調査を計画・実施した。

・調査の概要

- (1) 現地視察
- (2) 調査，研究計画
- (3) 現場調査
 - ・ 地形測量
 - ・ 住宅地・斜面の地質調査
 - ・ 斜面の観測
- (4) 調査結果のまとめ

3.2. 概要調査方法および内容

3.2.1. ボーリング

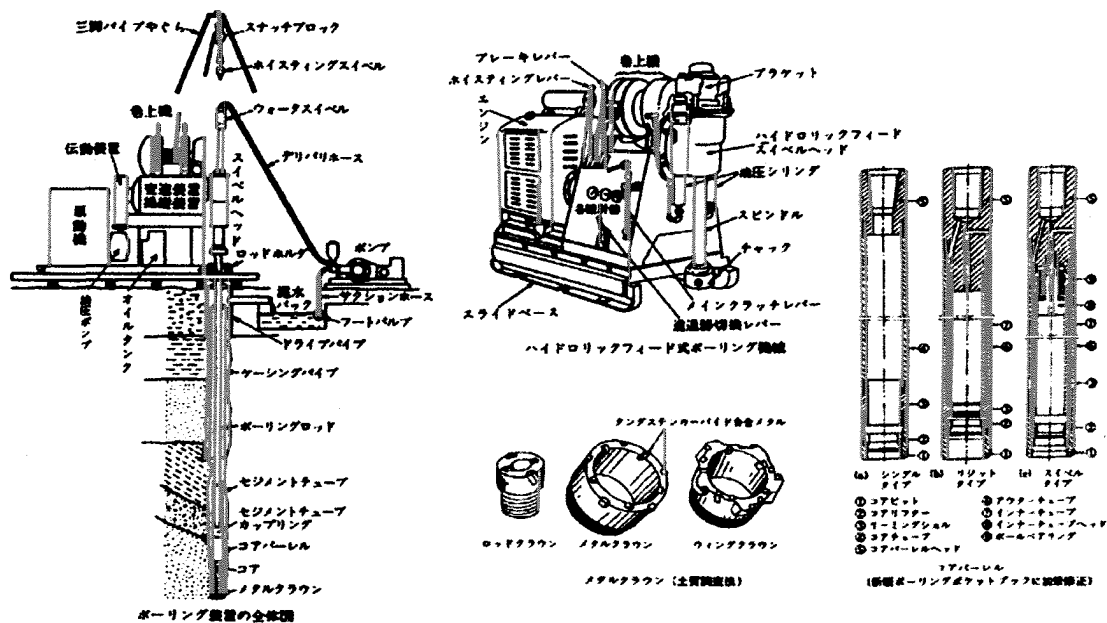


図 3.2.1 ボーリング装置概要図

・概要

ロータリー式機械ボーリングは、地盤調査の重要な方法の一つとして概略調査から詳細調査までの各段階において多用される。ロータリー式機械ボーリングマシンにより駆動されるロッドあるいはコアバーレルの先端に取り付けられたビットの回転と給進により地盤を切り削りながら孔を掘り進む。掘りくずは清水やその他の掘削流体を循環させることによって孔外に排出するボーリング方法で、主な特徴は次の通りである。

- 1) 地盤に適したビットを選定することができるため、土から岩までのボーリングが可能で、適用の範囲が広い。
- 2) 掘削流体として清水やその他の流体を用いるため、ボーリング孔壁の安定

と清掃に大きな効果がある。

- 3) 任意の方向のボーリングが可能である。
- 4) コアバーレルを用いて土または岩のコアが採取できる。特に岩盤調査に最適なボーリング法である。

ただし、巨礫と玉石を含む地盤、割れ目や空洞のある岩および早い地下水流をもつ間隙の大きい地層の掘進にはこの方法は必ずしも適しているとはいえない。なお、ロータリー式機械ボーリングによる調査は実際の地盤を掘進することにとどまらず、それに付随して種々のサンプリングおよび原位置試験に関する広域な知識と高い技能が必要となる。

・ハイドロリックフィード式ボーリング機械の特徴

主にロータリー式が機械ボーリングに用いられるボーリング機械として、ハイドロリックフィード式およびハンドフィード式が挙げられるが、地質調査において近年では前者が主流となっている。

以下に、ハイドロリックフィード式ボーリング機械の特徴を述べる。

- 1) 回転と給進を別々に操作でき、給圧、給進もフィードコントロールバルブの操作で簡単にできる。
- 2) ビット荷重は油圧ゲージを見ながら適切な荷重をかけられ、掘進中の地質変化は油圧ゲージの変化から察知できる。
- 3) 低速から高速までの回転が得られるので、メタルクラウンでもダイヤモンドビットでも使用できる(通常 150~1000rpm のものが多い。)
- 4) 油圧機構をもっているので、スライドベースやオイルチャックなどの機構を取り付けることができ、そのため深掘りや大孔径ボーリングにも適用することができる。
- 5) 他のフィード機構に比べてやや複雑であるので、操作に慣れるまでには多少の訓練を要する。また、取り扱いや整備の不良などから機械の故障が起きますと、現場では修理できない部分もある。



写真 3.2.1 ボーリング装置

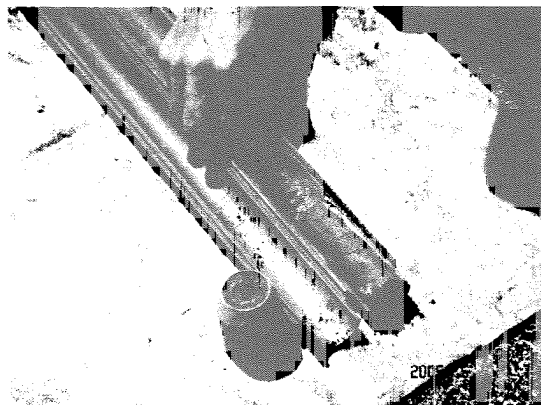


写真 3.2.3 ボーリングロッド

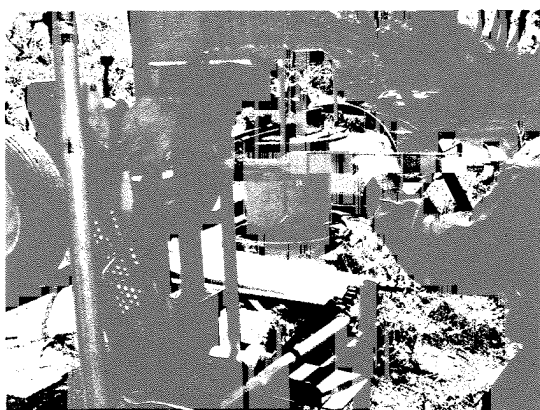


写真 3.2.2 ボーリング時

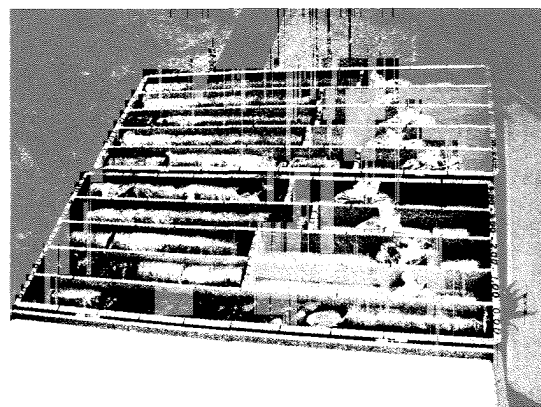


写真 3.2.4 採取資料

3.2.2. N-値測定

地盤の N 値を測定するために以下の三つの試験を行った

(1) 標準貫入試験

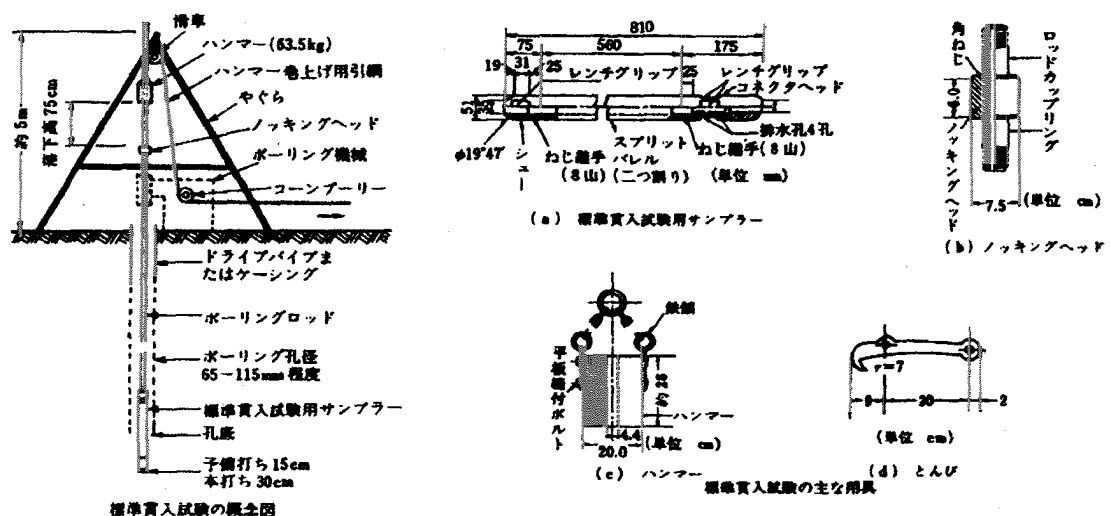


図 3.2.2 標準貫入試験装置モデル図

・試験方法，測定原理

- 1) 所定の深さまで試験孔を掘削し(孔径は 6.5～15cm)，孔底のスライムを除去する。
- 2) 上手(a)のサンプラーをロッドに接続し，静かに孔底に下ろし，ロッドの上部にノッキングヘッドとガイド用ロッドを付ける。
- 3) ハンマーの打撃によって，15cm の予備打ち，30cm の本打ち(ハンマーを正確に 75cm の高さから自由落下させる)，約 5cm の後打ちを行う(後打ちは省略しても良い)。打撃法には，コーンブーリー法，とんび法，自動落下装置法の 3 種類がある。
- 4) 本打ちでは，打撃 1 回ごとの累計貫入量を，一回の貫入が 2cm 未満の場合は 10cm ごとの打撃回数を記録する。本打ちの打撃回数は通常 50 回を限度とし，その貫入量を測定する。

- 5) 測定の終了後、地表にサンプラーを引き上げ、シューならびにコネクターを取り外し、スリットバレルに入った試料を観察する。
- 6) 試料採取は、標本用あるいは土質試験に使用するため、含水状態が変化しないように密封して保存する。

・ 目的，適用範囲

- 1) 土砂地盤の締り度合い(硬さ)を測定できるため、広範囲の地盤で使用が可能(軟弱粘土～軟岩まで)。
- 2) 測定時には土質試料を採取できるメリットは大きく、我が国では、通常のボーリング調査とは、「標準貫入試験を 1m 毎に実施すること」を指すといえるほど普及している。
- 3) 多くの実測データから、以下の土質定数の推定が可能。
 - ・ 地盤の単位体積重量
 - ・ 間隙比
 - ・ 相対密度
 - ・ 粘性土地盤の粘着力
 - ・ 砂質地盤のせん断抵抗角
 - ・ 地盤の変形係数
 - ・ S 波伝播速度
 - ・ 直接基礎の許容支持力
 - ・ 杭基礎の支持力
 - ・ 液状化発生の危険度
 - ・ その他

(留意した点)

- 4) 多用されている程には万能な試験ではない。特に、軟弱粘性土や礫地盤での測定値の解釈には、十分な留意が必要。
- 5) 礫質地盤では、大型貫入試験器を使用することがある。
- 6) 軟弱粘性土の粘着力測定には、他の試験法を採用するのが望ましい。

(2) オートマチックラムサウンディング試験

・試験方法および特徴

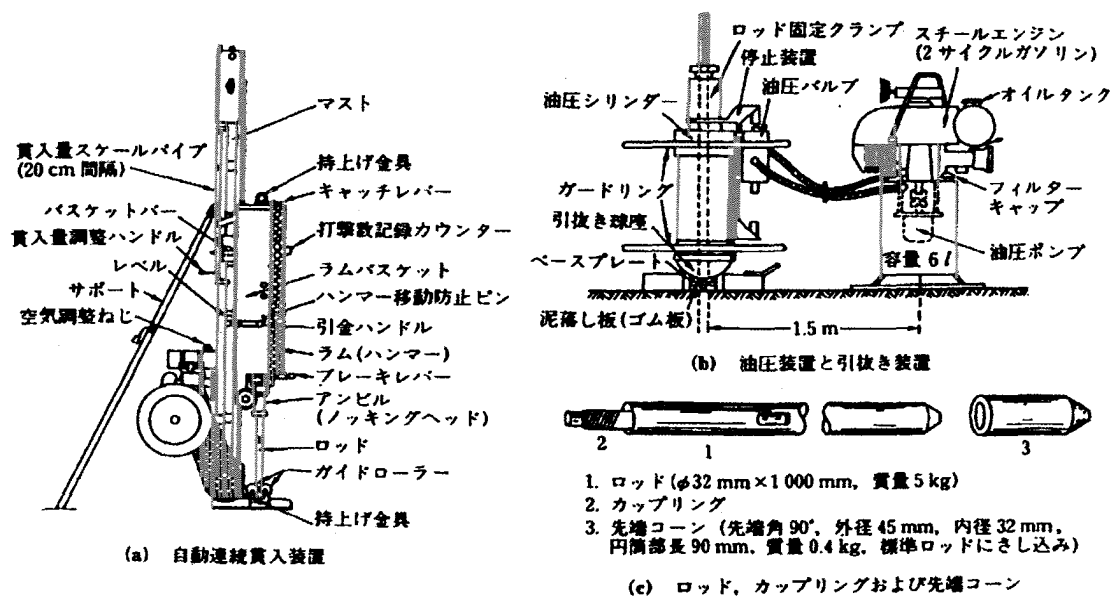


図 3.2.3 オートマチックラムサウンディング試験装置モデル図

オートマチックラムサウンディングは、スウェーデンで開発された動的コーン貫入試験であり、1974年に日本に導入された。装置は上図に示すように、自動連続貫入装置、自動引抜き装置、ロッドおよびコーンで構成されている。この装置を用いた試験の特徴は、次の通りである。

- 1) 貫入および引抜きが自動的に行われる。
- 2) 引抜き時の抵抗を低減する為に、コーンが離脱する構造となっている。
- 3) ロッドをトルクレンチで回転させてトルクを測定することによって、周面摩擦の影響を次式で補正することができる。

$$\begin{aligned}
 N_d &= N_{dm} - N_{mantle} \\
 &= N_{dm} - 0.00041M_v \\
 \{N_d &= N_{dm} - 0.004M_v\}
 \end{aligned}$$

ここに、 N_d ：補正された打撃回数

M_{dm} : 測定された打撃回数
 N_{mantle} : 周面摩擦相当の打撃回数
 M_V : 回転トルク($N \cdot cm$){ $kgf \cdot cm$ }

この試験はハンマーの質量が 63.5kg, 落下高さは 50cm であり, 貫入量 20cm 毎の打撃回数を測定する。周面摩擦を補正するためのトルクの測定は, 打撃回数が 5 回を越す場合は 20cm ごとに, 5 回以下の場合はロッド接続時(1m 毎)に, ロッドを時計回りに 2 回転させて行った。



写真 3.2.5 オートマチックラムサウンディング装置

(3) ミニラムサウンディング

・試験方法および特徴

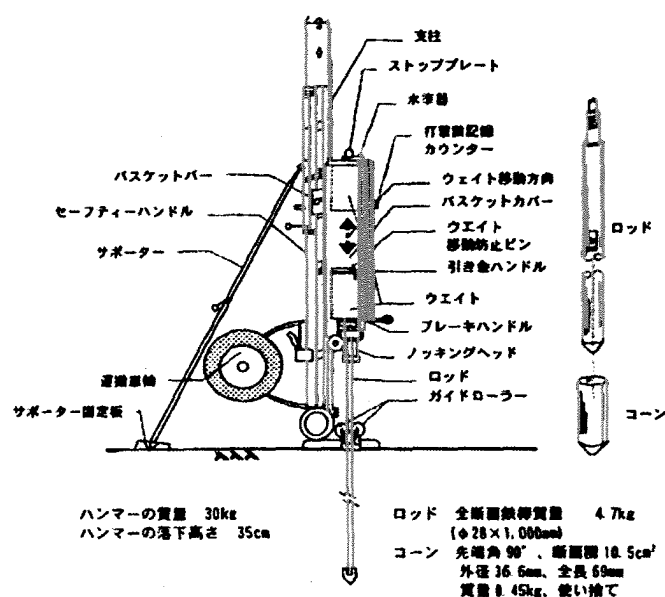


図 3.2.4 ミニラムサウンディング試験装置モデル図

小型動的貫入試験装置(ミニラム)は、重さ 2944.2N(30kgf)のハンマー(垂直)を 35cm の高さから動落下させ、直径 36.6mm のコーンを地中に打ち込み、その打撃回数を求めて地盤の地耐力(換算 N 値)を調査する貫入試験装置である。試験は次の手順で行った。

- 1) コーン+ロッドは、ハンマーにより機械的に連続して打ち込む。
- 2) 貫入量 20cm の打撃回数(N_{dm})を測定・記録する。
- 3) 20cm の貫入量に対して、打撃回数(N_{dm})が 10 回以上の場合、ロッドを時計回りに 2 回転させて次の貫入試験を行う。なお、回転はトルクレンチを用いて行い、その回転トルクの最大値(M_V)を測定・記録する。
- 4) 試験終了はその目的に応じて目安を考慮するが、本調査計画ではトルク(M_V)を測定した結果より求めた修正回数(N_{dm})が 20~30 以上となった場合を試験終了の目安とする。

・試験結果の解釈と利用

ミニラムやラムサウンド等の動的貫入試験機の貫入力は、一般に以下の式で定義されている。

$$R_d = M \cdot g \cdot H / A \times N / D'$$

ここで、R：貫入力

M：ハンマー重量

g：重力加速度

H：落下高さ

A：先端コーンの断面積

N：所定の D' に達する打撃回数

D'：所定の貫入深度間隔

ミニラムは、3.3.1 式をもとに同一地盤において試験する場合、その打撃回数が標準貫入試験の 2 倍となるように設計されている。ミニラムでは、得られた打撃回数(N_{dm})と各震度でのロッドを回転するのに必要なトルク(M_v)を測定することによって、次式を用いて標準貫入試験で得られる N 値に換算することができる。

(1) 砂質土地盤の場合

砂質土地盤の場合、貫入試験中にロッド周囲に摩擦力が働かないという考え方から、次式によって求める。

$$N = 1/2 \cdot N_{dm}$$

ここで、N：標準貫入試験の N 値

N_{dm}：ミニラムの打撃回数

(2) 粘性土地盤の場合

粘性土地盤の場合、貫入試験中にロッド周囲に摩擦力が働き、その影響で換算 N 値を過大評価する恐れがある。したがって、②式に対しロッド周面摩擦力を除去するという考えから、次式によって求める。

$$N = 1/2 \cdot Nd \cdot m - 0.163 \cdot M_v$$

ここで、N：標準貫入試験の N 値

Nd：ミニラムの打撃回数

0.163：ミニラムの補正係数

M_v：ロッドの回転トルクの最大値(N・m)

3.2.3 PS 検層

PS 検層には以下の二つの試験を行った

(1) ボーリング孔を利用したダウンホール試験

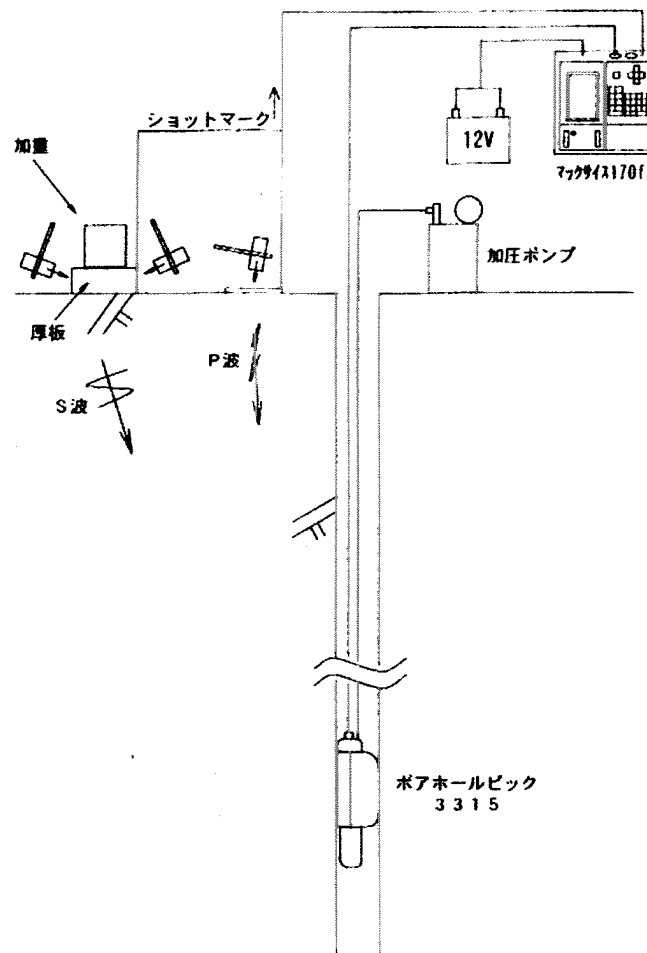


図 3.2.5 PS 速度検層測定模式図

表 3.2.1 PS 速度検層使用機器一覧表

使用機器具	名 称	仕 様	数量	製作所
増 幅 器 記 録 器	Meseis 170f	<増幅部>24 成分、 利得 46~86dB 8 ステップ 周波数特性 48~1536Hz A/D 分解能 12ビット メモリサイズ 1024 ワード <記録部>24 成分 サーマルドットプリンタ 7ドット/mm <収録部>3.5inch 2DD FDD MS-DOS フォーマット	1台	応用地質 株式会社
受 振 器	ボアホール ピック	上下動: 1 成分 水平動: 2 成分 ケーブル長:110m MODEL:3315 型	1巻	
そ の 他	バッテリー、プリンタ用紙、2DD フロッピーディスク カケヤ、ショットマーク用受振器			

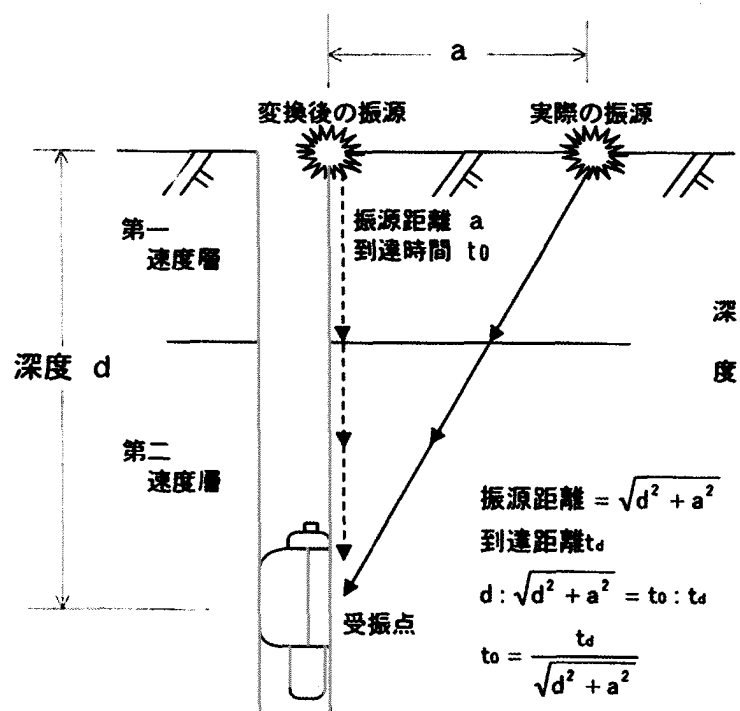


図 3.2.6 PS 検層時曲線の震源距離補正概略図

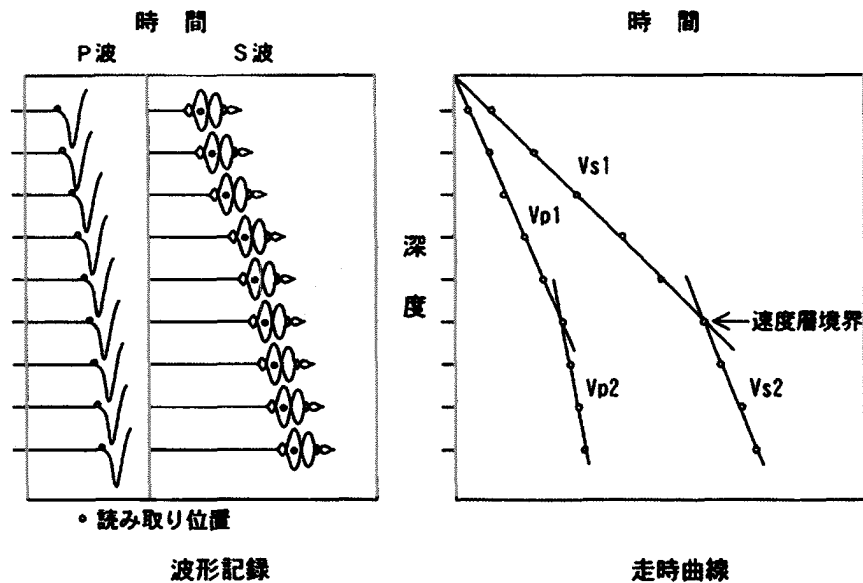


図 3.2.7 PS 検層解析方法概略図

・試験方法および特徴

PS 検層の測定模式図を図 3.2.5 に示し、今回使用した機器の一覧表を表 3.2.1 に示す。

測定に用いた孔中受信器(ボアホールピック)には、上下 1 成分、水平 2 成分の直行する 3 成分の地震計が内蔵されている。本体の周囲はゴムチューブで覆われており、孔壁に圧着できるようになっている。

測定は、以下の手順で行う。

- (1) 孔中受信器をボーリング孔内の測定深度まで降し、加圧装置を用いてゴムチューブを膨張させ受信器を孔壁に圧着固定する。
- (2) 地表において起振することにより、それぞれ P 波および S 波を発生させ、孔中受信器により、その深度に到達する弾性波を観測する。
- (3) 孔中受信器からの出力信号を、増幅器に入力して増幅し、記録器により振動波形として記録する。
- (4) 以上の測定が終了すれば、ゴムチューブを収縮させて孔中受信器を次の測

定深度へ移動させ、同じ手順で測定を繰り返す。

・解析方法

上記のようにして得られ記録をもとに、以下に示す手順で解析を行う。

- (1) 波形記録を震度順に並べた波形一覧図を作成する。
- (2) P 波については、起振時間をしめすショットマークから初動部分までの時間(走時)を各深度について読み取る。
- (3) S 波については、同一位相を抽出し、ショットマークからその位相までの時間を読み取る。
- (4) 読み取った走時は起振点から受振点(測定深度)までの距離(振源距離)を弾性波が伝播するのに要した時間である。起振点はボーリング孔口から 2～3m 程度離して設置するため、解析に際しては下式から読み取った走時を弾性波がボーリング孔口から測定深度まで垂直に伝わった時の走時に変換する。(図 3.2.7 参照)

$$t_0 = t_d \times d / \sqrt{d^2 + x^2}$$

ここで、 t_0 ：弾性波が鉛直に伝播した場合の走時

t_d ：読み取った走時

d ：測定深度(m)

x ：起振点とボーリング孔口の水平距離(m)

- (5) 上式から計算された深度に対応した時間をプロットし、走時曲線を作成する
- (6) 走時曲線の勾配から弾性波速度を、また折れ曲がり点から速度層境界深度を求める。

(2) ミニラムを利用したアップホール試験

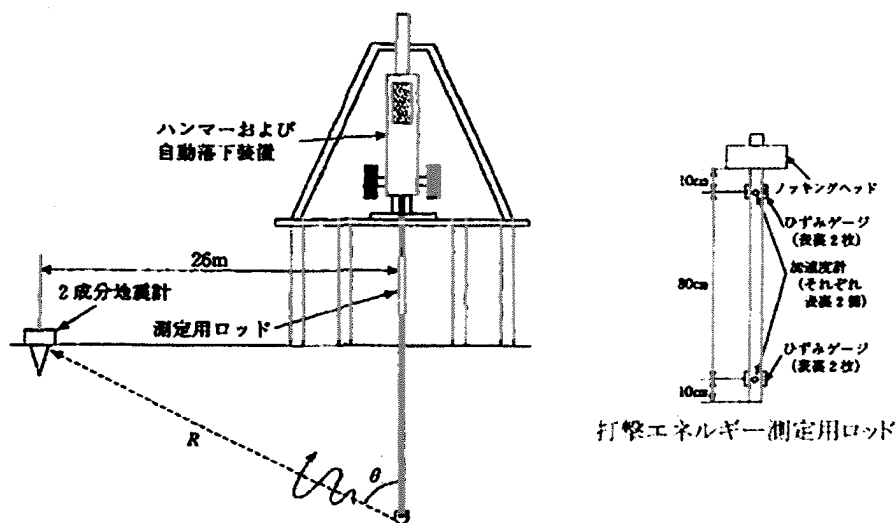


図 3.2.8 PS 検層アップホール試験装置モデル図

・試験方法および特徴

打撃エネルギーが安定した SRS の動的貫入を振源として、上図に示す要領で、地表の任意の地点に設置した 2 成分(上下+放射方向水平動)の地震計で地盤を伝播する弾性波を測定する。

本測定で得られた SV 波は従来法(ダウンホール法の PS 検層)で求めた地盤の SH 波と初動が一致しており、従来法と同程度の速度構造特定が可能である。

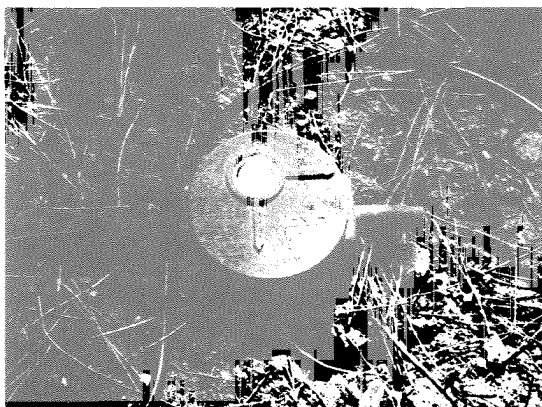


写真 3.2.6 アップホール地震計



写真 3.2.7 測定の様子

3.2.4 地表面弾性波探査

(1) 探査原理

表面波探査は、地盤の地表付近を伝わる表面波（レイリー波）を多チャンネルで測定・解析することにより、深度 20m 程度までの地盤の S 波測度を求める技術である。S 波速度は物質の硬さなど工学的な目安となる剛性率に直接関係する値であり、地盤の動的特性の把握・検討などには不可欠なパラメータであり、表面波探査を用いることにより広範囲の S 波速度構造を簡単に把握することができる。

図 3.2.9 に表面波探査の探査原理を示す。かけや等で地表面を加振すると弾性波が発生し、地中ならびに地表を伝播していく。このうち、地表近傍を横方向に伝播するものを表面波と呼ぶ。不均質な地盤の表面付近を伝わる表面波（レイリー波）は、その波長（周波数）によって伝播速度が変化する。一般の地域では、深度とともに弾性波速度が増加するが、表面波は長い波長ほど深部の速度も反映するので、短い波長（高周波数）では速度が遅く、長い波長（低周波数）では速度が速くなる。波長（周波数）による伝播速度の違い（分散）を逆解析することにより、不均質な地盤の S 波速度構造を求めることができる。

従来の表面波探査では 2, 3 個の受振器を用いて測定・解析を行っていたが、今回実施した手法では多数の受振器を用いる。これにより、表面波の基本モードを確実に検出することができ、精度良く分散曲線を求めることができる。

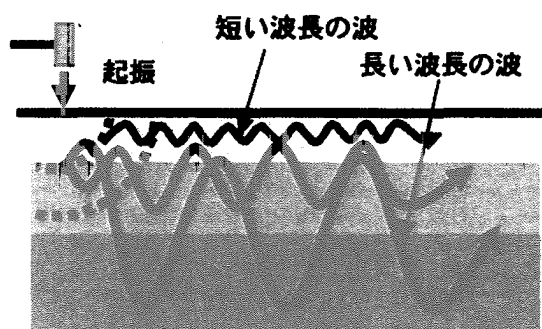


図 3.2.9 表面波探査の探査原理

(2) 測定方法

図 3.2.9 の概念図に示すように，測定は，受振器やケーブルの設置を行った上で，かけやなどによる起振と同時に測定を行う。測定機器の仕様を表 1 に一覧する。

受振器やケーブルの設置方法は，側線に設けた測量テープに沿って 1～2m 毎に受振器を地面に設置し，受振器と観測本部の測定器との間を多芯ケーブルで接続する，受振器には 4.5Hz の速度形ジオフォンを用いる。

起振は 1m もしくは 2m 間隔で，かけやもしくはドロップハンマーを用いて行う。風などのノイズの小さいときを見計らい，測定本部の合図により起振する。発生した弾性波は，地中を伝播し各受振器で受信される。各受振器で受信された振動は，受振器において電気信号に変換され，多芯ケーブルを介して観測本部の測定器に入り，適当な振幅に増幅され A/D 変換された後，測定器に内蔵されているハードディスクに収録される。

一つの起振点において起振を終了したら，起振点と受振点をそれぞれ 1m もしくは 2m 移動して同様に測定を行う。以上の測定を，所定の側線長の測定が終了するまで繰り返す。図 3.2.10 に起振点・受振点配置の模式図を示す。

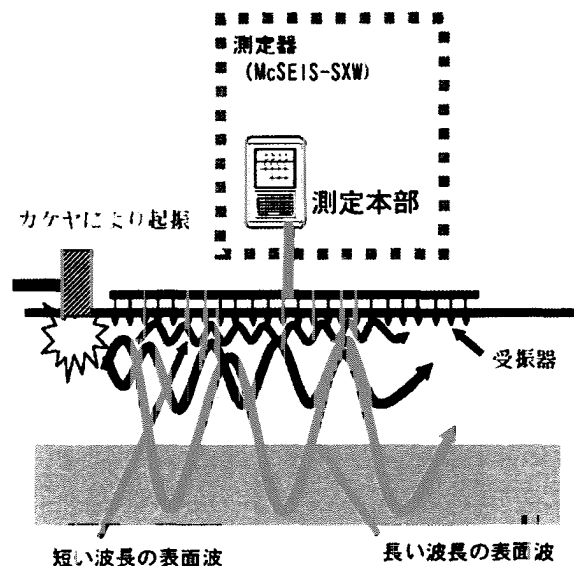


図 3.2.10 測定の概要図

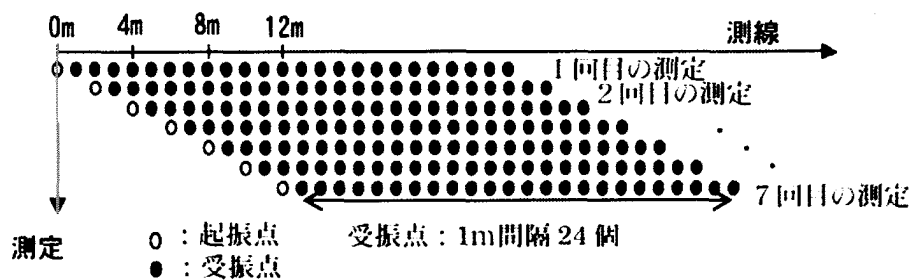


図 3.2.11 起振点・受振点配置の模式図

表 3.2.2 使用機器一覧

機 器 名	数 量	仕 様	製 作 所 名
データ収録器 (MXSEIS-SXW)	1 台	・測定成分数 : 24チャンネル ・入力インピーダンス : 20 kΩ ・利得 : 16 倍、64 倍、256 倍、1024 倍 ・測定周波数帯域 : 2Hz~4600Hz ・A/D 分解能 : 18 ビット ・サンプルレート : 25、50、100、200、500、1000、2000 μsec ・記録メモリ長 : 1024、2048、4096、8192、16384 ・トリガ : 0、128 ワード ・トリガレベル : 100~1000mV の範囲で設定可能 ・CPU : CARD-586 ・内蔵ハードディスク : 10GB 以上 ・フロッピードライブ : 3.5 インチ、MS-DOS 1.44M/0.72M ・MO ドライブ : 230、640MB ・ディスプレイ : 10.4inch、TFT カラー液晶 800$\times$600 ドット ・インターフェイス : パラレル、PS/2 マウス、キーボード ・動作電圧 : DC 10.5~13.5V ・消費電力 : 3.2Amax (DC12V 時) ・動作温度 : 0~40°C ・寸法 : 330W$\times$270H$\times$220D ・重量 : 8kg	応用地質(株)
地震計 (DIGIPHONE)	36 個	上下動速度型ジオフォン 固有周期 : 4.5Hz	OYO Geospace
テイクアウト ケーブル	3 巻	多芯ケーブル 地震計端子 : 12	応用地質(株)
中継線	1 巻	多芯ケーブル 成分数 : 24	応用地質(株)
CDPスイッチ	1 台	入力チャンネル数 : 36 出力チャンネル数 : 24	応用地質(株)

(3) 解析方法

図 3.2.12 に解析の流れ図を示す。以下に解析の概要を示す。

波形記録のコンピューターへの取り込み

まず、測定器のハードディスクに収録されている波形記録を、コンピューターに転送する。図 3.2.13 に、波形記録例を示す。

1) クロスコリレーション CMP 記録の作成

解析において、空間方向の分解能を高めるために、得られた記録から以下の操作により各受振点に固有の位相差を抽出する。

まず、得られた全ての共通起振点記録毎に、考えられる全ての 2 トレースの組み合わせに対するクロスコリレーションを計算する。次いで全起振点記録から、2 トレースの中間点と同じ場所となる全てのクロスコリレーションを集める。ここで、同じ受振点間隔のもの重合する。中間点が等しいが受振点間隔が異なる重合されたクロスコリレーションを受振点間隔に応じて並べる（以下、これをクロスコリレーション CMP 記録と記す）。

2) 周波数一位相速度断面への変換

分散曲線を作成するために、時間－距離断面の波形を以下のように周波数一位相速度断面へ変換する。まず、各クロスコリレーション CMP 記録をフーリエ変換により周波数領域へ変換する。次いで、周波数領域の波形に対して、任意の速度を与えて受振点の距離に応じて時間をシフトさせる。これを、トレース数分スタックする。速度を変えてスタックを繰り返す。こうして、周波数一位相速度の二次元の分布が得られる。実際にある位相速度の波群が存在すればそこにはスタック値が大きくなるので、周波数一位相速度の断面上で大きな値を示す場所が位相速度（分散曲線）となる。図 3.2.14 に、周波数一位相速度断面への変換例を示す。

3) 位相速度曲線の読み取り

得られた周波数一位相速度領域において、各周波数において最大の振幅となる位相速度を読み取り、これを分散曲線とする。

4) 初期モデルの作成 (簡易解析)

周波数と位相速度から表面波の波長を求め、波長の三分の一の深度に位相速度をプロットし (1/3 波長則による深度変換)、これを初期モデルの S 波速度とする。層数を 15 層とし、浅部ほど層厚を薄くする。P 波速度は S 波速度から仮定し、密度は深度とともに徐々に大きくなるように与える。

5) 非線形最小二乗法による逆解析

初期モデルに対して理論的な分散曲線を計算し、観測波形から得られた分散曲線との差 (残差) を計算する。理論的な分散曲線の計算にはハスケル法を用いる。次いで残差がもっとも小さくなるよう、最小二乗法を用いてモデルを修正する。この理論的な分散曲線の計算とモデルの修正を残差が十分小さくなるまで繰り返す。

S 波速度が深度とともに次第に高くなる通常の地盤では、レイリー波の位相速度は周波数が高くなるにつれて低くなる。しかし、本調査地ではほぼ全ての側線において 10Hz 以上では周波数とともに位相速度が高くなる、いわゆる逆分散となった。このような逆分散の場合には、レイリー波には高次モードが卓越するので、通常非線形最小二乗法ではうまく解析できない場合もある。そこで本調査においては、インバージョン手法として非線形性の強い問題にも適用性の高い遺伝的アルゴリズムを用いた。

図 3.2.15 に読み取った分散曲線 (観測分散曲線) と逆解析で得られた理論的な分散曲線 (理論分散曲線) の比較図の例を示す。

6) 二次元断面の作成

求められた二次元 S 波速度構造を、カラー S 波速度断面として表示する。解析は全てパーソナル・コンピュータ上で行う。

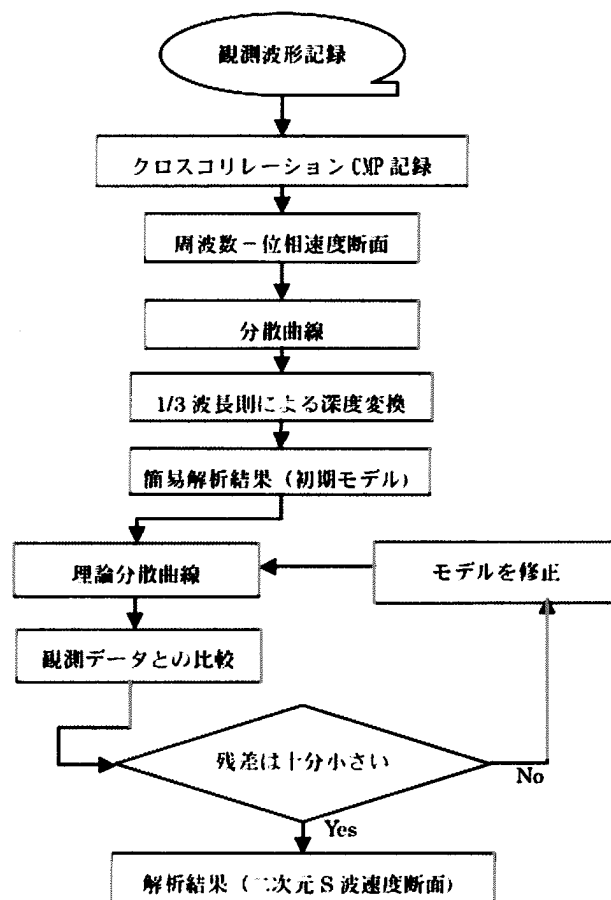


図 3.2.12 表面波探査の解析の流れ

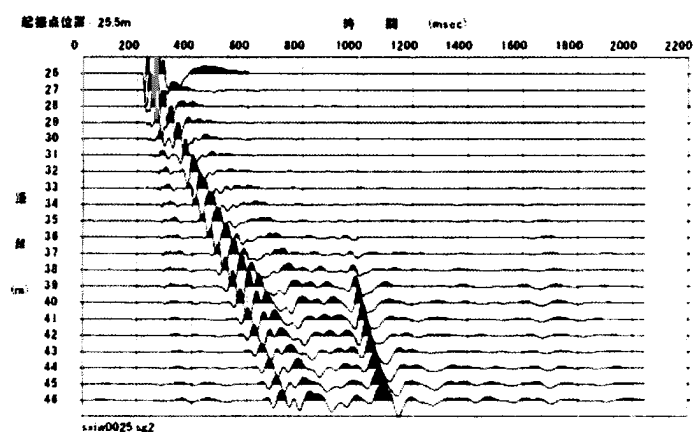


図 3.2.13 測定波形記録例

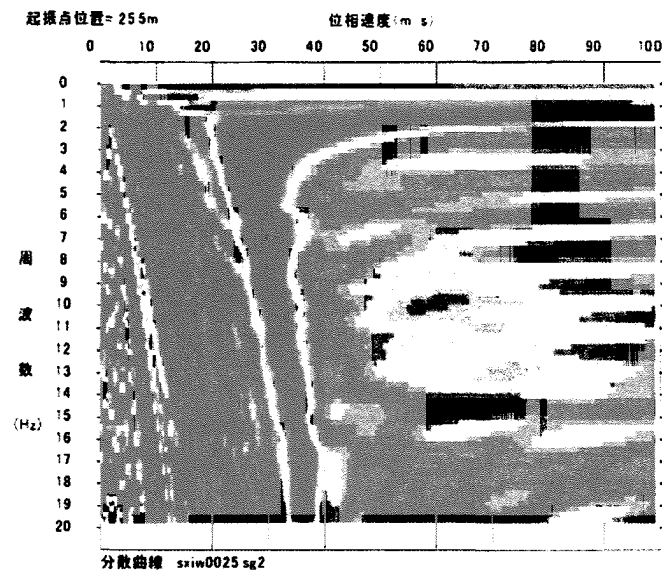


図 3.2.14 周波数一位相速度断面の例

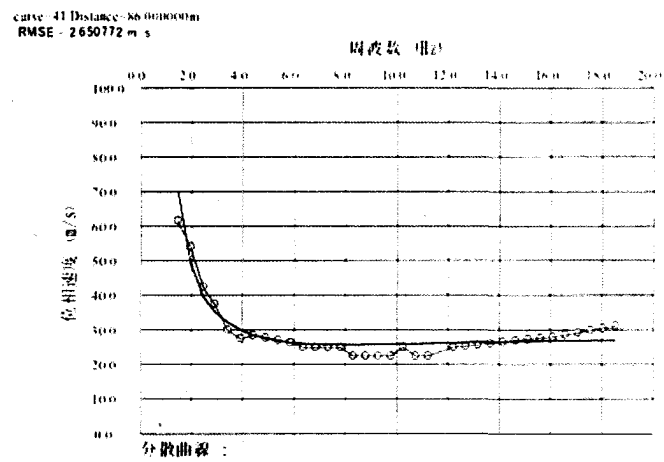


図 3.2.15 観測分散曲線と理論分散曲線の比較例

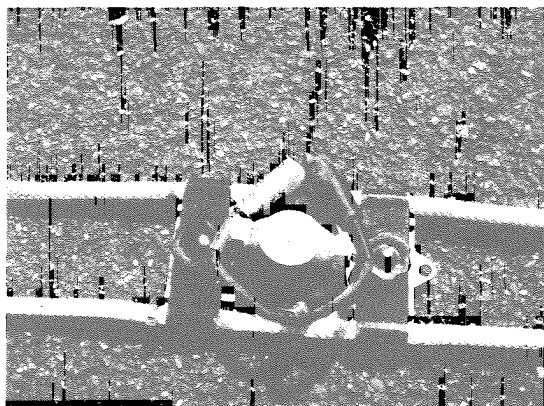


写真 3.2.8 受振器



写真 3.2.9 データ収録器

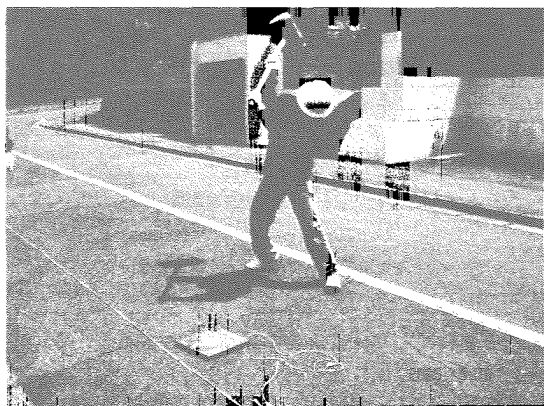


写真 3.2.10 起振時風景

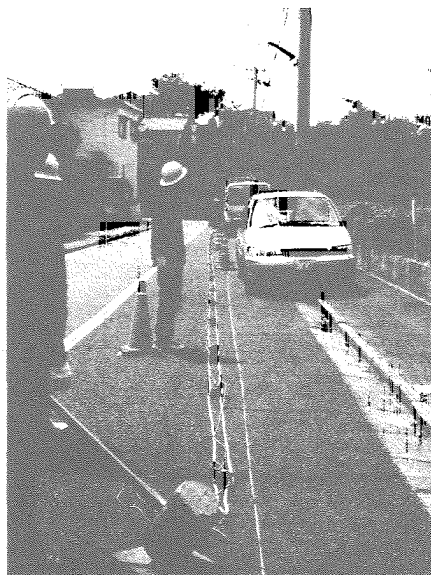


写真 3.2.11 調査風景

3.2.5 地形測量

地形測量では以下の二つの測量を行った

- (1) 水準測量
- (2) トラバース測量

それぞれの測量で使用した機器は以下の通りである

- (1) 水準測量
 - レベル
 - 標尺
 - メジャー
- (2) トラバース測量
 - トータルステーション
 - 電子野帳
 - プリズム

3.2.6 水位観測

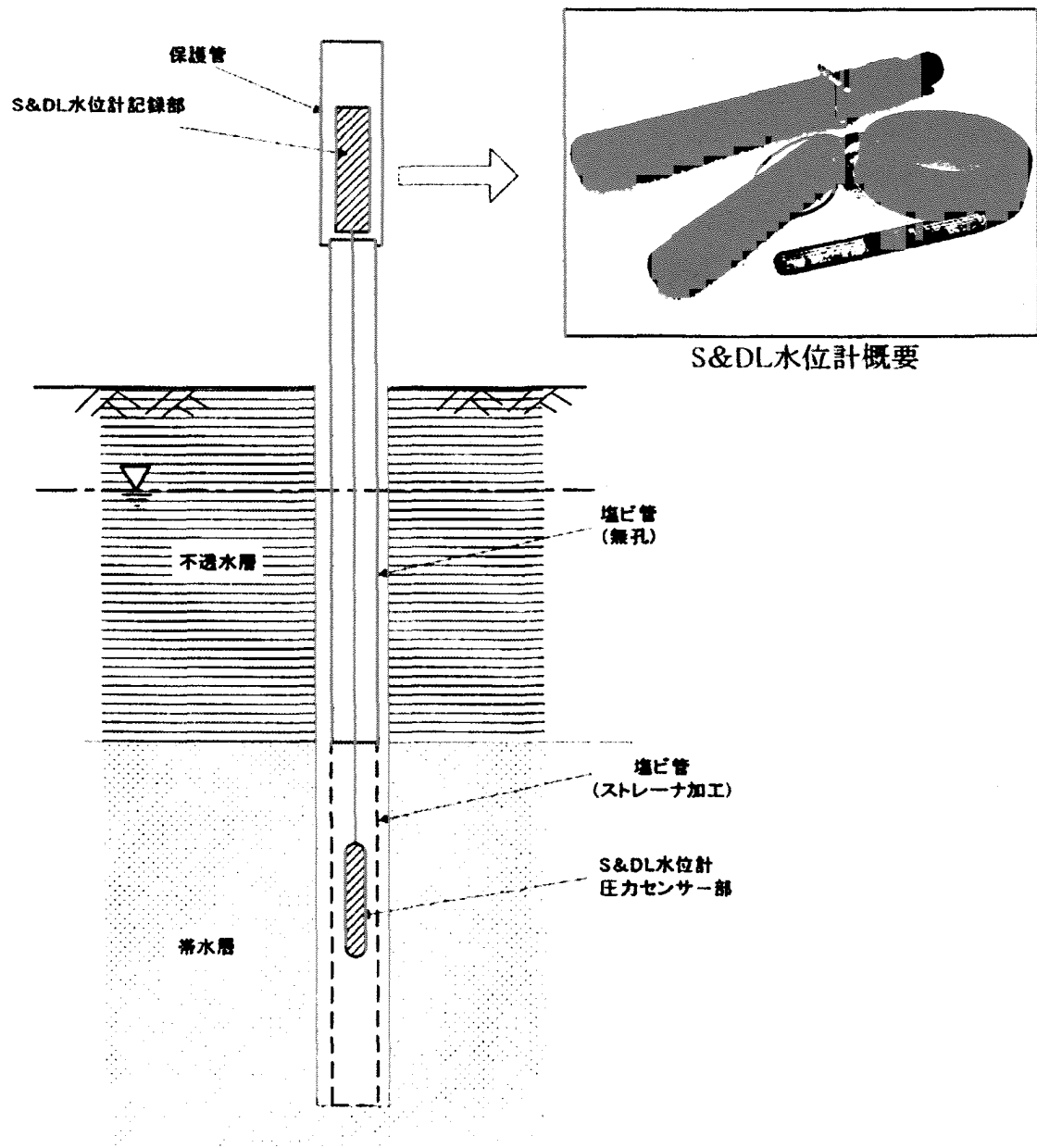


図 3.2.16 地下水位観測装置モデル図

・設置方法

- 1) ストレーナ加工した塩化ビニールパイプ(VP40,VP50)に防虫ネットをらせん状に巻く。
- 2) 掘削されたボーリング孔に、塩化ビニールパイプをソケットによりつなぎ、挿入する(水位観測孔頭部のみ無孔管の塩化ビニールパイプを使用)。
- 3) 塩化ビニールパイプの周りを玉砂利等で充填し埋め戻す。
- 4) 水位観測孔頭部に **S&DL** 水位計を設置し自動観測を開始する。

3.2.7 残留変位計測

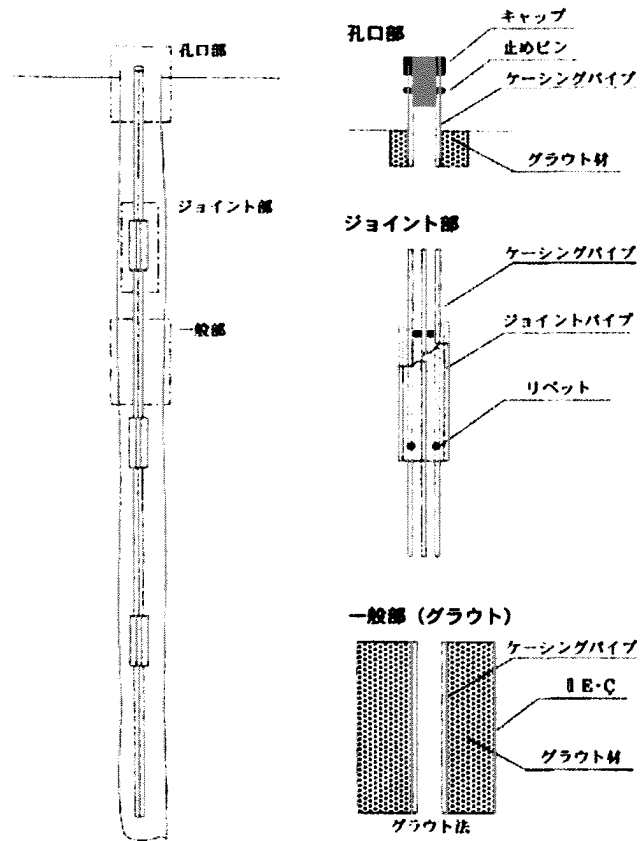
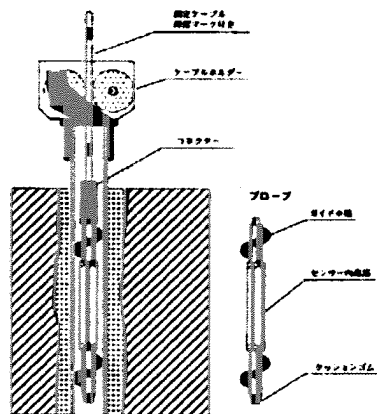


図 3.2.17 傾斜計観測孔モデル図



プローブ挿入状況及び構造図

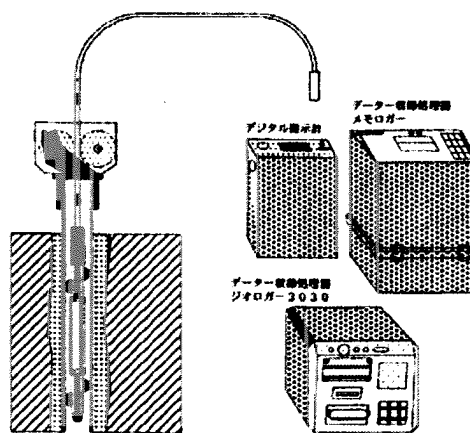


図 3.2.18 傾斜計測定概要図

・設置方法

孔内傾斜計用測定管の設置構造の概要を以下に示す。

所定の不動層まで掘削を完了したボーリング孔に、測定管($\phi 47\text{mm}$ アルミケーシングパイプ $L=3.00\text{m}$)を接続しながら必要本数埋設する。この手順は以下の通りである。

- 1) 測定管の底部にボトムを取り付け、グラウト材が管内に侵入しないようにする。

- 2) ボーリング孔壁と測定管の隙間にグラウト材を充填するため、ビニールテープで測定管に注入用ホースを抱き合わせる。
- 3) 測定管をジョイントパイプとリベットにより接続しながらボーリング孔内に挿入する。なお、接続部からもグラウト材が侵入しないようテープ類で保護し、測定管に働く浮力に対する浮き上がりを防止するため、測定管内には清水を注入する。また、後の測定を容易にするため、地表面より 0.5～1.0m 程度測定管を持ち上げておく。
- 4) ボーリング用ポンプを使用して、孔壁と測定管の隙間にグラウト材を注入する。グラウトは、地盤の変位が測定管に確実に伝達されるために実施するもので、そのグラウト材は、セメントと粘土材の混合材を用い、混合比はできる限り周辺地盤と同程度の強度(変形係数)とすることが望ましい。因みに、グラウト材の強度は、軟弱な地盤を除けば特に測定結果に影響するものではない。
- 5) 測定管に直行方向に切られているガイド溝を、地盤変位が発生する主方向に合わせ、孔口の口止め(根止め)をする。
- 6) 設置完了後は、測定管口にキャップを付ける。

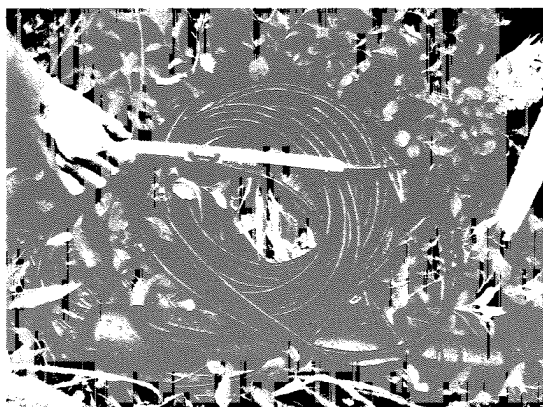


写真 3.2.12 傾斜計測定管



写真 3.2.13 計測風景

3.3 調査の進行状況

「豊川市 地震時における急傾斜地の危険度評価手法研究会」

実施工程表

項目		内容	平成17年																																																
			4月							5月							6月							7月							8月							9月							10月						
			～ 22	～	～ 9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	～ 18	～	～ 1	～	～ 24	～	～	～ 26	～															
打ち合せ・現場見学会			○					○																																											
調査作業	高橋建設調査隊	3測線																																																	
	ボーリング調査	ボーリング側削 輯全貫入試験 傾斜計・水平圧 計・照度計設置	1箇所×34m																																																
	PS検閲(ボーリング孔内)		1箇所																																																
	動的貫入試験	3Lサンパング	全4箇所																																																
		ミニSLサンパング	全3箇所																																																
観測作業	傾斜計観測																												○			○																			
	地下水観測	半自動観測																																			○														
備考																																																			

* 11月中、傾斜計観測予定

図 3.3.1 御油団地調査実施工程表

御油団地の調査は主に5月中に行った。ただし、水位観測や傾斜計観測など長期的に観測する調査は現在でも観測中である。(H17年12月現在)

第4章 調査結果および考察

4.1. 地表面弾性波探査による地質構造の推定

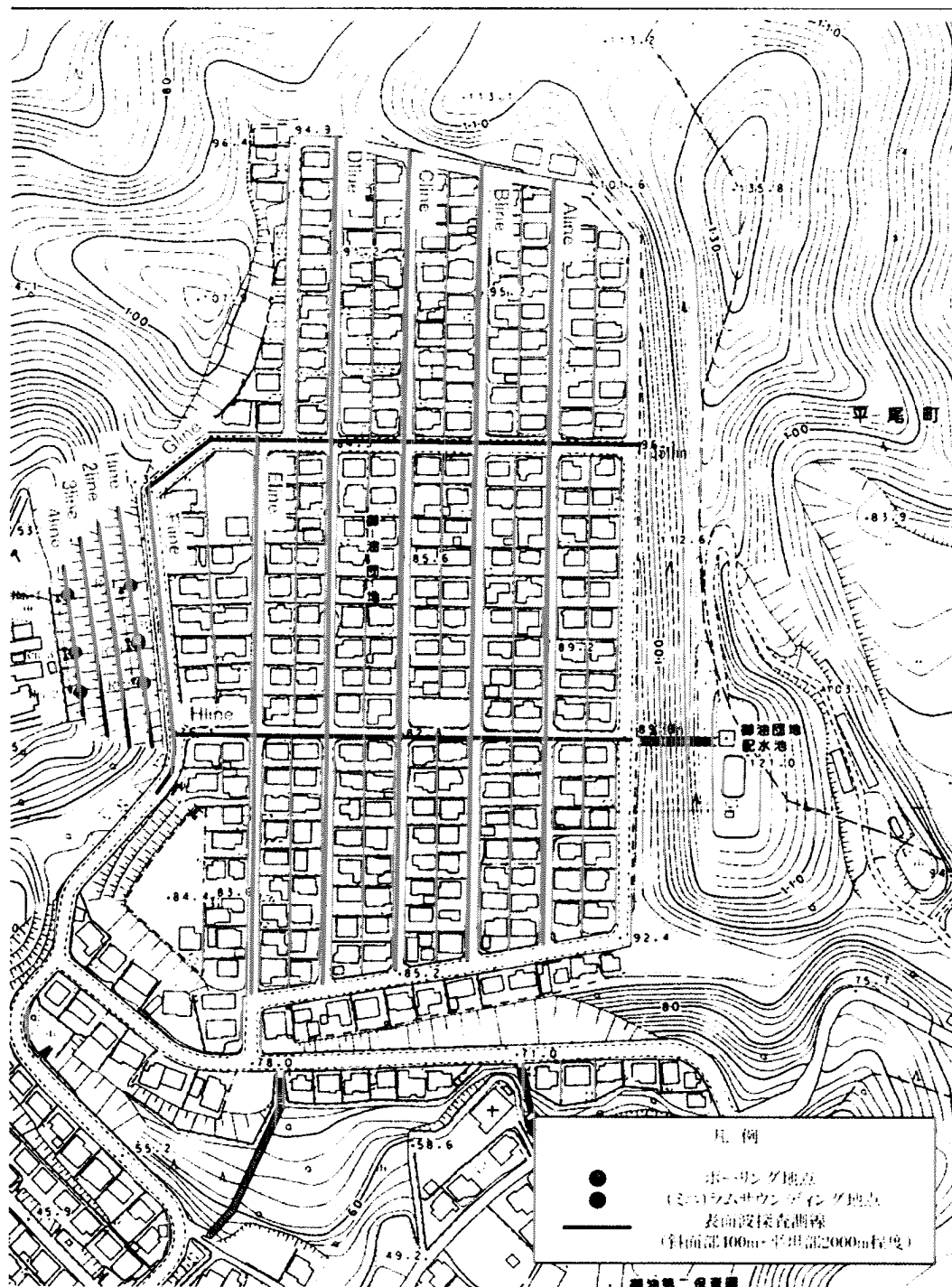


図 4.1.1 表面波探査側線配置図

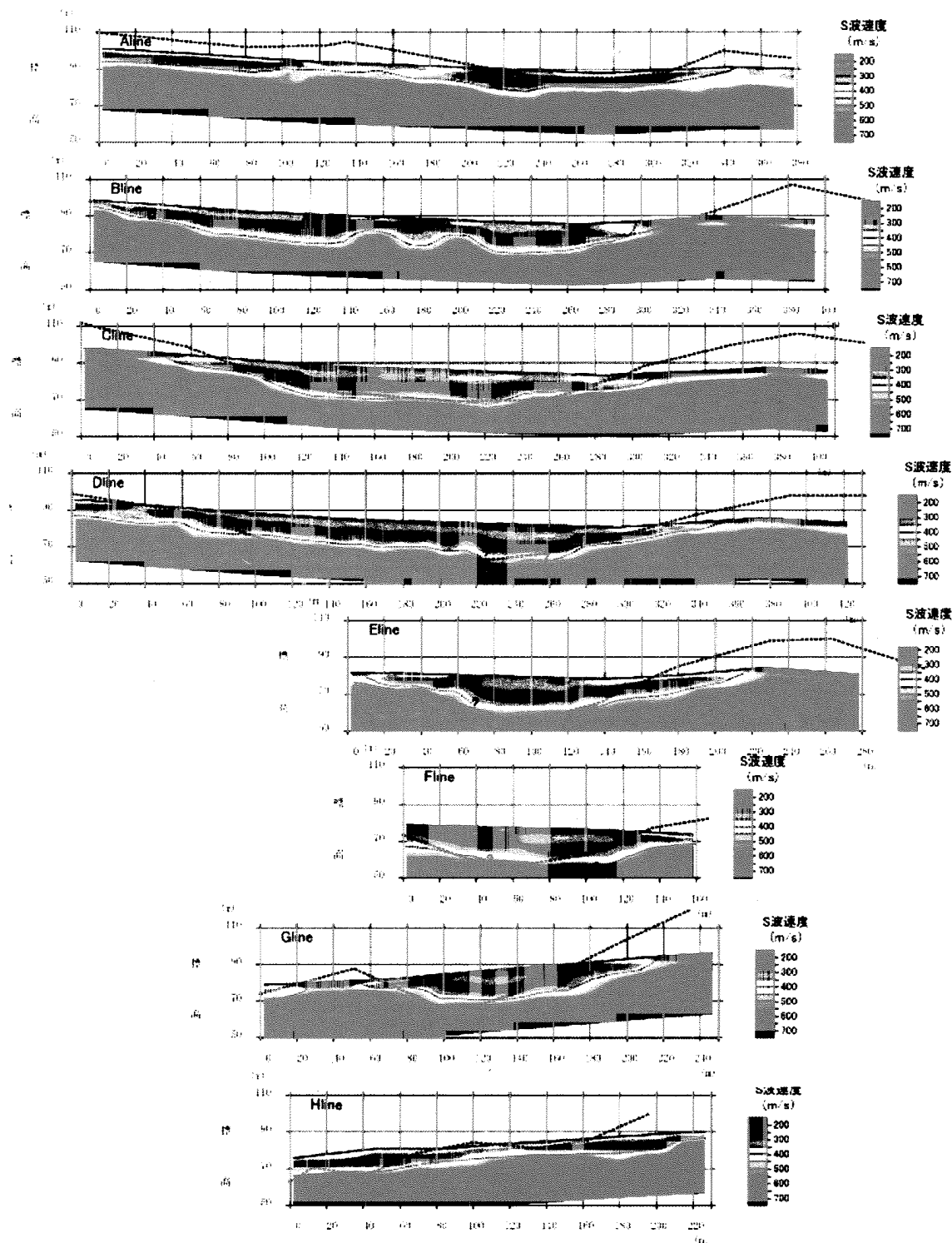


図 4.1.2 解析結果(A~H ライン)

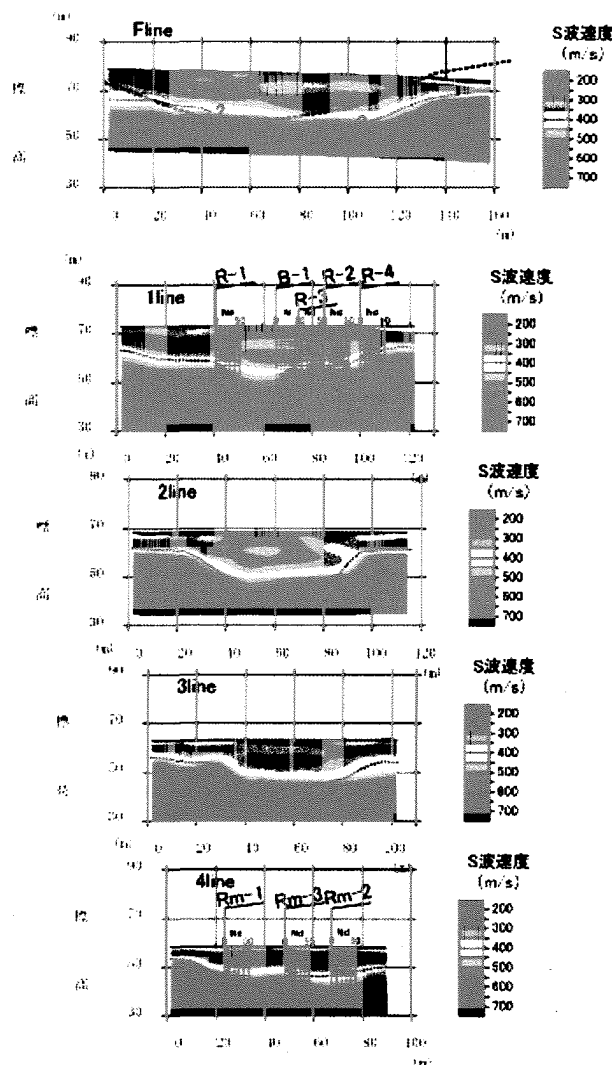


図 4.1.3 解析結果(斜面)

図 4.1.2 の解析結果から御油団地の住宅地道路の S 波速度の分布の様子がわかる。その分布から、地質構造が推定できる。図中の赤い部分ほど S 波速度が遅い、すなわち柔らかい地盤であるということがわかる。反対に青い部分は S 波速度の速い、硬い地盤であるということになる。図 4.1.2 の結果を見ると、団地の中心地にかけて S 波速度が遅くなっているのがわかる。つまり、団地の中心地は柔らかい地質であるといえる。だが、盛土部の V_s の値を見ると平均 200～450m/s となっている。一般の指標では $V_s=300\text{m/s}$ が支持層の値であることから、この盛土は良く締まっているものと考えられる。

また、この結果から住宅地の切土・盛土の推定も可能となる。柔らかい地盤であれば、それは昔からの地盤ではなく盛土したものであるということになる。図中にそれぞれ解析結果とは別にラインがあるが、そのラインは 2 章で作成し

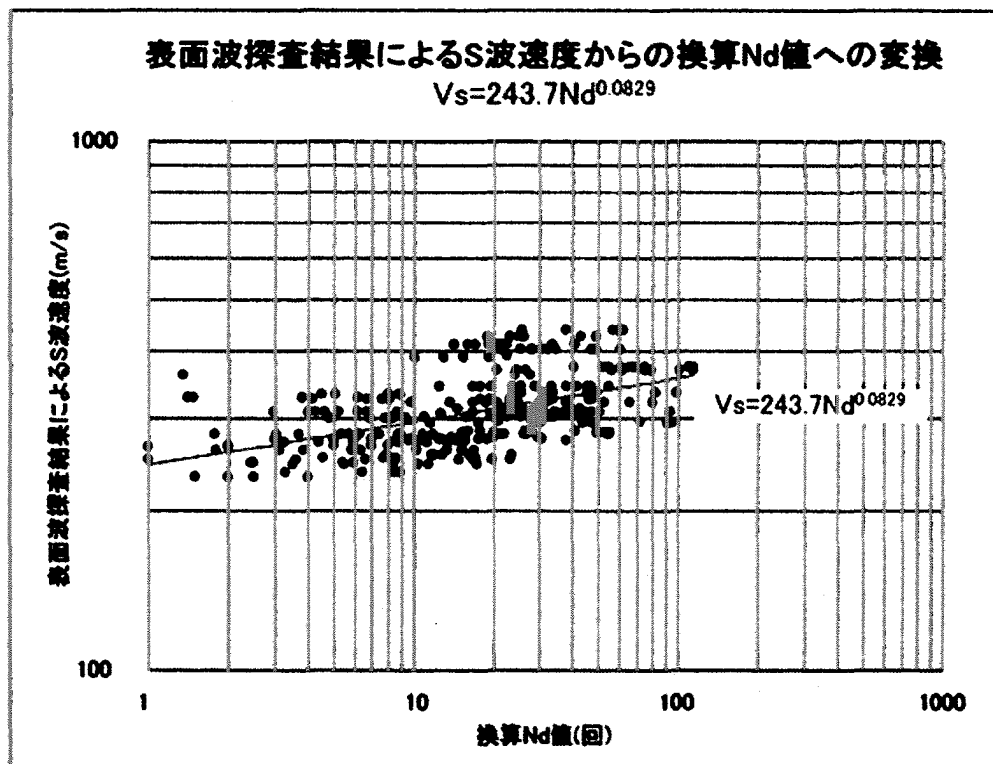


図 4.1.4 表面波探査結果による S 波速度と換算 Nd 値との関係

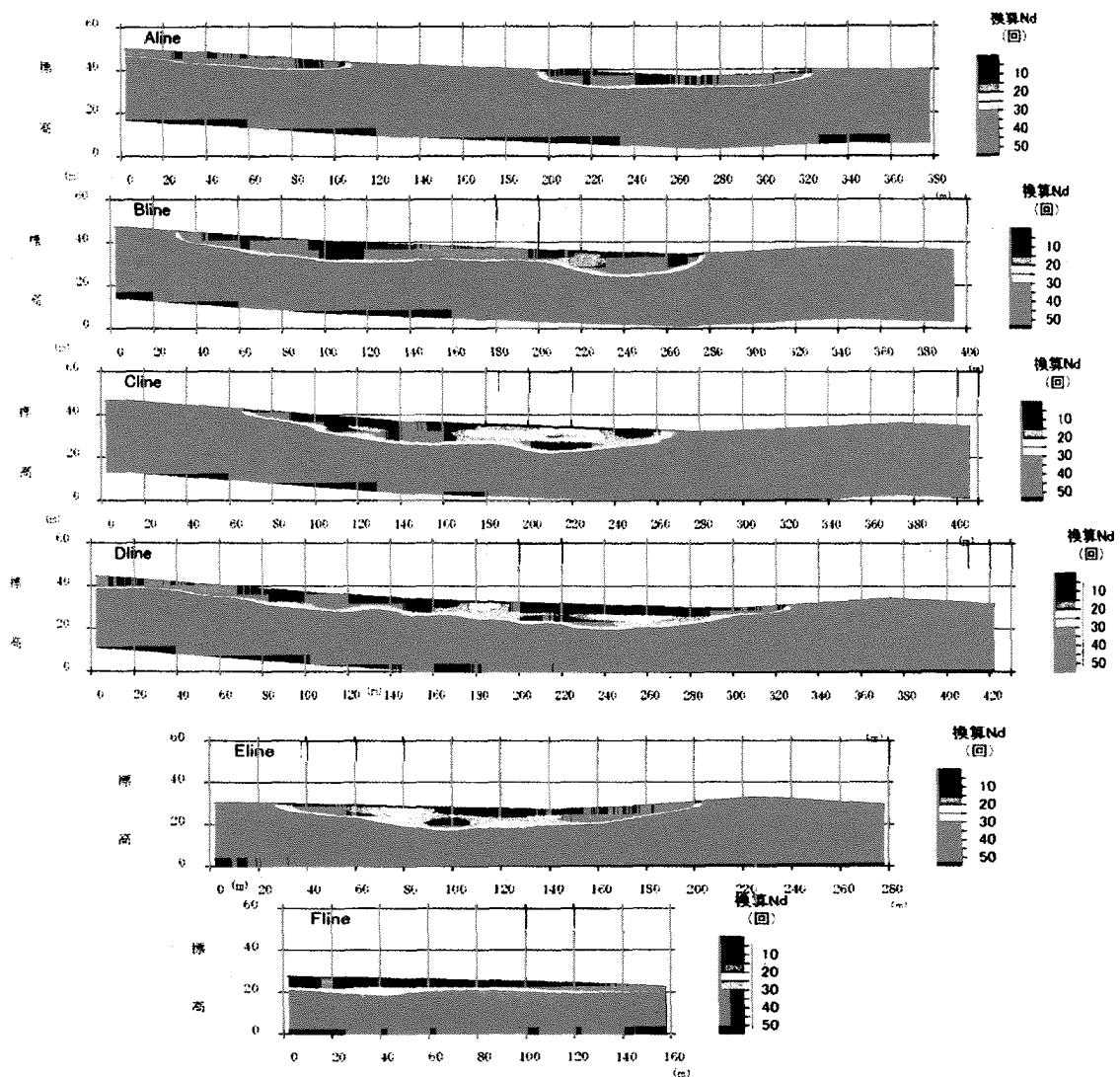
た昔の標高のラインである。それぞれのラインと S 波速度の分布を比較すると、確かに昔の標高が低くなっている部分は S 波速度が遅く、つまり赤色になっている。多少の誤差はあるが標高のラインと S 波速度分布図はそれぞれ対応した形となっている。このことから表面波探査によってどの部分が切土・盛土であるのかといった推定が可能であることがわかる。

次に図 4.1.3 の結果からは斜面地は全体的に盛土を行っているということがわかる。団地と同様に斜面も中心地ほど盛土量が高くなっていると推測される。斜面では昔の標高地を出すことができなかったため、表面波探査の結果との比較はできないが図 4.1.3 の結果から斜面の盛土の分布もほぼ結果通りの分布になるものと考えられる。

S 波速度は、構造物の支持地盤の指標に用いられることが多く、橋梁や用壁などは $V_s = 300 \text{ m/s}$ 以上が支持地盤とされ、高層ビルなどの免震構造物では $V_s = 400 \text{ m/s}$ 以上を工学的地震基盤としている。本調査地の速度構造は、表層付近に最大で 10m 程度の $V_s = 300 \text{ m/s}$ を下回る層の分布する箇所があるものの、全体的にその層厚は浅く、構成している盛土は、よく締まった状態にあるもの

と考えられる。また、探査結果を見ると、表層から $V_s=500\text{m/s}$ を上回る箇所が見られる。この箇所は、造成時の切り土部に相当するものと考えられる。

一般的に、S 波速度はボーリングの現在置試験である標準貫入試験の N 値とよい相関があることが知られている。そこで、斜面小段で実施したオートマチックミニラムサウンディングおよびラムサウンディングより算出される Nd 値と表面波探査結果から算出される S 波速度の比較を行った。なお、本調査地の盛土下部に Nd 値の低下する箇所を検出している。比較は、この部分を除外して行っている。換算 Nd 値と S 波速度の関係を図 4.1.4 に示す。両者の関係より算出される、 $V_s=243.7\text{Nd}^{0.0829}$ の式を用いて、S 波速度層断面を換算 N 値断面へと変換した。換算 N 値断面図を図 4.1.5 および図 4.1.6 に示す。



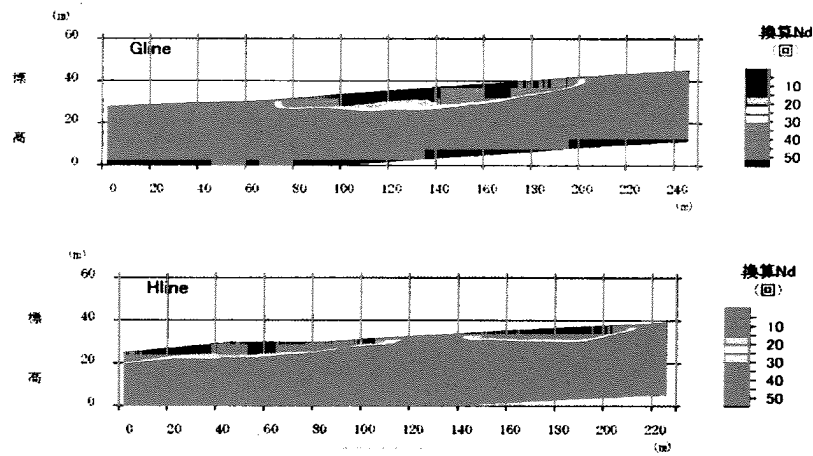


図 4.1.5 Nd 断面図(A~H ライン)

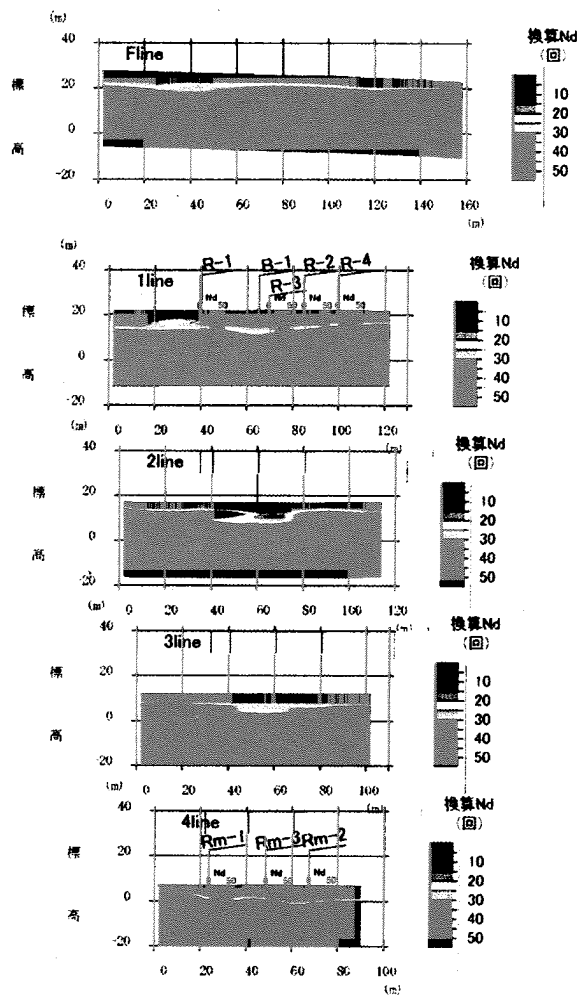


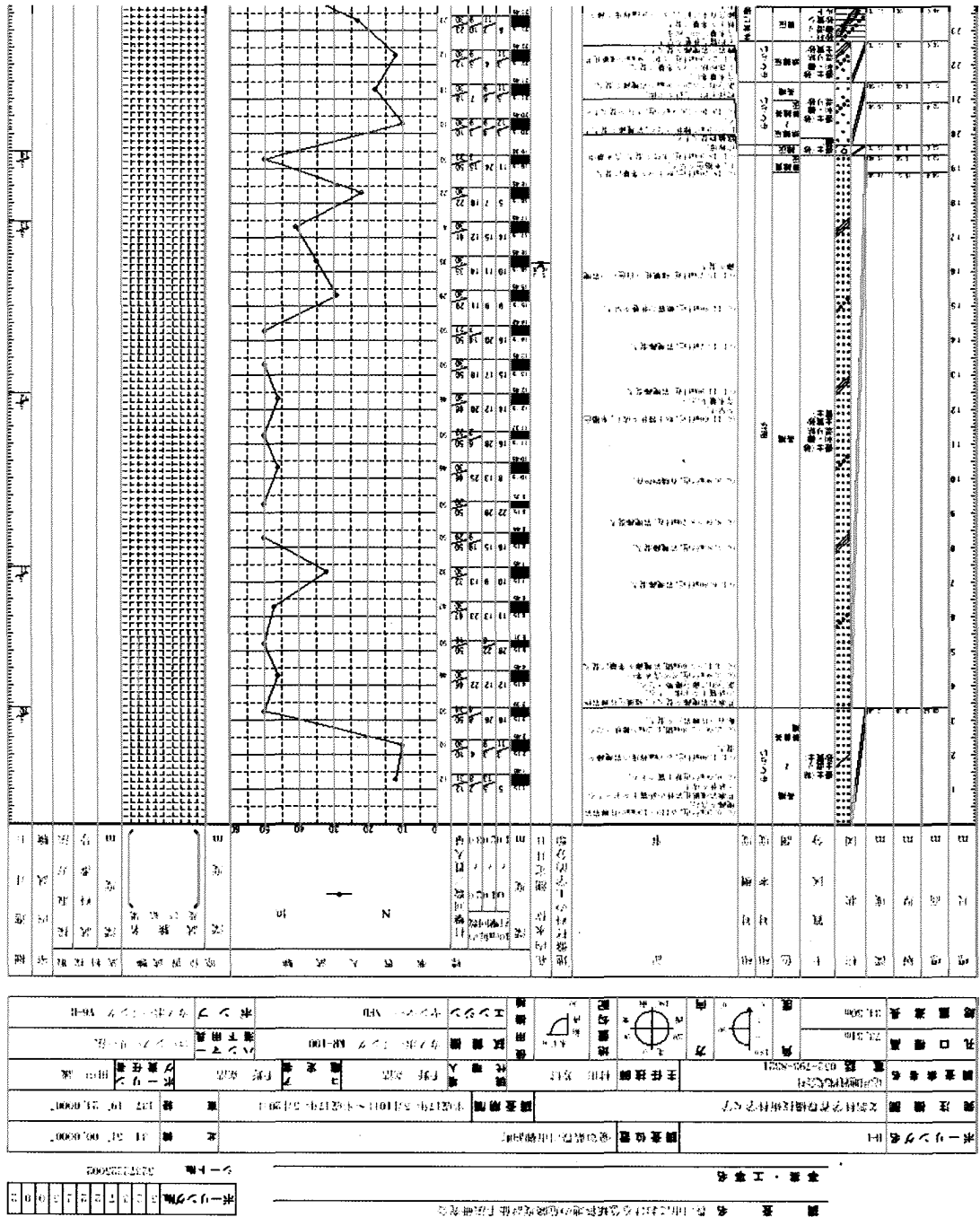
図 4.1.6 Nd 断面図(斜面)

表面波探査によって住宅地および斜面の Nd の値を推定できた。実際に斜面ではラムサウンディングをおこなっているなのでその結果と今回の Nd を比較してみると、1Line の Nd 値と R-3 の Nd 値では表層部から約 5m くらいまでは Nd = 0~10 の間となっており、5~10m までは Nd=15~25 となっている。一方ラムサウンディングでは表層部から 5m までは Nd=10 前後で、5~10m までは Nd=約 21 となっている。多少の違いがあるものの、かなり近い数値となっている。この結果から、住宅地で行った表面波探査の Nd 値も実際に近い数値であるとして考えることができる。

表面波探査では約 20m くらいの深度までしか調査することができないため 20m 以上の深度の地質構造についてはラムサウンディングやボーリングほどの精度はないが、実際に貫入を行わずしてこれだけのデータが得られるということがわかった。

4.2. ボーリングによる柱状図および地質の推定

ホーリング柱状図



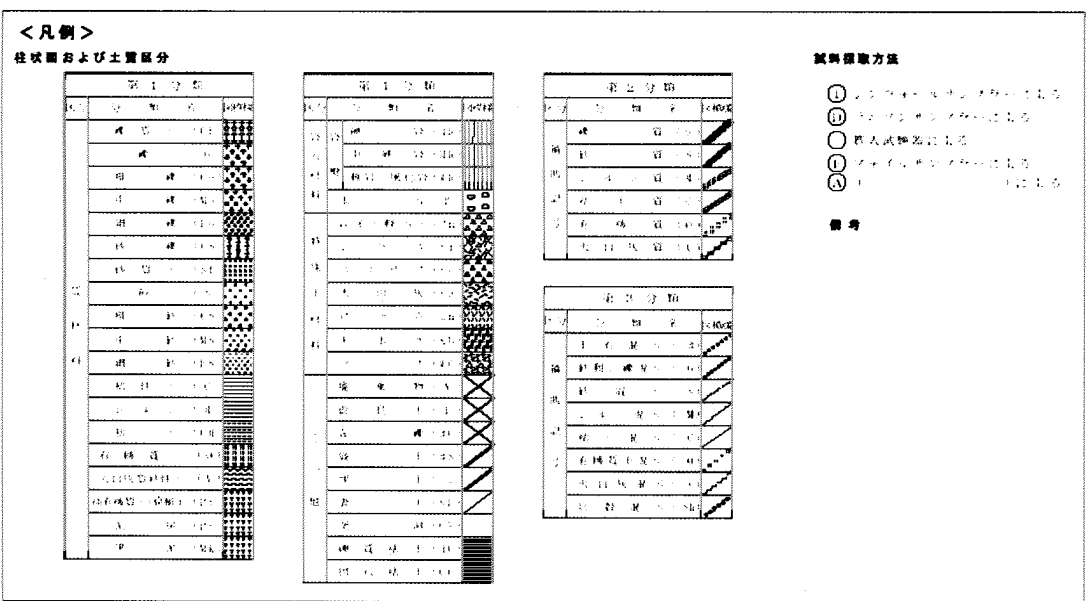
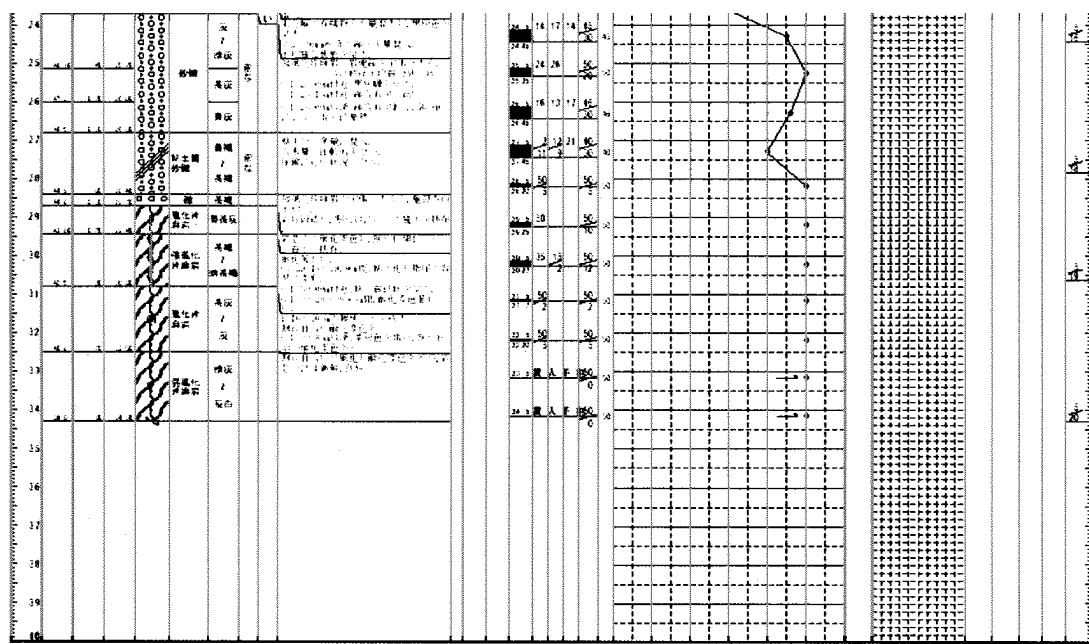


図 4.2.1 ボーリング柱状図

豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

ボーリングNo.B-1地点 コア写真

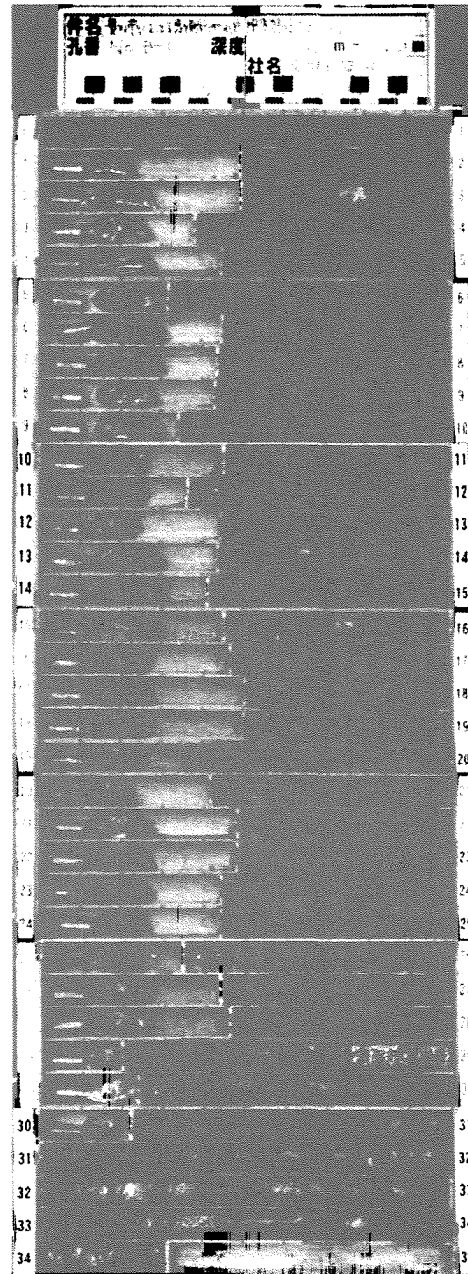


図 4.2.2 ボーリングコア写真

表 4.2.1 N 値一覧表

ボーリングNo.B-1地点								
地層 記号	試験実施深度(G.L-m)			標高 (H=m)	実測 N値	採用 ^{※1} N値	平均 N値	相対密度 および 相対稠度
	本打ち	最終	平均					
B1	1.15	1.46	1.31	72.00	12	12	11	中
	2.15	2.45	2.30	71.01	10	10		
B2	3.15	3.39	3.27	70.04	50	50	44	密
	4.15	4.45	4.30	69.01	46	46		
	5.15	5.31	5.23	68.08	50	50		
	6.15	6.45	6.30	67.01	47	47		
	7.15	7.45	7.30	66.01	32	32		
	8.15	8.44	8.30	65.01	50	50		
	9.15	9.35	9.25	64.06	50	50		
	10.15	10.45	10.30	63.01	46	46		
	11.15	11.37	11.26	62.05	50	50		
	12.15	12.45	12.30	61.01	46	46		
	13.15	13.45	13.30	60.01	50	50		
	14.15	14.42	14.29	59.02	50	50		
	15.15	15.45	15.30	58.01	29	29		
	16.15	16.45	16.30	57.01	35	35		
	17.15	17.45	17.30	56.01	41	41		
	18.15	18.45	18.30	55.01	22	22		
	19.15	19.38	19.27	54.04	50	50		
B3	20.15	20.45	20.30	53.01	10	10	13	中
	21.15	21.45	21.30	52.01	18	18		
	22.15	22.45	22.30	51.01	12	12		
dt-c	23.15	23.45	23.30	50.01	23	23	23 ^{※2}	-
dt-g	24.15	24.45	24.30	49.01	45	45	46	密
	25.15	25.35	25.25	48.06	50	50		
	26.15	26.45	26.30	47.01	46	46		
	27.15	27.45	27.30	46.01	40	40		
	28.15	28.20	28.18	45.13	50	50		
So	29.15	29.25	29.20	44.11	50	50	50	-
	30.15	30.27	30.21	43.10	50	50		
	31.15	31.17	31.16	42.15	50	50		
	32.15	32.20	32.18	41.13	50	50		
	33.15	33.15	33.15	40.16	50	50		
	34.15	34.15	34.15	39.16	50	50		

※1:貫入量30cmに相当する換算N値.但し,上限を50とする.

※2:混入礫分を打撃する影響により,高い値を示す.

地層別N値一覧表					
地層 記号	最小	最大	個数	平均N値 ^{※3}	標準 偏差
B1	10	12	2	11	0.8
B2	22	50	17	44	8.6
B3	10	18	3	13	3.4
dt-c	23	23	1	23 ^{※2}	0.0
dt-g	40	50	5	46	3.7
So	50	50	6	50	0.0

※3:貫入量30cmに相当する換算N値(上限50)の平均値を示す.

表 4.2.2 Nd, Nmd 値一覧表

地層別Nd,Nmd値一覧表					
地層 記号	最小	最大	個数	平均Nd,Nmd値 ^{※4}	標準 偏差
B1	0	11	60	4	3.1
B2	5	50	288	28	13.4
B3	0	31	86	8	5.1
dt-c	0	21	57	5	3.8
dt-g	4	41	47	17	8.1
So	22	50	17	46	7.6

※4:Nd,Nmd値(上限50)の平均値.

ボーリング調査の結果から、御油団地急斜面地の地層を知ることができた。
急斜面地の地層は次のようになっている。

まず、盛土は 3 層にわかれている。上部層 (B1) は掘削点から約 3.5m まで、粘土混じり砂質土で相対密度は中である。次に中部層 (B2) は 3.5m～19.5 m までで、砂利・礫混じり粘土砂質土で相対密度は密である。最後に下部層 (B3) は 19.5m～22.5m までで、砂利・礫混じり砂質土で相対密度は中である。盛土はこうになっており、上層部 (B1) と下層部 (B3) は平均 N 値も 11～13 と相対密度が小さくなっている。それに対して盛土の中で一番厚い層である中部層 (B2) は平均 N 値が 44 と相対密度が密であり、表面波探査の結果からもよく締まった盛土となっている。

次に盛土下の地層だが、崖錐の上部 (dt-c) は砂利・礫混じり砂質シルトが 22.5m～24m となっており、相対密度は中である。崖錐の下部 (dt-g) は粘土質砂礫が 24m～28.5m となっている。相対密度は密である。この層は上部 (dt-c) は平均 N 値が 23 となっており下部 (dt-g) の平均 N 値は 46 となっている。

これより下の層は岩盤となっており地層区分は片麻岩である。N 値は最大の 50 を超えた。

今回のボーリングの結果から、御油団地の急傾斜地の盛土は約 22.5m であり、その盛土の地層の N 値や旧地表面下の地層等を知ることができた。

また、今回の標準貫入試験の N 値の結果に多少のばらつきがあるが、それは礫にぶつかったときの値であり、実際の N 値は結果よりも小さくなるものと思われる。盛土中の一番厚い層 B3 は盛土であるものの、平均 N 値が 44 とよく締まっている盛土であるという結果を示している。

4.3. N値の分布による地盤強度の推定

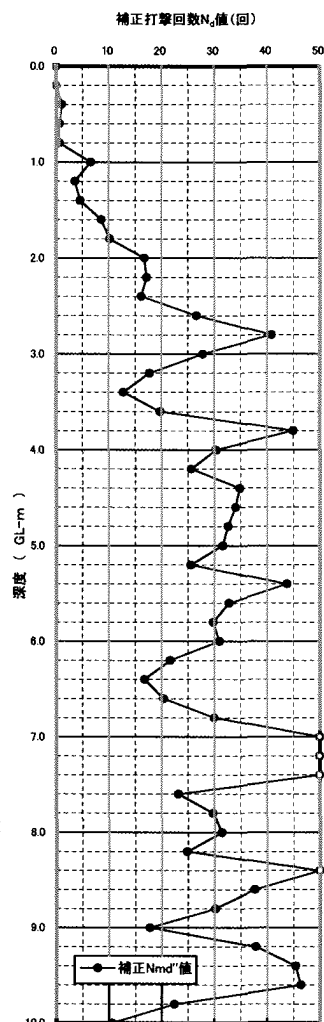
・オートマチックラムサウンディング

表 4.3.1 R-1

件 名:	豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会				年 月 日:	2005/5/10	
地 点:	R-1				天 候:	晴れ	
標 高:	73.11 m				地下水位:	-	
					測定者:	下島	
					記録者:	千野	

測定深度 (G.L.-m)	標 高 (m)	ロッド 本数 (本)	測定 打撃回数 N_{dm}	0.2m換算 打撃回数 N_{dm}	回転 トルク M_r (N-cm)	周面摩擦 相当 打撃回数 N_{santle} (N-cm) +0.0041-Mr	補正 打撃回数 N_d $=N_{dm}-N_{santle}$	備考
0.20	72.91	1	1	1			1.0	
0.40	72.71	1	1	1			1.0	
0.60	72.51	1	1	1	981	0.4	0.6	
0.80	72.31	2	1	1	981	0.4	0.6	
1.00	72.11	2	7	7	981	0.4	6.6	
1.20	71.91	2	4	4	981	0.4	3.6	
1.40	71.71	2	5	5	981	0.4	4.6	
1.60	71.51	2	9	9	981	0.4	8.6	
1.80	71.31	3	11	11	1961	0.8	10.2	
2.00	71.11	3	22	22	12749	5.2	16.8	
2.20	70.91	3	20	20	6865	2.8	17.2	
2.40	70.71	3	19	19	6865	2.8	16.2	
2.60	70.51	3	29	29	5884	2.4	26.6	
2.80	70.31	4	42	42	2942	1.2	40.8	
3.00	70.11	4	29	29	2942	1.2	27.8	
3.20	69.91	4	19	19	2942	1.2	17.8	
3.40	69.71	4	14	14	2942	1.2	12.8	
3.60	69.51	4	21	21	2942	1.2	19.8	
3.80	69.31	5	47	47	4903	2.0	45.0	
4.00	69.11	5	32	32	3923	1.6	30.4	
4.20	68.91	5	27	27	3432	1.4	25.6	
4.40	68.71	5	37	37	5394	2.2	34.8	
4.60	68.51	5	36	36	4903	2.0	34.0	
4.80	68.31	6	35	35	5884	2.4	32.6	
5.00	68.11	6	33	33	3432	1.4	31.6	
5.20	67.91	6	30	30	10787	4.4	25.6	
5.40	67.71	6	49	49	12749	5.2	43.8	
5.60	67.51	6	38	38	12749	5.2	32.8	
5.80	67.31	7	35	35	12749	5.2	29.8	
6.00	67.11	7	35	35	9807	4.0	31.0	
6.20	66.91	7	26	26	10787	4.4	21.6	
6.40	66.71	7	21	21	10297	4.2	16.8	
6.60	66.51	7	25	25	11278	4.6	20.4	
6.80	66.31	8	35	35	12258	5.0	30.0	
7.00	66.11	8	55	55	10787	4.4	50.6	
7.20	65.91	8	96	96	6865	2.8	93.2	
7.40	65.71	8	83	83	7355	3.0	80.0	
7.60	65.51	8	27	27	9316	3.8	23.2	
7.80	65.31	9	33	33	7845	3.2	29.8	
8.00	65.11	9	34	34	6374	2.6	31.4	
8.20	64.91	9	28	28	7845	3.2	24.8	
8.40	64.71	9	55	55	6865	2.8	52.2	
8.60	64.51	9	40	40	5884	2.4	37.6	
8.80	64.31	10	33	33	6865	2.8	30.2	
9.00	64.11	10	21	21	7845	3.2	17.8	
9.20	63.91	10	41	41	7845	3.2	37.8	
9.40	63.71	10	51	51	13729	5.6	45.4	
9.60	63.51	10	52	52	13729	5.6	46.4	
9.80	63.31	11	25	25	6374	2.6	22.4	
10.00	63.11	11	13	13	5884	2.4	10.6	

試験地盤:
測定時の状況:



深度	修正 N_d
0.00	0.0
0.20	0.0
0.40	1.0
0.60	0.6
0.80	0.6
1.00	6.6
1.20	3.6
1.40	4.6
1.60	8.6
1.80	10.2
2.00	16.8
2.20	17.2
2.40	16.2
2.60	26.6
2.80	40.8
3.00	27.8
3.20	17.8
3.40	12.8
3.60	19.8
3.80	45.0
4.00	30.4
4.20	25.6
4.40	34.8
4.60	34.0
4.80	32.6
5.00	31.6
5.20	25.6
5.40	43.8
5.60	32.8
5.80	29.8
6.00	31.0
6.20	21.6
6.40	16.8
6.60	20.4
6.80	30.0
7.00	50.0
7.20	50.0
7.40	50.0
7.60	23.2
7.80	29.8
8.00	31.4
8.20	24.8
8.40	50.0
8.60	37.6
8.80	30.2
9.00	17.8
9.20	37.8
9.40	45.4
9.60	46.4
9.80	22.4
10.00	10.6

Automatic.Ram.Sound.貫入試験記録表

件名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会
地点: R-1
標高: 73.11 m

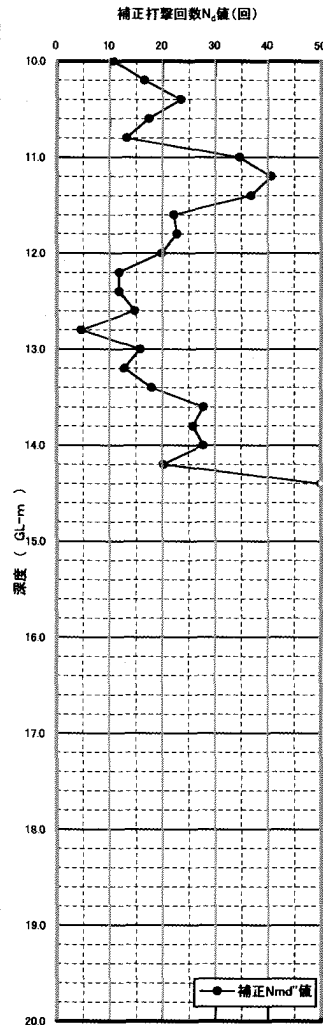
年月日: 2005/5/10

天候: 晴れ

地下水位: -

測定者: 下島 記録者: 千野

測定 深度	標高	ロッド 本数	測定 打撃回数	0.2m換算 打撃回数	回転 トルク	周面摩擦 相当 打撃回数	補正 打撃回数	備考
(G.L.-m)	(m)	(本)	N_{dm}	N_{dm}	M_v (N·cm)	N_{santle} $-0.00041 \cdot M_v$	N_d $=N_{dm}-N_{santle}$	
10.20	62.91	11	19	19	5884	2.4	16.6	
10.40	62.71	11	26	26	6374	2.6	23.4	
10.60	62.51	11	20	20	6374	2.6	17.4	
10.80	62.31	12	16	16	6865	2.8	13.2	
11.00	62.11	12	37	37	5884	2.4	34.6	
11.20	61.91	12	43	43	5884	2.4	40.6	
11.40	61.71	12	40	40	7845	3.2	36.8	
11.60	61.51	12	25	25	6865	2.8	22.2	
11.80	61.31	13	26	26	7845	3.2	22.8	
12.00	61.11	13	23	23	7845	3.2	19.8	
12.20	60.91	13	15	15	7845	3.2	11.8	
12.40	60.71	13	15	15	7845	3.2	11.8	
12.60	60.51	13	18	18	7845	3.2	14.8	
12.80	60.31	14	7	7	5884	2.4	4.6	
13.00	60.11	14	19	19	7845	3.2	15.8	
13.20	59.91	14	16	16	7845	3.2	12.8	
13.40	59.71	14	21	21	7355	3.0	18.0	
13.60	59.51	14	31	31	7845	3.2	27.8	
13.80	59.31	15	29	29	7845	3.2	25.8	
14.00	59.11	15	31	31	7845	3.2	27.8	
14.20	58.91	15	23	23	6865	2.8	20.2	
14.40	58.71	15	100	100	9316	3.8	96.2	貫入不能



深度	修正 N_d
10.00	10.6
10.20	16.6
10.40	23.4
10.60	17.4
10.80	13.2
11.00	34.6
11.20	40.6
11.40	36.8
11.60	22.2
11.80	22.8
12.00	19.8
12.20	11.8
12.40	11.8
12.60	14.8
12.80	4.6
13.00	15.8
13.20	12.8
13.40	18.0
13.60	27.8
13.80	25.8
14.00	27.8
14.20	20.2
14.40	50.0

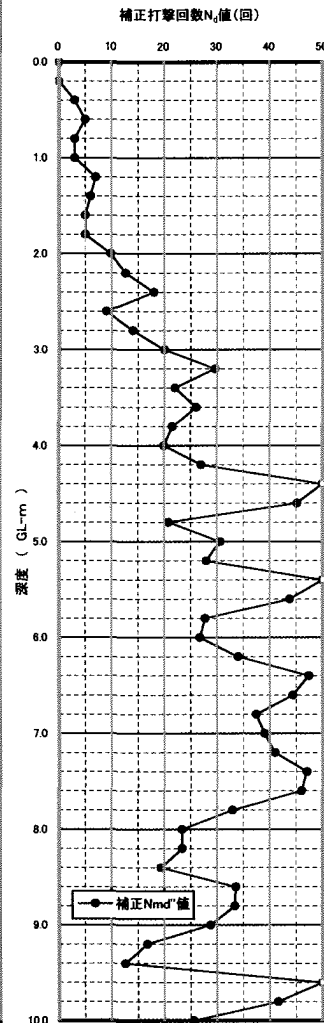
試験地盤:

測定時の状況:

表 4.3.2 R-2

Automatic Ram Sound 貫入試験記録表									
件 名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会					年 月 日: 2005/5/11				
地 点: R-2					天 候: 晴れ				
標 高: 73.03 m					地下水位: -				
					測定者: 下島 記録者: 下島				
測定 深度	標 高	ロッド 本数	測定 打撃回数	0.2m換算 打撃回数	回転 トルク	周面摩擦 相当 打撃回数	補正 打撃回数	備考	
(G.L.-m)	(m)	(本)	N_{dm}	N_{dm}	M_v (N·cm)	N_{mantle} $\sim 0.00041 \cdot M_v$	N_d $= N_{dm} - N_{mantle}$		
0.20	72.83	1	-	-	-	-	-		
0.40	72.63	1	3	3	0	0.0	3.0		
0.60	72.43	1	5	5	0	0.0	5.0		
0.80	72.23	2	3	3	0	0.0	3.0		
1.00	72.03	2	3	3	0	0.0	3.0		
1.20	71.83	2	7	7	0	0.0	7.0		
1.40	71.63	2	6	6	0	0.0	6.0		
1.60	71.43	2	5	5	0	0.0	5.0		
1.80	71.23	3	5	5	0	0.0	5.0		
2.00	71.03	3	11	11	2942	1.2	9.8		
2.20	70.83	3	13	13	981	0.4	12.6		
2.40	70.63	3	18	18	0	0.0	18.0		
2.60	70.43	3	9	9	0	0.0	9.0		
2.80	70.23	4	14	14	0	0.0	14.0		
3.00	70.03	4	20	20	0	0.0	20.0		
3.20	69.83	4	30	30	981	0.4	29.6		
3.40	69.63	4	22	22	0	0.0	22.0		
3.60	69.43	4	26	26	0	0.0	26.0		
3.80	69.23	5	22	22	981	0.4	21.6		
4.00	69.03	5	20	20	0	0.0	20.0		
4.20	68.83	5	27	27	0	0.0	27.0		
4.40	68.63	5	55	55	1961	0.8	54.2		
4.60	68.43	5	46	46	1961	0.8	45.2		
4.80	68.23	6	22	22	2942	1.2	20.8		
5.00	68.03	6	31	31	981	0.4	30.6		
5.20	67.83	6	28	28	0	0.0	28.0		
5.40	67.63	6	73	73	1961	0.8	72.2		
5.60	67.43	6	45	45	2942	1.2	43.8		
5.80	67.23	7	31	31	7845	3.2	27.8		
6.00	67.03	7	30	30	7845	3.2	26.8		
6.20	66.83	7	36	36	4903	2.0	34.0		
6.40	66.63	7	49	49	3923	1.6	47.4		
6.60	66.43	7	46	46	3923	1.6	44.4		
6.80	66.23	8	39	39	3923	1.6	37.4		
7.00	66.03	8	41	41	4903	2.0	39.0		
7.20	65.83	8	43	43	4903	2.0	41.0		
7.40	65.63	8	49	49	4903	2.0	47.0		
7.60	65.43	8	48	48	4903	2.0	46.0		
7.80	65.23	9	35	35	4903	2.0	33.0		
8.00	65.03	9	25	25	3923	1.6	23.4		
8.20	64.83	9	25	25	3923	1.6	23.4		
8.40	64.63	9	21	21	3923	1.6	19.4		
8.60	64.43	9	35	35	3432	1.4	33.6		
8.80	64.23	10	35	35	3923	1.6	33.4		
9.00	64.03	10	30	30	2942	1.2	28.8		
9.20	63.83	10	19	19	5394	2.2	16.8		
9.40	63.63	10	15	15	5884	2.4	12.6		
9.60	63.43	10	57	57	5884	2.4	54.6		
9.80	63.23	11	44	44	5884	2.4	41.6		
10.00	63.03	11	28	28	5884	2.4	25.6		

試験地盤:
測定時の状況:



深度	修正 N_d
0	0.0
0.20	0.0
0.40	3.0
0.60	5.0
0.80	3.0
1.00	3.0
1.20	7.0
1.40	6.0
1.60	5.0
1.80	5.0
2.00	9.8
2.20	12.6
2.40	18.0
2.60	9.0
2.80	14.0
3.00	20.0
3.20	29.6
3.40	22.0
3.60	26.0
3.80	21.6
4.00	20.0
4.20	27.0
4.40	50.0
4.60	45.2
4.80	20.8
5.00	30.6
5.20	28.0
5.40	50.0
5.60	43.8
5.80	27.8
6.00	26.8
6.20	34.0
6.40	47.4
6.60	44.4
6.80	37.4
7.00	39.0
7.20	41.0
7.40	47.0
7.60	46.0
7.80	33.0
8.00	23.4
8.20	23.4
8.40	19.4
8.60	33.6
8.80	33.4
9.00	28.8
9.20	16.8
9.40	12.6
9.60	50.0
9.80	41.6
10.00	25.6

Automatic Ram Sound 貫入試験記録表

件名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

年月日: 2005/5/11

地点: R-2

天候: 晴れ

標高: 73.03 m

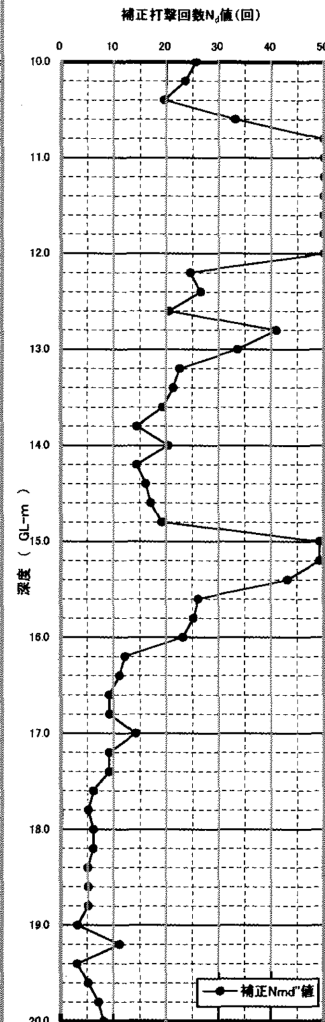
地下水位: -

測定者: 下島 記録者: 下島

測定 深度	標高	ロッド 本数	測定 打撃回数	0.2m換算 打撃回数	回転 トルク	周面摩擦 相当 打撃回数	補正 打撃回数	備考
(G.L-m)	(m)	(本)	N_{dm}	N_{dm}	M_v (N·cm)	N_{mazole} $=0.00041 \cdot M_v$	N_d $=N_{dm}-N_{mazole}$	
10.20	62.83	11	26	26	5884	2.4	23.6	
10.40	62.63	11	22	22	5884	2.4	19.6	
10.60	62.43	11	36	36	6865	2.8	33.2	
10.80	62.23	12	64	64	6865	2.8	61.2	
11.00	62.03	12	117	117	6865	2.8	114.2	
11.20	61.83	12	81	81	5884	2.4	78.6	
11.40	61.63	12	59	59	6865	2.8	56.2	
11.60	61.43	12	81	81	6865	2.8	78.2	
11.80	61.23	13	104	104	6865	2.8	101.2	
12.00	61.03	13	77	77	5884	2.4	74.6	
12.20	60.83	13	27	27	5884	2.4	24.6	
12.40	60.63	13	29	29	5884	2.4	26.6	
12.60	60.43	13	23	23	5884	2.4	20.6	
12.80	60.23	14	43	43	4903	2.0	41.0	
13.00	60.03	14	36	36	5884	2.4	33.6	
13.20	59.83	14	25	25	5884	2.4	22.6	
13.40	59.63	14	24	24	6374	2.6	21.4	
13.60	59.43	14	22	22	6374	2.6	19.4	
13.80	59.23	15	17	17	6374	2.6	14.4	
14.00	59.03	15	23	23	6374	2.6	20.4	
14.20	58.83	15	17	17	6374	2.6	14.4	
14.40	58.63	15	19	19	6865	2.8	16.2	
14.60	58.43	15	20	20	6865	2.8	17.2	
14.80	58.23	16	22	22	6865	2.8	19.2	
15.00	58.03	16	52	52	6865	2.8	49.2	
15.20	57.83	16	52	52	6865	2.8	49.2	
15.40	57.63	16	46	46	6865	2.8	43.2	
15.60	57.43	16	29	29	6865	2.8	26.2	
15.80	57.23	17	28	28	6865	2.8	25.2	
16.00	57.03	17	26	26	6865	2.8	23.2	
16.20	56.83	17	15	15	6865	2.8	12.2	
16.40	56.63	17	14	14	6865	2.8	11.2	
16.60	56.43	17	12	12	6865	2.8	9.2	
16.80	56.23	18	12	12	6865	2.8	9.2	
17.00	56.03	18	17	17	6865	2.8	14.2	
17.20	55.83	18	12	12	6865	2.8	9.2	
17.40	55.63	18	12	12	6865	2.8	9.2	
17.60	55.43	18	9	9	6865	2.8	6.2	
17.80	55.23	19	8	8	6865	2.8	5.2	
18.00	55.03	19	9	9	6865	2.8	6.2	
18.20	54.83	19	9	9	6865	2.8	6.2	
18.40	54.63	19	8	8	6865	2.8	5.2	
18.60	54.43	19	8	8	6865	2.8	5.2	
18.80	54.23	20	8	8	6865	2.8	5.2	
19.00	54.03	20	6	6	6865	2.8	3.2	
19.20	53.83	20	14	14	6865	2.8	11.2	
19.40	53.63	20	6	6	6865	2.8	3.2	
19.60	53.43	20	8	8	6865	2.8	5.2	
19.80	53.23	20	10	10	6865	2.8	7.2	
20.00	53.03	21	11	11	6865	2.8	8.2	

試験地盤:

測定時の状況:



深度	修正 N_d
10.00	25.6
10.20	23.6
10.40	19.6
10.60	33.2
10.80	50.0
11.00	50.0
11.20	50.0
11.40	50.0
11.60	50.0
11.80	50.0
12.00	50.0
12.20	24.6
12.40	26.6
12.60	20.6
12.80	41.0
13.00	33.6
13.20	22.6
13.40	21.4
13.60	19.4
13.80	14.4
14.00	20.4
14.20	14.4
14.40	16.2
14.60	17.2
14.80	19.2
15.00	49.2
15.20	49.2
15.40	43.2
15.60	26.2
15.80	25.2
16.00	23.2
16.20	12.2
16.40	11.2
16.60	9.2
16.80	9.2
17.00	14.2
17.20	9.2
17.40	9.2
17.60	6.2
17.80	5.2
18.00	6.2
18.20	6.2
18.40	5.2
18.60	5.2
18.80	5.2
19.00	3.2
19.20	11.2
19.40	3.2
19.60	5.2
19.80	7.2
20.00	8.2

Automatic Ram Sound 貫入試験記録表

件 名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

年 月 日: 2005/5/11

地 点: R-2

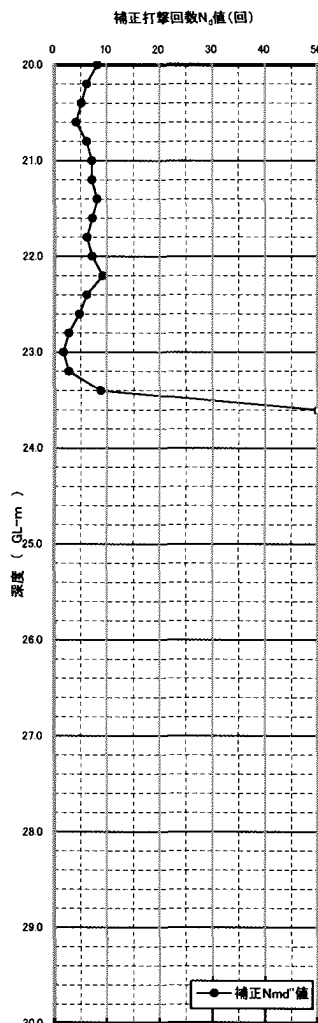
天 候: 晴れ

標 高: 73.03 m

地下水位: -

測定者: 下鳥 記録者: 下鳥

測定 深度	標 高	ロッド 本数	測定 打撃回数 N_{dm}	0.2m換算 打撃回数 N_{dm}	回転 トルク M_v (N·cm)	周面摩擦 相当 打撃回数 N_{mazole} $=0.00041 \cdot M_v$	修正 打撃回数 N_d $=N_{dm} - N_{mazole}$	備考
(G.L.-m)	(m)	(本)						
20.20	52.83	21	9	9	6865	2.8	6.2	
20.40	52.63	21	8	8	6865	2.8	5.2	
20.60	52.43	21	7	7	6865	2.8	4.2	
20.80	52.23	22	9	9	6865	2.8	6.2	
21.00	52.03	22	10	10	6865	2.8	7.2	
21.20	51.83	22	10	10	6865	2.8	7.2	
21.40	51.63	22	11	11	6865	2.8	8.2	
21.60	51.43	22	10	10	6865	2.8	7.2	
21.80	51.23	23	9	9	6865	2.8	6.2	
22.00	51.03	23	10	10	6865	2.8	7.2	
22.20	50.83	23	12	12	6865	2.8	9.2	
22.40	50.63	23	9	9	6865	2.8	6.2	
22.60	50.43	23	8	8	7845	3.2	4.8	
22.80	50.23	24	6	6	7845	3.2	2.8	
23.00	50.03	24	5	5	7845	3.2	1.8	
23.20	49.83	24	6	6	7845	3.2	2.8	
23.40	49.63	24	12	12	7845	3.2	8.8	
23.60	49.43	24	114	114	9807	4.0	110.0	
23.61	49.42	25	60	1200	9807	4.0	1196.0	貫入不能



深度	修正 N_d
20.00	8.2
20.20	6.2
20.40	5.2
20.60	4.2
20.80	6.2
21.00	7.2
21.20	7.2
21.40	8.2
21.60	7.2
21.80	6.2
22.00	7.2
22.20	9.2
22.40	6.2
22.60	4.8
22.80	2.8
23.00	1.8
23.20	2.8
23.40	8.8
23.60	50.0
23.61	50.0

試験地盤:

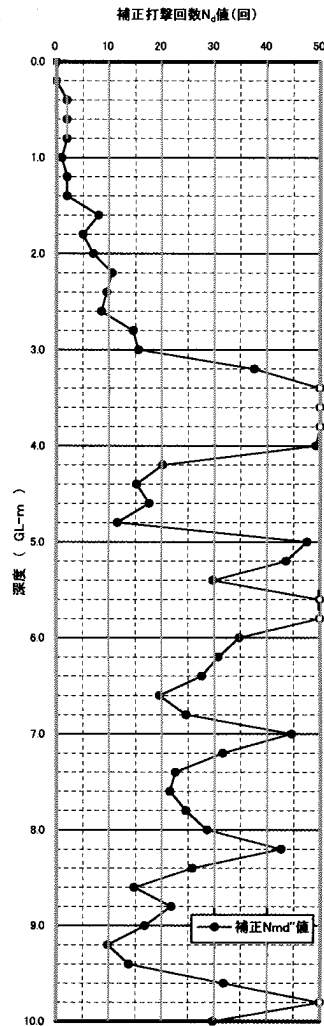
測定時の状況:

表 4.3.3 R-3

Automatic.Ram.Sound.貫入試験記録表									
件 名:	豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会					年月日:	2005/5/17		
地 点:	R-3(アップホール速度検層実施)					天 候:	晴れ		
標 高:	72.99 m					地下水位:	-		
測定者:	千野					記録者:	千野		

測定深度 (G.L-m)	標 高 (m)	ロッド 本数 (本)	測定 打撃回数 N_{dm}	0.2m換算 打撃回数 N_{dm}	回転 トルク M_r (N-cm)	周面摩擦 相当 打撃回数 N_{mfric} $=0.00041 \cdot M_r$	補正 打撃回数 N_d $=N_{dm} - N_{mfric}$	備考
0.20	72.79	1	-	-	-	-	-	
0.40	72.59	1	2	2	0	0.0	2.0	
0.60	72.39	1	2	2	0	0.0	2.0	
0.80	72.19	2	2	2	0	0.0	2.0	
1.00	71.99	2	1	1	0	0.0	1.0	
1.20	71.79	2	2	2	0	0.0	2.0	
1.40	71.59	2	2	2	0	0.0	2.0	
1.60	71.39	2	8	8	0	0.0	8.0	
1.80	71.19	3	5	5	0	0.0	5.0	
2.00	70.99	3	7	7	0	0.0	7.0	
2.20	70.79	3	11	11	981	0.4	10.6	
2.40	70.59	3	10	10	981	0.4	9.6	
2.60	70.39	3	9	9	981	0.4	8.6	
2.80	70.19	4	15	15	981	0.4	14.6	
3.00	69.99	4	16	16	981	0.4	15.6	
3.20	69.79	4	38	38	981	0.4	37.6	
3.40	69.59	4	53	53	981	0.4	52.6	
3.60	69.39	4	254	254	1961	0.8	253.2	
3.80	69.19	5	56	56	1961	0.8	55.2	
4.00	68.99	5	50	50	1961	0.8	49.2	
4.20	68.79	5	21	21	1961	0.8	20.2	
4.40	68.59	5	16	16	1961	0.8	15.2	
4.60	68.39	5	18	18	981	0.4	17.6	
4.80	68.19	6	12	12	981	0.4	11.6	
5.00	67.99	6	48	48	981	0.4	47.6	
5.20	67.79	6	44	44	981	0.4	43.6	
5.40	67.59	6	33	33	7845	3.2	29.8	
5.60	67.39	6	94	94	7845	3.2	90.8	
5.80	67.19	7	98	98	7845	3.2	94.8	
6.00	66.99	7	38	38	7845	3.2	34.8	
6.20	66.79	7	34	34	7845	3.2	30.8	
6.40	66.59	7	28	28	981	0.4	27.6	
6.60	66.39	7	20	20	981	0.4	19.6	
6.80	66.19	8	25	25	981	0.4	24.6	
7.00	65.99	8	45	45	981	0.4	44.6	
7.20	65.79	8	32	32	981	0.4	31.6	
7.40	65.59	8	23	23	981	0.4	22.6	
7.60	65.39	8	22	22	981	0.4	21.6	
7.80	65.19	9	25	25	981	0.4	24.6	
8.00	64.99	9	29	29	981	0.4	28.6	
8.20	64.79	9	43	43	981	0.4	42.6	
8.40	64.59	9	29	29	7845	3.2	25.8	
8.60	64.39	9	18	18	7845	3.2	14.8	
8.80	64.19	10	25	25	7845	3.2	21.8	
9.00	63.99	10	20	20	7845	3.2	16.8	
9.20	63.79	10	13	13	7845	3.2	9.8	
9.40	63.59	10	17	17	7845	3.2	13.8	
9.60	63.39	10	35	35	7845	3.2	31.8	
9.80	63.19	11	69	69	7845	3.2	65.8	
10.00	62.99	11	33	33	7845	3.2	29.8	

試験地盤:
測定時の状況:



深度	修正 N_d
0	0.0
0.20	0.0
0.40	2.0
0.60	2.0
0.80	2.0
1.00	1.0
1.20	2.0
1.40	2.0
1.60	8.0
1.80	5.0
2.00	7.0
2.20	10.6
2.40	9.6
2.60	8.6
2.80	14.6
3.00	15.6
3.20	37.6
3.40	52.6
3.60	50.0
3.80	50.0
4.00	49.2
4.20	20.2
4.40	15.2
4.60	17.6
4.80	11.6
5.00	47.6
5.20	43.6
5.40	29.8
5.60	50.0
5.80	50.0
6.00	34.8
6.20	30.8
6.40	27.6
6.60	19.6
6.80	24.6
7.00	44.6
7.20	31.6
7.40	22.6
7.60	21.6
7.80	24.6
8.00	28.6
8.20	42.6
8.40	25.8
8.60	14.8
8.80	21.8
9.00	16.8
9.20	9.8
9.40	13.8
9.60	31.8
9.80	50.0
10.00	29.8

Automatic Ram Sound 貫入試験記録表

件 名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

年月日: 2005/5/17

天 候: 晴れ

地 点: R-3(アップホール速度検層実施)

地下水位: -

標 高: 72.99 m

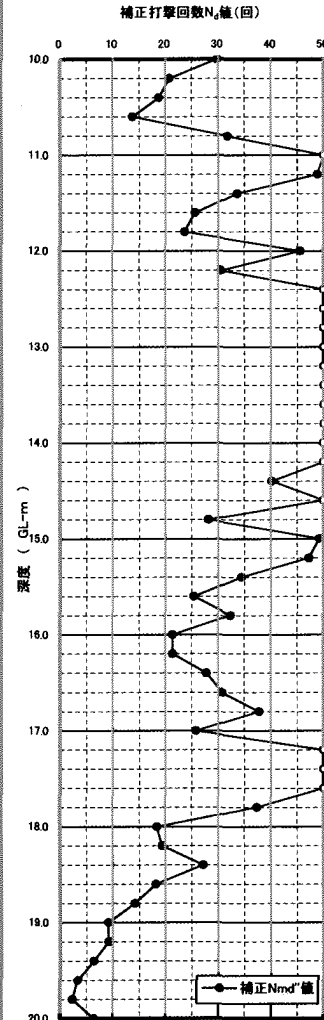
測定者: 千野

記録者: 千野

測定 深度 (G.L.-m)	標 高 (m)	ロッド 本数 (本)	測定 打撃回数 N_{dm}	0.2m換算 打撃回数 N_{2m}	回転 トルク M_v (N·cm)	周面摩擦 相当 打撃回数 N_{mantle} $=0.00041 \cdot M_v$	補正 打撃回数 N_d $=N_{dm}-N_{mantle}$	備考
10.20	62.79	11	24	24	7845	3.2	20.8	
10.40	62.59	11	22	22	7845	3.2	18.8	
10.60	62.39	11	17	17	7845	3.2	13.8	
10.80	62.19	12	35	35	7845	3.2	31.8	
11.00	61.99	12	85	85	7845	3.2	81.8	
11.20	61.79	12	52	52	7845	3.2	48.8	
11.40	61.59	12	36	36	5884	2.4	33.6	
11.60	61.39	12	28	28	5884	2.4	25.6	
11.80	61.19	13	26	26	5884	2.4	23.6	
12.00	60.99	13	48	48	5884	2.4	45.6	
12.20	60.79	13	33	33	5884	2.4	30.6	
12.40	60.59	13	101	101	7845	3.2	97.8	
12.60	60.39	13	69	69	7845	3.2	65.8	
12.80	60.19	14	64	64	7845	3.2	60.8	
13.00	59.99	14	114	114	7845	3.2	110.8	
13.20	59.79	14	117	117	7845	3.2	113.8	
13.40	59.59	14	76	76	2942	1.2	74.8	
13.60	59.39	14	111	111	2942	1.2	109.8	
13.80	59.19	15	69	69	2942	1.2	67.8	
14.00	58.99	15	56	56	2942	1.2	54.8	
14.20	58.79	15	53	53	2942	1.2	51.8	
14.40	58.59	15	43	43	6865	2.8	40.2	
14.60	58.39	15	63	63	6865	2.8	60.2	
14.80	58.19	16	31	31	6865	2.8	28.2	
15.00	57.99	16	52	52	6865	2.8	49.2	
15.20	57.79	16	50	50	6865	2.8	47.2	
15.40	57.59	16	38	38	8826	3.6	34.4	
15.60	57.39	16	29	29	8826	3.6	25.4	
15.80	57.19	17	36	36	8826	3.6	32.4	
16.00	56.99	17	25	25	8826	3.6	21.4	
16.20	56.79	17	25	25	8826	3.6	21.4	
16.40	56.59	17	31	31	7845	3.2	27.8	
16.60	56.39	17	34	34	7845	3.2	30.8	
16.80	56.19	18	41	41	7845	3.2	37.8	
17.00	55.99	18	29	29	7845	3.2	25.8	
17.20	55.79	18	60	60	7845	3.2	56.8	
17.40	55.59	18	63	63	8826	3.6	59.4	
17.60	55.39	18	66	66	8826	3.6	62.4	
17.80	55.19	19	41	41	8826	3.6	37.4	
18.00	54.99	19	22	22	8826	3.6	18.4	
18.20	54.79	19	23	23	8826	3.6	19.4	
18.40	54.59	19	30	30	6865	2.8	27.2	
18.60	54.39	19	21	21	6865	2.8	18.2	
18.80	54.19	20	17	17	6865	2.8	14.2	
19.00	53.99	20	12	12	6865	2.8	9.2	
19.20	53.79	20	12	12	6865	2.8	9.2	
19.40	53.59	20	10	10	8826	3.6	6.4	
19.60	53.39	20	7	7	8826	3.6	3.4	
19.80	53.19	20	6	6	8826	3.6	2.4	
20.00	52.99	21	10	10	8826	3.6	6.4	

試験地盤:

測定時の状況:



深度	修正 N_d
10.00	29.8
10.20	20.8
10.40	18.8
10.60	13.8
10.80	31.8
11.00	50.0
11.20	48.8
11.40	33.6
11.60	25.6
11.80	23.6
12.00	45.6
12.20	30.6
12.40	50.0
12.60	50.0
12.80	50.0
13.00	50.0
13.20	50.0
13.40	50.0
13.60	50.0
13.80	50.0
14.00	50.0
14.20	50.0
14.40	40.2
14.60	50.0
14.80	28.2
15.00	49.2
15.20	47.2
15.40	34.4
15.60	25.4
15.80	32.4
16.00	21.4
16.20	21.4
16.40	27.8
16.60	30.8
16.80	37.8
17.00	25.8
17.20	50.0
17.40	50.0
17.60	50.0
17.80	37.4
18.00	18.4
18.20	19.4
18.40	27.2
18.60	18.2
18.80	14.2
19.00	9.2
19.20	9.2
19.40	6.4
19.60	3.4
19.80	2.4
20.00	6.4

Automatic.Ram.Sound.貫入試験記録表

件 名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

年 月 日: 2005/5/17

天 候: 晴れ

地 点: R-3(アップホール速度検層実施)

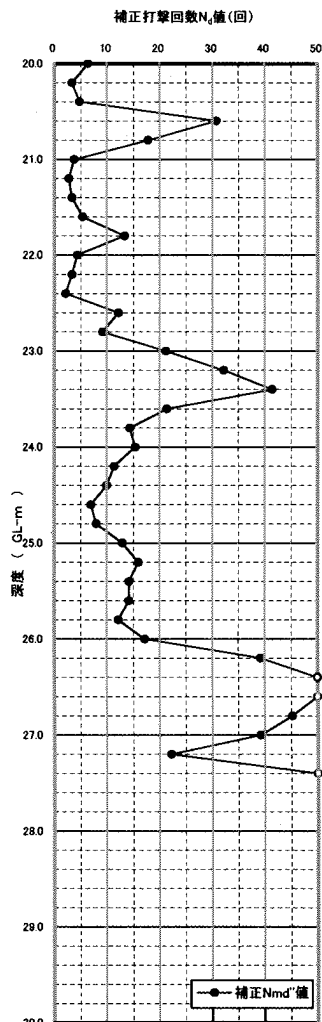
地下水位: -

標 高: 72.99 m

測 定 者: 千野

記 録 者: 千野

測定 深度	標 高	ロッド 本数	測定 打撃回数	0.2m換算 打撃回数	回転 トルク	周面摩擦 相当 打撃回数	補正 打撃回数	備考
(G.L.-m)	(m)	(本)	N_{dm}	N_{dm}	M_r (N-cm)	N_{sattle} +0.00941-Mv	N_d + $N_{dm}-N_{sattle}$	
20.20	52.79	21	7	7	8826	3.6	3.4	
20.40	52.59	21	8	8	7845	3.2	4.8	
20.60	52.39	21	34	34	7845	3.2	30.8	
20.80	52.19	22	21	21	7845	3.2	17.8	
21.00	51.99	22	7	7	7845	3.2	3.8	
21.20	51.79	22	6	6	7845	3.2	2.8	
21.40	51.59	22	7	7	8826	3.6	3.4	
21.60	51.39	22	9	9	8826	3.6	5.4	
21.80	51.19	23	17	17	8826	3.6	13.4	
22.00	50.99	23	8	8	8826	3.6	4.4	
22.20	50.79	23	7	7	8826	3.6	3.4	
22.40	50.59	23	5	5	6865	2.8	2.2	
22.60	50.39	23	15	15	6865	2.8	12.2	
22.80	50.19	24	12	12	6865	2.8	9.2	
23.00	49.99	24	24	24	6865	2.8	21.2	
23.20	49.79	24	35	35	6865	2.8	32.2	
23.40	49.59	24	45	45	8826	3.6	41.4	
23.60	49.39	24	25	25	8826	3.6	21.4	
23.80	49.19	25	18	18	8826	3.6	14.4	
24.00	48.99	25	19	19	8826	3.6	15.4	
24.20	48.79	25	15	15	8826	3.6	11.4	
24.40	48.59	25	14	14	9807	4.0	10.0	
24.60	48.39	26	11	11	9807	4.0	7.0	
24.80	48.19	26	12	12	9807	4.0	8.0	
25.00	47.99	26	17	17	9807	4.0	13.0	
25.20	47.79	26	20	20	9807	4.0	16.0	
25.40	47.59	26	17	17	6865	2.8	14.2	
25.60	47.39	27	17	17	6865	2.8	14.2	
25.80	47.19	27	15	15	6865	2.8	12.2	
26.00	46.99	27	20	20	6865	2.8	17.2	
26.20	46.79	27	42	42	6865	2.8	39.2	
26.40	46.59	27	55	55	6865	2.8	52.2	
26.60	46.39	28	54	54	6865	2.8	51.2	
26.80	46.19	28	48	48	6865	2.8	45.2	
27.00	45.99	28	42	42	6865	2.8	39.2	
27.20	45.79	28	25	25	6865	2.8	22.2	
27.40	45.59	28	56	56	8826	3.6	52.4	



深度	修正 N_d
20.00	6.4
20.20	3.4
20.40	4.8
20.60	30.8
20.80	17.8
21.00	3.8
21.20	2.8
21.40	3.4
21.60	5.4
21.80	13.4
22.00	4.4
22.20	3.4
22.40	2.2
22.60	12.2
22.80	9.2
23.00	21.2
23.20	32.2
23.40	41.4
23.60	21.4
23.80	14.4
24.00	15.4
24.20	11.4
24.40	10.0
24.60	7.0
24.80	8.0
25.00	13.0
25.20	16.0
25.40	14.2
25.60	14.2
25.80	12.2
26.00	17.2
26.20	39.2
26.40	50.0
26.60	50.0
26.80	45.2
27.00	39.2
27.20	22.2
27.40	50.0

試験地盤:

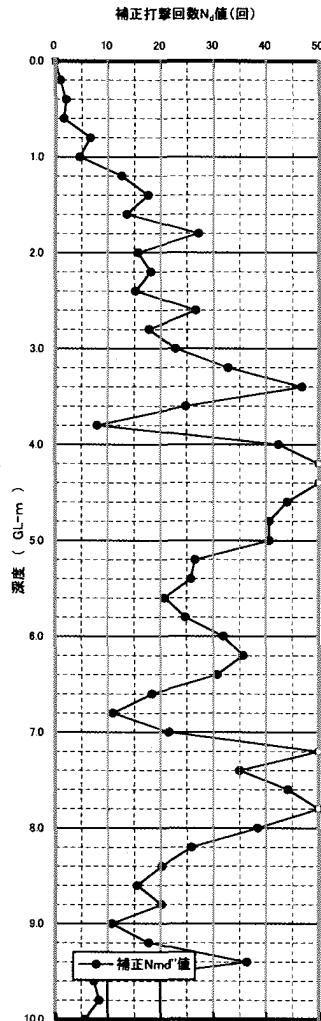
測定時の状況:

表 4.3.4 R-4

件 名:	豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会	年月日:	2005/5/12
地 点:	R-4	天 候:	晴れのち曇り
標 高:	72.99 m	地下水位:	-
測定者:	下島	記録者:	下島

測定 深度 (G.L.-m)	標 高 (m)	ロッド 本数 (本)	測定 打撃回数 N_{dm}	0.2m換算 打撃回数 N_{dm}	回転 トルク M_r (N·cm)	周面摩擦 相当 打撃回数 $N_{friction}$ =0.00041·M _r	補正 打撃回数 N_d = $N_{dm} - N_{friction}$	備考
0.20	72.79	1	1	1			1.0	
0.40	72.59	1	2	2			2.0	
0.60	72.39	1	2	2	981	0.4	1.6	
0.80	72.19	2	7	7	981	0.4	6.6	
1.00	71.99	2	5	5	981	0.4	4.6	
1.20	71.79	2	13	13	981	0.4	12.6	
1.40	71.59	2	18	18	981	0.4	17.6	
1.60	71.39	2	14	14	981	0.4	13.6	
1.80	71.19	3	28	28	1961	0.8	27.2	
2.00	70.99	3	21	21	12749	5.2	15.8	
2.20	70.79	3	21	21	6865	2.8	18.2	
2.40	70.59	3	18	18	6865	2.8	15.2	
2.60	70.39	3	29	29	5884	2.4	26.6	
2.80	70.19	4	19	19	2942	1.2	17.8	
3.00	69.99	4	24	24	2942	1.2	22.8	
3.20	69.79	4	34	34	2942	1.2	32.8	
3.40	69.59	4	48	48	2942	1.2	46.8	
3.60	69.39	4	26	26	2942	1.2	24.8	
3.80	69.19	5	10	10	4903	2.0	8.0	
4.00	68.99	5	44	44	3923	1.6	42.4	
4.20	68.79	5	102	102	3432	1.4	100.6	
4.40	68.59	5	79	79	5394	2.2	76.8	
4.60	68.39	5	46	46	4903	2.0	44.0	
4.80	68.19	6	43	43	5884	2.4	40.6	
5.00	67.99	6	42	42	3432	1.4	40.6	
5.20	67.79	6	31	31	10787	4.4	26.6	
5.40	67.59	6	31	31	12749	5.2	25.8	
5.60	67.39	6	26	26	12749	5.2	20.8	
5.80	67.19	7	30	30	12749	5.2	24.8	
6.00	66.99	7	36	36	9807	4.0	32.0	
6.20	66.79	7	40	40	10787	4.4	35.6	
6.40	66.59	7	35	35	10297	4.2	30.8	
6.60	66.39	7	23	23	11278	4.6	18.4	
6.80	66.19	8	16	16	12258	5.0	11.0	
7.00	65.99	8	26	26	10787	4.4	21.6	
7.20	65.79	8	55	55	6865	2.8	52.2	
7.40	65.59	8	38	38	7355	3.0	35.0	
7.60	65.39	8	48	48	9316	3.8	44.2	
7.80	65.19	9	55	55	7845	3.2	51.8	
8.00	64.99	9	41	41	6374	2.6	38.4	
8.20	64.79	9	29	29	7845	3.2	25.8	
8.40	64.59	9	23	23	6865	2.8	20.2	
8.60	64.39	9	18	18	5884	2.4	15.6	
8.80	64.19	10	23	23	6865	2.8	20.2	
9.00	63.99	10	14	14	7845	3.2	10.8	
9.20	63.79	10	21	21	7845	3.2	17.8	
9.40	63.59	10	42	42	13729	5.6	36.4	
9.60	63.39	10	13	13	13729	5.6	7.4	
9.80	63.19	11	11	11	6374	2.6	8.4	
10.00	62.99	11	8	8	5884	2.4	5.6	

試験地盤:
測定時の状況:



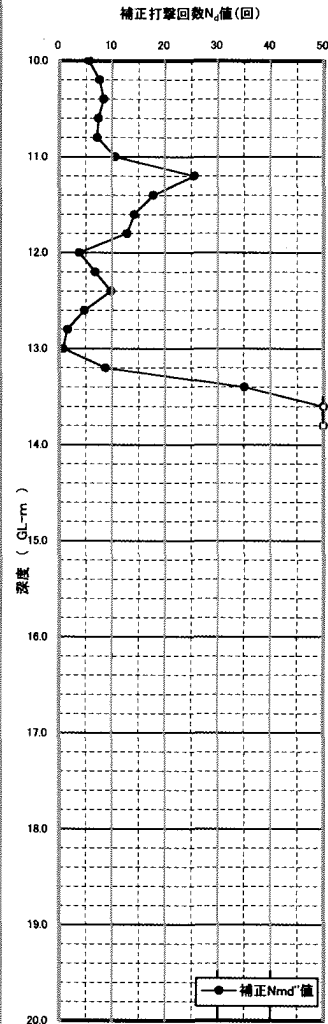
深度	修正 N_d
0	0.0
0.20	1.0
0.40	2.0
0.60	1.6
0.80	6.6
1.00	4.6
1.20	12.6
1.40	17.6
1.60	13.6
1.80	27.2
2.00	15.8
2.20	18.2
2.40	15.2
2.60	26.6
2.80	17.8
3.00	22.8
3.20	32.8
3.40	46.8
3.60	24.8
3.80	8.0
4.00	42.4
4.20	50.0
4.40	50.0
4.60	44.0
4.80	40.6
5.00	40.6
5.20	26.6
5.40	25.8
5.60	20.8
5.80	24.8
6.00	32.0
6.20	35.6
6.40	30.8
6.60	18.4
6.80	11.0
7.00	21.6
7.20	50.0
7.40	35.0
7.60	44.2
7.80	50.0
8.00	38.4
8.20	25.8
8.40	20.2
8.60	15.6
8.80	20.2
9.00	10.8
9.20	17.8
9.40	36.4
9.60	7.4
9.80	8.4
10.00	5.6

Automatic Ram Sound 貫入試験記録表

件名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会
地点: R-4
標高: 72.99 m

年月日: 2005/5/12
天候: 晴れのち曇り
地下水位:
測定者: 下島 記録者: 下島

測定 深度 (G.L.-m)	標高 (m)	ロッド 本数 (本)	測定 打撃回数 N_{dm}	0.2m換算 打撃回数 N_{dm}	回転 トルク M_v (N·cm)	周面摩擦 相当 打撃回数 $N_{particle}$ $=0.00041 \cdot M_v$	補正 打撃回数 N_d $=N_{dm} - N_{particle}$	備考
10.20	62.79	11	10	10	5884	2.4	7.6	
10.40	62.59	11	11	11	6374	2.6	8.4	
10.60	62.39	11	10	10	6374	2.6	7.4	
10.80	62.19	12	10	10	6865	2.8	7.2	
11.00	61.99	12	13	13	5884	2.4	10.6	
11.20	61.79	12	28	28	5884	2.4	25.6	
11.40	61.59	12	21	21	7845	3.2	17.8	
11.60	61.39	12	17	17	6865	2.8	14.2	
11.80	61.19	13	16	16	7845	3.2	12.8	
12.00	60.99	13	7	7	7845	3.2	3.8	
12.20	60.79	13	10	10	7845	3.2	6.8	
12.40	60.59	13	13	13	7845	3.2	9.8	
12.60	60.39	13	8	8	7845	3.2	4.8	
12.80	60.19	14	4	4	5884	2.4	1.6	
13.00	59.99	14	4	4	7845	3.2	0.8	
13.20	59.79	14	12	12	7845	3.2	8.8	
13.40	59.59	14	38	38	7355	3.0	35.0	
13.60	59.39	14	68	68	7845	3.2	64.8	
13.80	59.19	15	101	101	7845	3.2	97.8	貫入不能

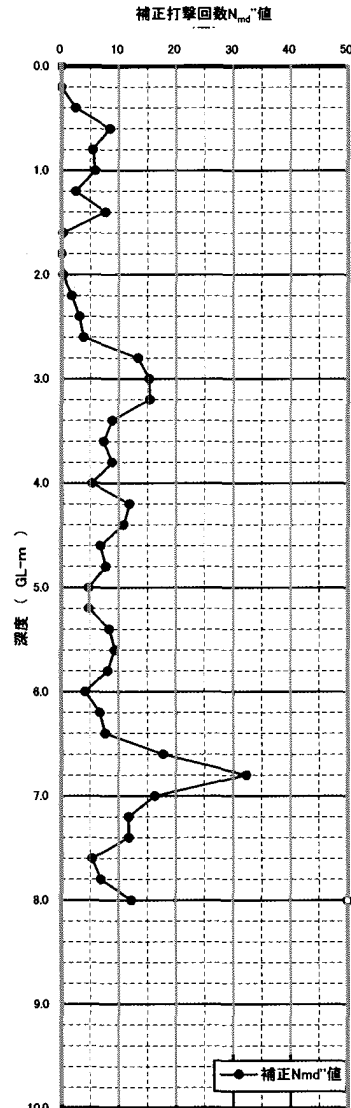


深度	修正 N_d
10.00	5.6
10.20	7.6
10.40	8.4
10.60	7.4
10.80	7.2
11.00	10.6
11.20	25.6
11.40	17.8
11.60	14.2
11.80	12.8
12.00	3.8
12.20	6.8
12.40	9.8
12.60	4.8
12.80	1.6
13.00	0.8
13.20	8.8
13.40	35.0
13.60	50.0
13.80	50.0

試験地盤:
測定時の状況:

表 4.3.5 Rm-1

Automatic mini-Ram.Sound (ミニラム) 貫入試験記録表									
件 名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会					年 月 日: 2005/5/10				
地 点: Rm-1					天 候: 晴れ				
標 高: 57.80 m					地下水位: -				
					測定者: 千野 記録者: 千野				
測定 深度 (G.L.-m)	標 高 (m)	ロッド 本数 (本)	測定 打撃回数 N_{md}	エネルギー 補正回数 N_{md}' ($=N_{md}/2$)	回転 トルク M_r (N·cm)	周面摩擦 相当 打撃回数 N_{msc} $=0.00162 \cdot M_r$	補正 打撃回数 N_{md}'' $=N_{md}' - N_{msc}$	備考	
0.20	57.60	1	1	0.5	981	1.6	0.0		
0.40	57.40	1	8	4.0	981	1.6	2.4		
0.60	57.20	2	20	10.0	981	1.6	8.4		
0.80	57.00	2	14	7.0	981	1.6	5.4		
1.00	56.80	2	15	7.5	981	1.6	5.9		
1.20	56.60	2	16	8.0	3432	5.5	2.5		
1.40	56.40	2	17	8.5	490	0.8	7.7		
1.60	56.20	3	10	5.0	2942	4.7	0.3		
1.80	56.00	3	6	3.0	3923	6.3	0.0		
2.00	55.80	3	13	6.5	3923	6.3	0.2		
2.20	55.60	3	13	6.5	2942	4.7	1.8		
2.40	55.40	3	11	5.5	1471	2.4	3.1		
2.60	55.20	4	14	7.0	1961	3.1	3.9		
2.80	55.00	4	33	16.5	1961	3.1	13.4		
3.00	54.80	4	40	20.0	2942	4.7	15.3		
3.20	54.60	4	37	18.5	1961	3.1	15.4		
3.40	54.40	4	21	10.5	981	1.6	8.9		
3.60	54.20	5	18	9.0	981	1.6	7.4		
3.80	54.00	5	24	12.0	1961	3.1	8.9		
4.00	53.80	5	17	8.5	1961	3.1	5.4		
4.20	53.60	5	30	15.0	1961	3.1	11.9		
4.40	53.40	5	28	14.0	1961	3.1	10.9		
4.60	53.20	6	20	10.0	1961	3.1	6.9		
4.80	53.00	6	25	12.5	2942	4.7	7.8		
5.00	52.80	6	19	9.5	2942	4.7	4.8		
5.20	52.60	6	19	9.5	2942	4.7	4.8		
5.40	52.40	6	23	11.5	1961	3.1	8.4		
5.60	52.20	7	25	12.5	1961	3.1	9.4		
5.80	52.00	7	32	16.0	4903	7.8	8.2		
6.00	51.80	7	24	12.0	4903	7.8	4.2		
6.20	51.60	7	26	13.0	3923	6.3	6.7		
6.40	51.40	7	31	15.5	4903	7.8	7.7		
6.60	51.20	8	45	22.5	2942	4.7	17.8		
6.80	51.00	8	71	35.5	1961	3.1	32.4		
7.00	50.80	8	39	19.5	1961	3.1	16.4		
7.20	50.60	8	33	16.5	2942	4.7	11.8		
7.40	50.40	8	33	16.5	2942	4.7	11.8		
7.60	50.20	9	17	8.5	1961	3.1	5.4		
7.80	50.00	9	20	10.0	1961	3.1	6.9		
8.00	49.80	9	34	17.0	2942	4.7	12.3		
8.00	49.80	9	150		3923	6.3	-	貫入不能	



深度	修正 N_d
0	0.0
0.20	0.0
0.40	2.4
0.60	8.4
0.80	5.4
1.00	5.9
1.20	2.5
1.40	7.7
1.60	0.3
1.80	0.0
2.00	0.2
2.20	1.8
2.40	3.1
2.60	3.9
2.80	13.4
3.00	15.3
3.20	15.4
3.40	8.9
3.60	7.4
3.80	8.9
4.00	5.4
4.20	11.9
4.40	10.9
4.60	6.9
4.80	7.8
5.00	4.8
5.20	4.8
5.40	8.4
5.60	9.4
5.80	8.2
6.00	4.2
6.20	6.7
6.40	7.7
6.60	17.8
6.80	32.4
7.00	16.4
7.20	11.8
7.40	11.8
7.60	5.4
7.80	6.9
8.00	12.3
8.00	50.0

試験地盤:
測定時の状況:

表 4.3.6 Rm-2

Automatic.mini-Ram.Sound.(ミニラム) 貫入試験記録表

件 名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

年 月 日: 2000/05/12

地 点: Rm-2

天 候: 晴れのち雨

標 高: 57.93 m

地下水位: -

測定者: 千野

記録者: 千野

測定 深度	標 高	ロッド 本数	測定 打撃回数	エネルギー 補正回数	回転 トルク	周面摩擦 相当 打撃回数	補正 打撃回数	備考
(G.L.-m)	(m)	(本)	N_{md}	N_{md}' ($=N_{md}/2$)	M_v (N·cm)	N_{mantle} ($=0.00162 \cdot M_v$)	N_{md}'' ($=N_{md} - N_{mantle}$)	
0.20	57.73	1	3	1.5			1.5	
0.40	57.53	1	3	1.5		0	1.5	
0.60	57.33	2	4	2.0		0	2.0	
0.80	57.13	2	4	2.0			2.0	
1.00	56.93	2	8	4.0			4.0	
1.20	56.73	2	5	2.5			2.5	
1.40	56.53	2	11	5.5	1373	2.2	3.3	
1.60	56.33	3	16	8.0	981	1.6	6.4	
1.80	56.13	3	20	10.0	981	1.6	8.4	
2.00	55.93	3	21	10.5	981	1.6	8.9	
2.20	55.73	3	19	9.5	981	1.6	7.9	
2.40	55.53	3	29	14.5	1569	2.5	12.0	
2.60	55.33	4	37	18.5	1373	2.2	16.3	
2.80	55.13	4	51	25.5	1177	1.9	23.6	
3.00	54.93	4	36	18.0	3923	6.3	11.7	
3.20	54.73	4	32	16.0	1961	3.1	12.9	
3.40	54.53	4	34	17.0	2157	3.5	13.5	
3.60	54.33	5	29	14.5	1961	3.1	11.4	
3.80	54.13	5	22	11.0	3138	5.0	6.0	
4.00	53.93	5	27	13.5	2942	4.7	8.8	
4.20	53.73	5	14	7.0	2354	3.8	3.2	
4.40	53.53	5	17	8.5	2550	4.1	4.4	
4.60	53.33	6	18	9.0	4511	7.2	1.8	
4.80	53.13	6	18	9.0	3727	6.0	3.0	
5.00	52.93	6	27	13.5	2942	4.7	8.8	
5.20	52.73	6	20	10.0	2354	3.8	6.2	
5.40	52.53	6	20	10.0	3923	6.3	3.7	
5.60	52.33	7	24	12.0	3923	6.3	5.7	
5.80	52.13	7	28	14.0	3334	5.3	8.7	
6.00	51.93	7	20	10.0	3727	6.0	4.0	
6.20	51.73	7	20	10.0	3334	5.3	4.7	
6.40	51.53	7	35	17.5	7061	11.3	6.2	
6.60	51.33	8	26	13.0	6276	10.0	3.0	
6.80	51.13	8	23	11.5	3923	6.3	5.2	
7.00	50.93	8	26	13.0	3923	6.3	6.7	
7.20	50.73	8	18	9.0	2942	4.7	4.3	
7.40	50.53	8	16	8.0	4119	6.6	1.4	
7.60	50.33	9	17	8.5	2942	4.7	3.8	
7.80	50.13	9	13	6.5	3138	5.0	1.5	
8.00	49.93	9	11	5.5	3138	5.0	0.5	
8.20	49.73	9	10	5.0	4707	7.5	0.0	
8.40	49.53	9	11	5.5	3727	6.0	0.0	
8.60	49.33	10	28	14.0	4903	7.8	6.2	
8.80	49.13	10	12	6.0	4707	7.5	0.0	
9.00	48.93	10	13	6.5	3530	5.6	0.9	
9.20	48.73	10	11	5.5	3923	6.3	0.0	
9.40	48.53	10	8	4.0	3923	6.3	0.0	
9.60	48.33	11	16	8.0	4903	7.8	0.2	
9.80	48.13	11	13	6.5	3530	5.6	0.9	
10.00	47.93	11	14	7.0	3530	5.6	1.4	

補正打撃回数 N_{md}'' 値

補正 N_{md}'' 値

深度 (G.L.-m)	補正 N_{md}'' 値
0.20	1.5
0.40	1.5
0.60	2.0
0.80	2.0
1.00	4.0
1.20	2.5
1.40	3.3
1.60	6.4
1.80	8.4
2.00	8.9
2.20	7.9
2.40	12.0
2.60	16.3
2.80	23.6
3.00	11.7
3.20	12.9
3.40	13.5
3.60	11.4
3.80	6.0
4.00	8.8
4.20	3.2
4.40	4.4
4.60	1.8
4.80	3.0
5.00	8.8
5.20	6.2
5.40	3.7
5.60	5.7
5.80	8.7
6.00	4.0
6.20	4.7
6.40	6.2
6.60	3.0
6.80	5.2
7.00	6.7
7.20	4.3
7.40	1.4
7.60	3.8
7.80	1.5
8.00	0.5
8.20	0.0
8.40	0.0
8.60	6.2
8.80	0.0
9.00	0.9
9.20	0.0
9.40	0.0
9.60	0.2
9.80	0.9
10.00	1.4

試験地盤:

測定時の状況:

Automatic.mini-Ram.Sound.(ミニラム)貫入試験記録表

件 名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

年月日:20005/05/12

天 候:晴れのち雨

地 点: Rm-2

地下水位:-

標高:	57.93	m
-----	-------	---

測定者: 千野 記録者: 千野

[illegible]

試驗地盤：

測定時の状況:

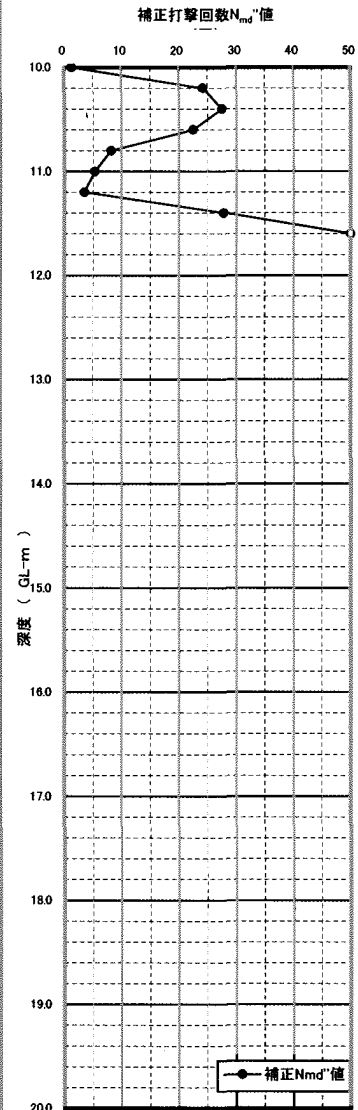
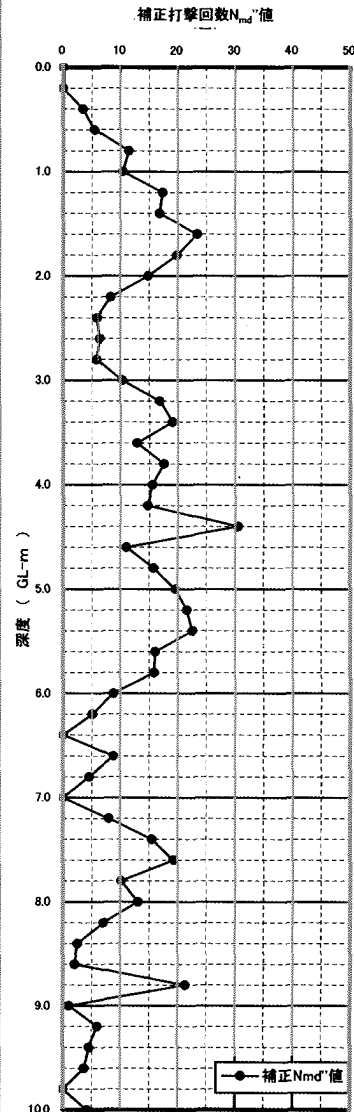
[illegible]

表 4.3.7 Rm-3

Automatic mini-Ram.Sound.(ミニラム) 貫入試験記録表									
件 名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会					年 月 日: 2005/5/11				
地 点: Rm-3					天 候: 晴れ				
標 高: 57.83 m					地下水位: -				
					測定者: 千野 記録者: 千野				
測定 深度 (G.L.-m)	標 高 (m)	ロッド 本数 (本)	測定 打撃回数 N_{md}	エネルギー 補正回数 N_{md}' ($=N_{md}/2$)	回転 トルク M_v (N·cm)	周面摩擦 相当 打撃回数 N_{mantle} $=0.00152 \cdot M_v$	補正 打撃回数 N_{md}'' $=N_{md}-N_{mantle}$	備考	
0.20	57.63	1	-	0.0	0	0	0.0		
0.40	57.43	1	7	3.5	0	0	3.5		
0.60	57.23	2	11	5.5	0	0	5.5		
0.80	57.03	2	26	13.0	981	1.6	11.4		
1.00	56.83	2	24	12.0	981	1.6	10.4		
1.20	56.63	2	41	20.5	1961	3.1	17.4		
1.40	56.43	2	40	20.0	1961	3.1	16.9		
1.60	56.23	3	53	26.5	1961	3.1	23.4		
1.80	56.03	3	46	23.0	1961	3.1	19.9		
2.00	55.83	3	36	18.0	1961	3.1	14.9		
2.20	55.63	3	23	11.5	1961	3.1	8.4		
2.40	55.43	3	18	9.0	1961	3.1	5.9		
2.60	55.23	4	19	9.5	1961	3.1	6.4		
2.80	55.03	4	18	9.0	1961	3.1	5.9		
3.00	54.83	4	27	13.5	1961	3.1	10.4		
3.20	54.63	4	40	20.0	1961	3.1	16.9		
3.40	54.43	4	46	23.0	2452	3.9	19.1		
3.60	54.23	5	32	16.0	1961	3.1	12.9		
3.80	54.03	5	43	21.5	2452	3.9	17.6		
4.00	53.83	5	61	30.5	9316	14.9	15.6		
4.20	53.63	5	42	21.0	3923	6.3	14.7		
4.40	53.43	5	72	36.0	3432	5.5	30.5		
4.60	53.23	6	30	15.0	2452	3.9	11.1		
4.80	53.03	6	41	20.5	2942	4.7	15.8		
5.00	52.83	6	47	23.5	2452	3.9	19.6		
5.20	52.63	6	51	25.5	2452	3.9	21.6		
5.40	52.43	6	75	37.5	9316	14.9	22.6		
5.60	52.23	7	51	25.5	5884	9.4	16.1		
5.80	52.03	7	57	28.5	7845	12.6	15.9		
6.00	51.83	7	38	19.0	6374	10.2	8.8		
6.20	51.63	7	29	14.5	5884	9.4	5.1		
6.40	51.43	7	30	15.0	9316	14.9	0.1		
6.60	51.23	8	46	23.0	8826	14.1	8.9		
6.80	51.03	8	31	15.5	6865	11.0	4.5		
7.00	50.83	8	15	7.5	5884	9.4	0.0		
7.20	50.63	8	38	19.0	6865	11.0	8.0		
7.40	50.43	8	53	26.5	6865	11.0	15.5		
7.60	50.23	9	59	29.5	6374	10.2	19.3		
7.80	50.03	9	36	18.0	4903	7.8	10.2		
8.00	49.83	9	45	22.5	5884	9.4	13.1		
8.20	49.63	9	33	16.5	5884	9.4	7.1		
8.40	49.43	9	24	12.0	5884	9.4	2.6		
8.60	49.23	10	26	13.0	6865	11.0	2.0		
8.80	49.03	10	63	31.5	6374	10.2	21.3		
9.00	48.83	10	21	10.5	5884	9.4	1.1		
9.20	48.63	10	34	17.0	6865	11.0	6.0		
9.40	48.43	10	31	15.5	6865	11.0	4.5		
9.60	48.23	11	23	11.5	4903	7.8	3.7		
9.80	48.03	11	15	7.5	6374	10.2	0.0		
10.00	47.83	11	24	12.0	4903	7.8	4.2		

試験地盤:

測定時の状況:



深度	修正 N_d
0	0.0
0.20	0.0
0.40	3.5
0.60	5.5
0.80	11.4
1.00	10.4
1.20	17.4
1.40	16.9
1.60	23.4
1.80	19.9
2.00	14.9
2.20	8.4
2.40	5.9
2.60	6.4
2.80	5.9
3.00	10.4
3.20	16.9
3.40	19.1
3.60	12.9
3.80	17.6
4.00	15.6
4.20	14.7
4.40	30.5
4.60	11.1
4.80	15.8
5.00	19.6
5.20	21.6
5.40	22.6
5.60	16.1
5.80	15.9
6.00	8.8
6.20	5.1
6.40	0.1
6.60	8.9
6.80	4.5
7.00	0.0
7.20	8.0
7.40	15.5
7.60	19.3
7.80	10.2
8.00	13.1
8.20	7.1
8.40	2.6
8.60	2.0
8.80	21.3
9.00	1.1
9.20	6.0
9.40	4.5
9.60	3.7
9.80	0.0
10.00	4.2

Automatic.mini-Ram.Sound.(ミニラム) 買入試験記録表

件 名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

年月日:2005/5/11

天 候:晴れ

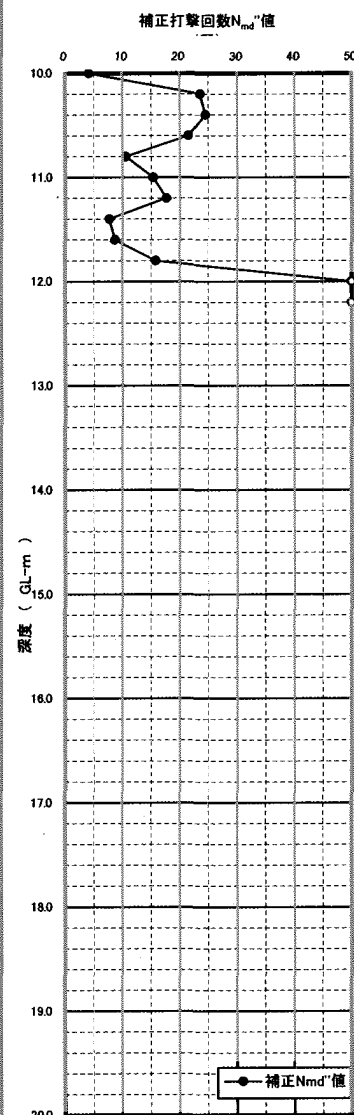
地点: Rm-3

地下水位:-

標高:	57.83	m
-----	-------	---

測定者：千

記錄者：千野

[illegible][illegible]

試驗地盤：

測定時の状況:

各地点のサウンディング試験から各点での岩盤までの深さを計測することができた。また、ボーリング地点での標準貫入試験での N 値との比較や、表面波探査の結果と照らし合わせることで急傾斜地の断面図や横断図の推定を行った。なお、断面図および横断図はこの章の最後に記載する。

4.4. PS 検層等による弾性波速度の推定

(1) ボーリング孔を利用したダウンホール試験

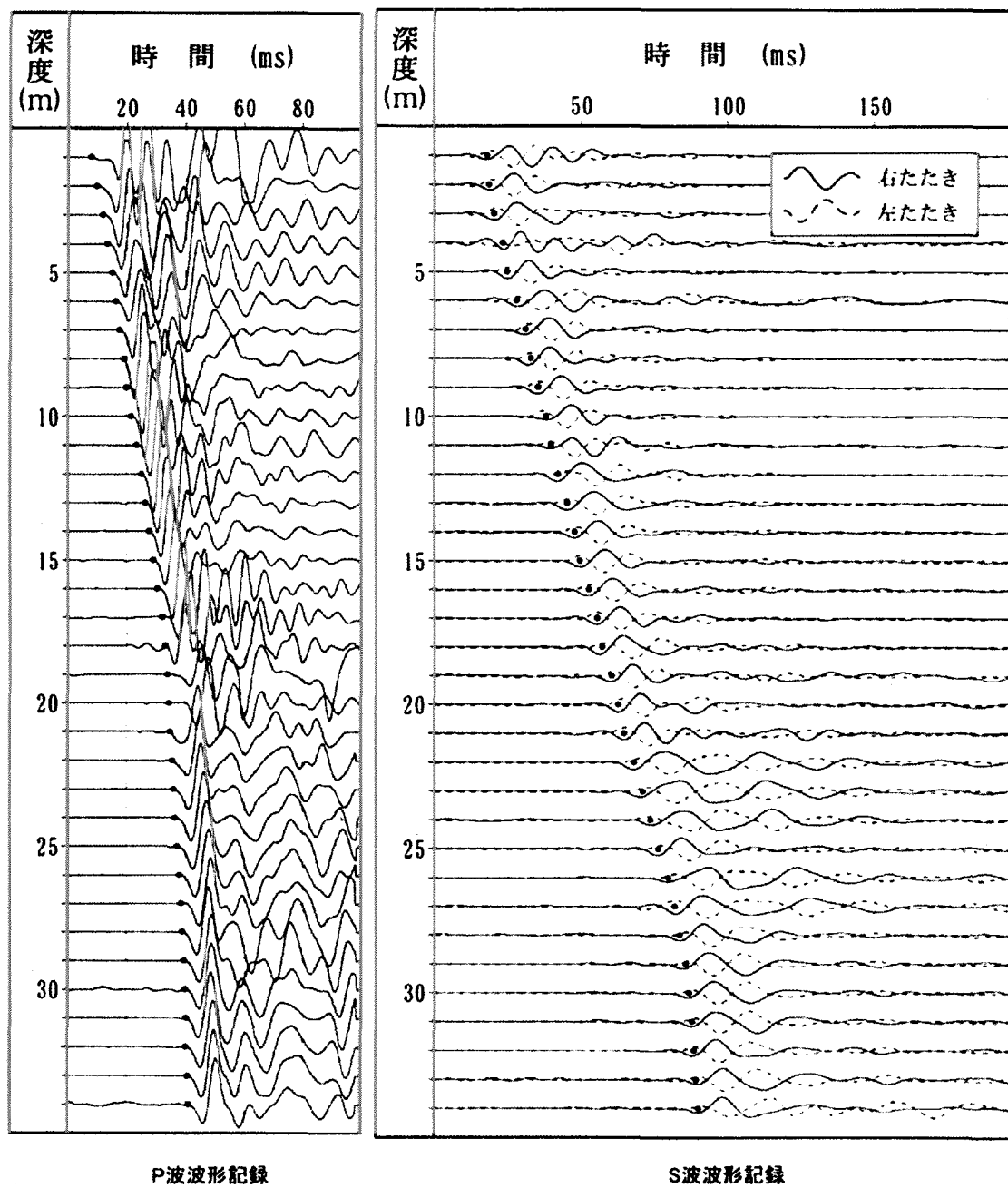


図 4.4.1 PS 検層波形記録

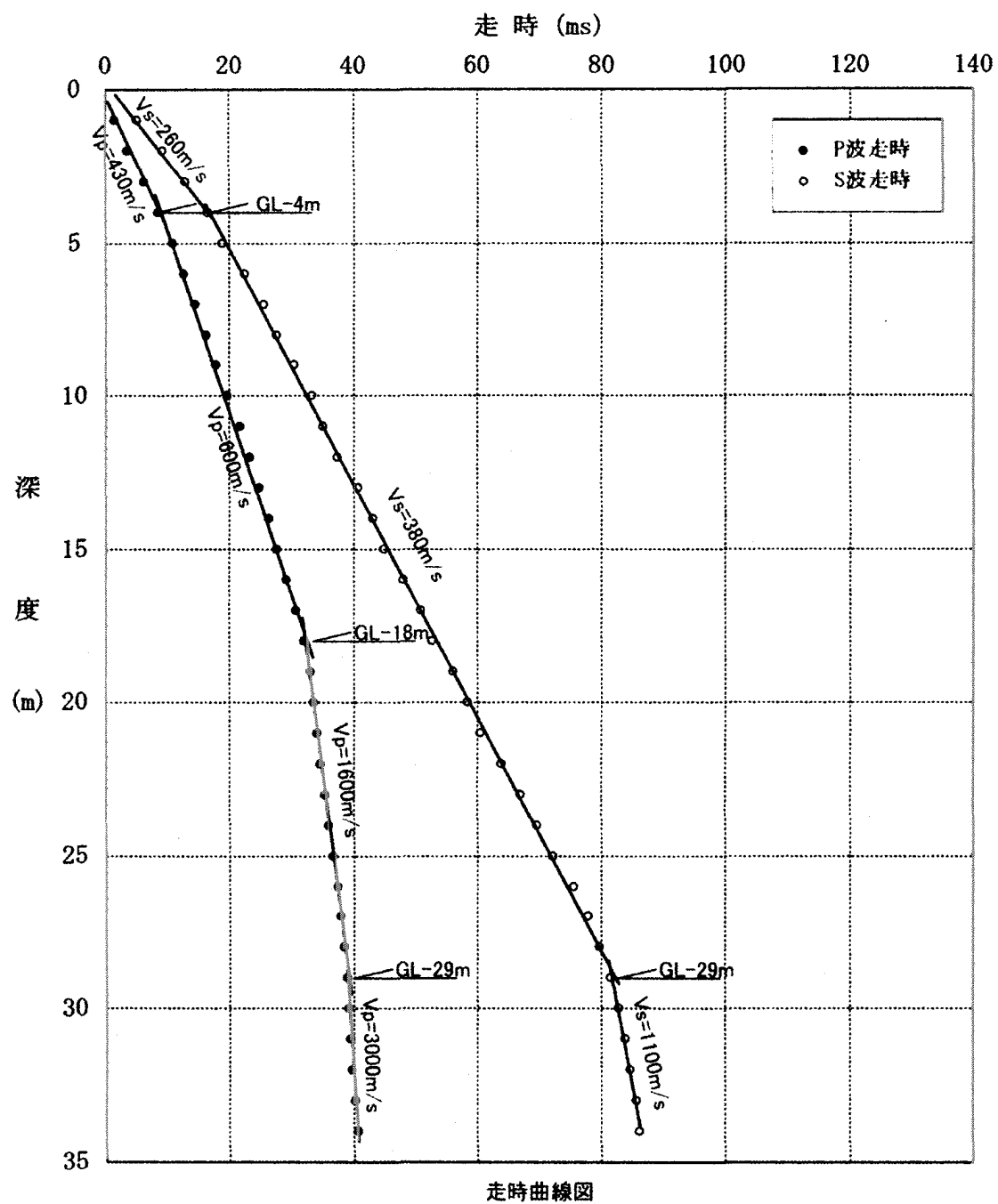
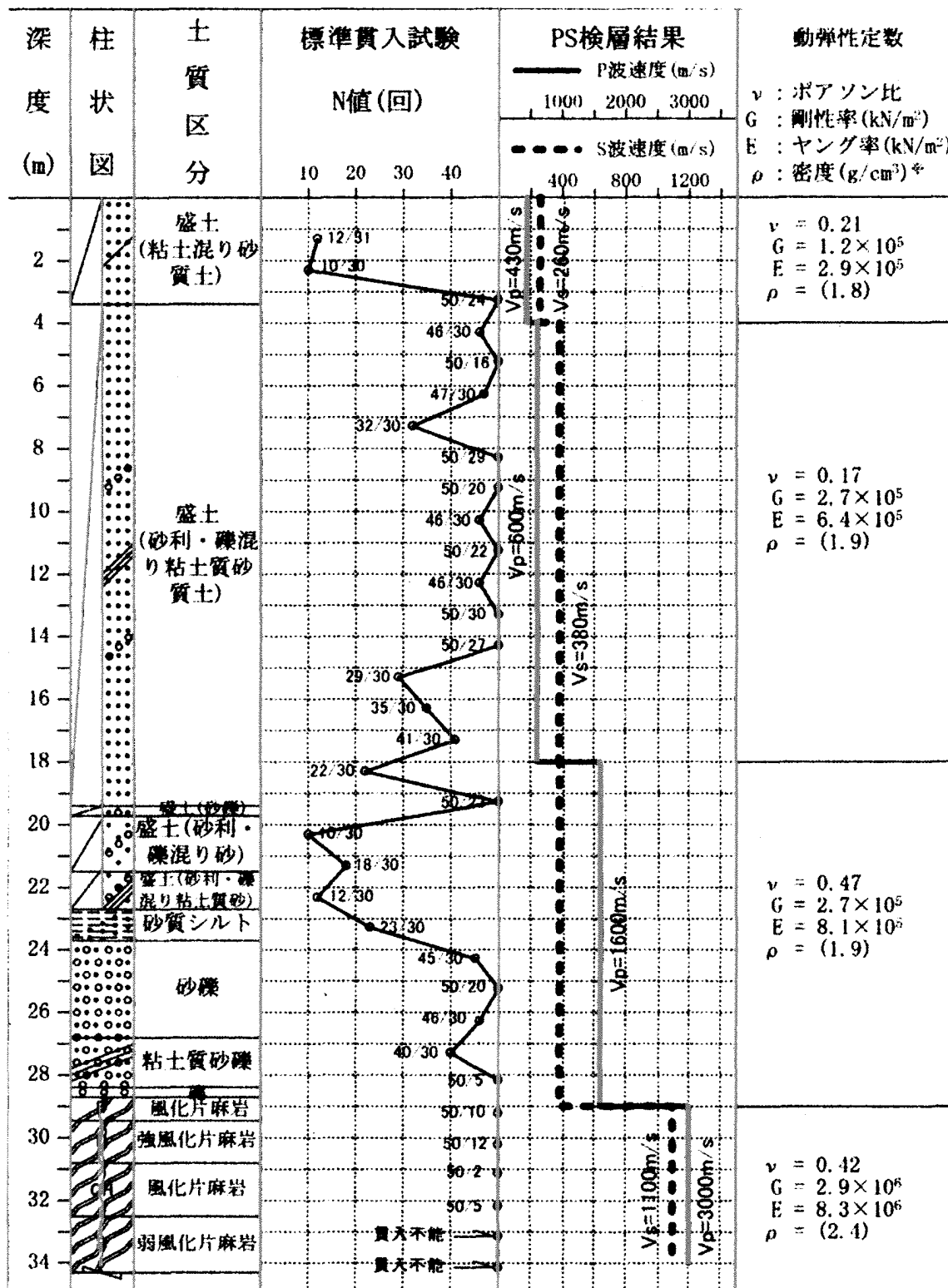


図 4.4.2 PS 検層走時曲線図



※密度はサンプル状況などからの推定

図 4.4.3 PS 検層 総合柱状図

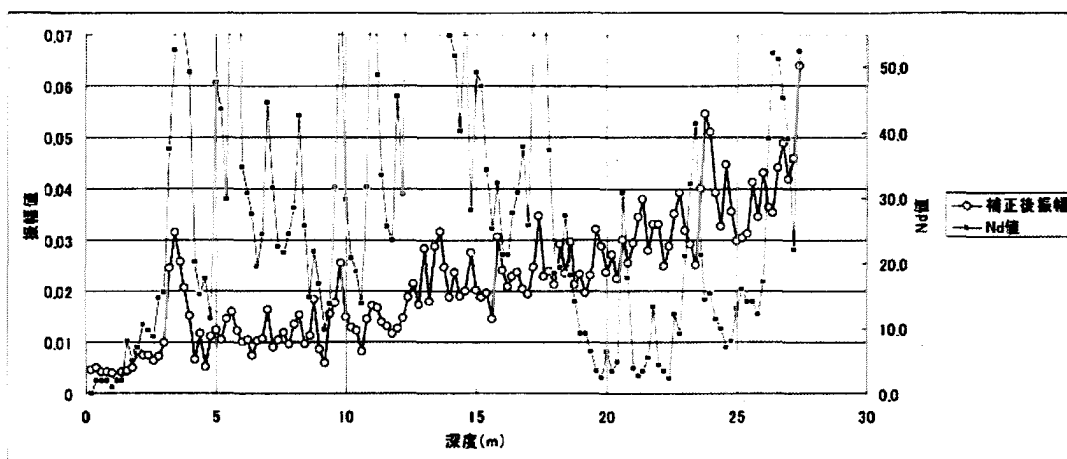
PS 検層の結果から各層でのポアソン比を推測することができた。地盤の挙動を調べる際にポアソン比があるととても便利であるため、今回の結果は今後の振動解析等には重要である。

P 波 S 波のそれぞれの結果は、P 波は深度約 4m までは $V_p=430\text{m/s}$ で、4m から $V_p=600\text{m/s}$ となる。この 4m までは盛土の表層部分の比較的柔らかい層を示し、4m から下は盛土中の層の厚くよく締まった層の部分を示している。そこから急に $V_p=1600\text{m/s}$ になるが、これは地下水位のため V_p が 1500m/s 以上に上昇した。そして深度が 29m から $V_p=3000\text{m/s}$ となり、岩盤に到達したことを示す。

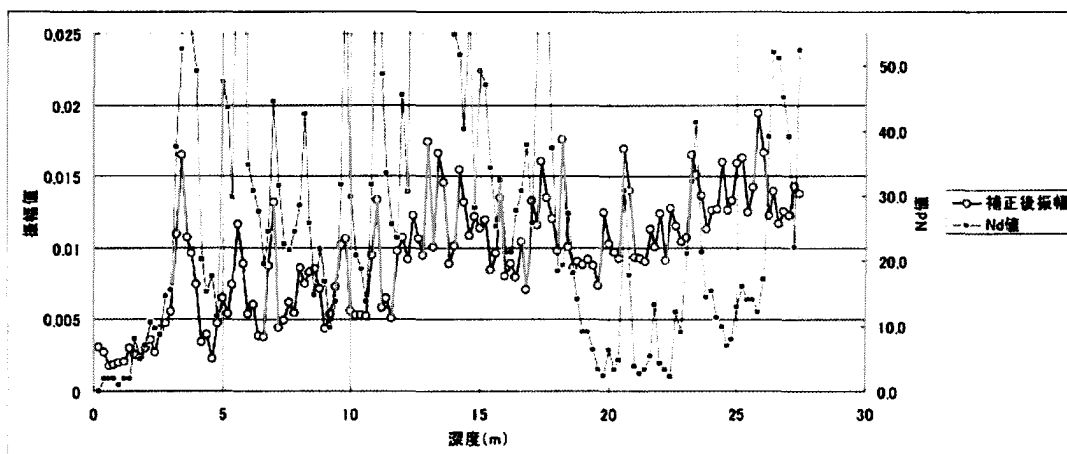
S 波は深度 4m まで $V_s=260\text{m/s}$ で、4m から 29m まで $V_s=380\text{m/s}$ となっている。P 波と違い地下水位のある深度でも速度に変化は見られないが、岩盤となる深度 29m 以下は $V_s=1100\text{m/s}$ となる。

V_p との速度の違いはあるものの地質の変化によって速度が変化している。ボーリングの柱状図の各層の変化とは若干の差は見られるものの、許容範囲内であると考えられる。この結果から、表面波探査での S 波速度の測定によってある程度の地質構造を把握することができるということが確かめられた。

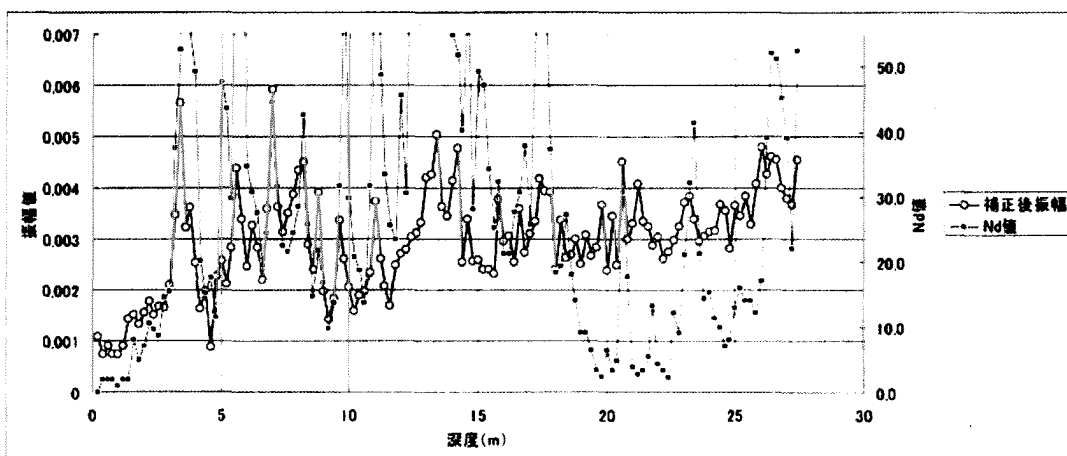
(2) ミニラムを利用したアップホール試験

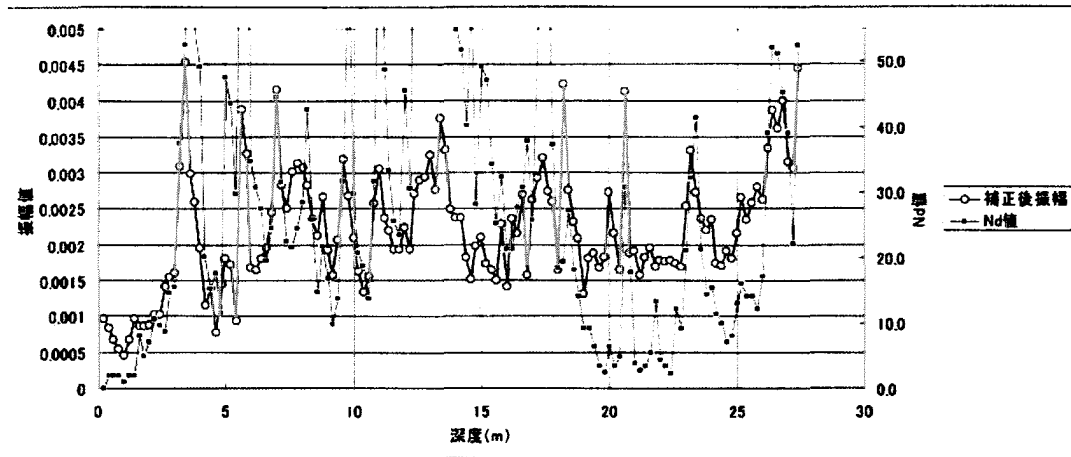


オフセット 10 m

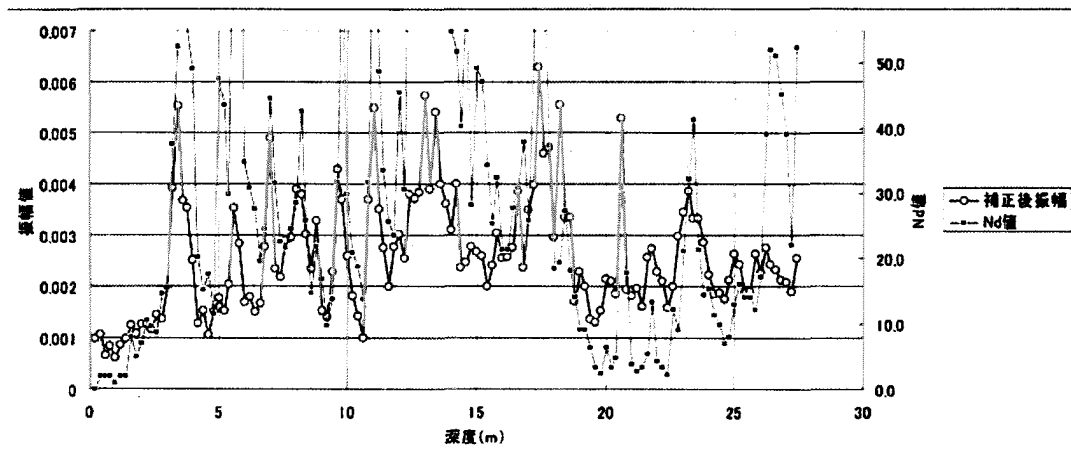


オフセット 15 m

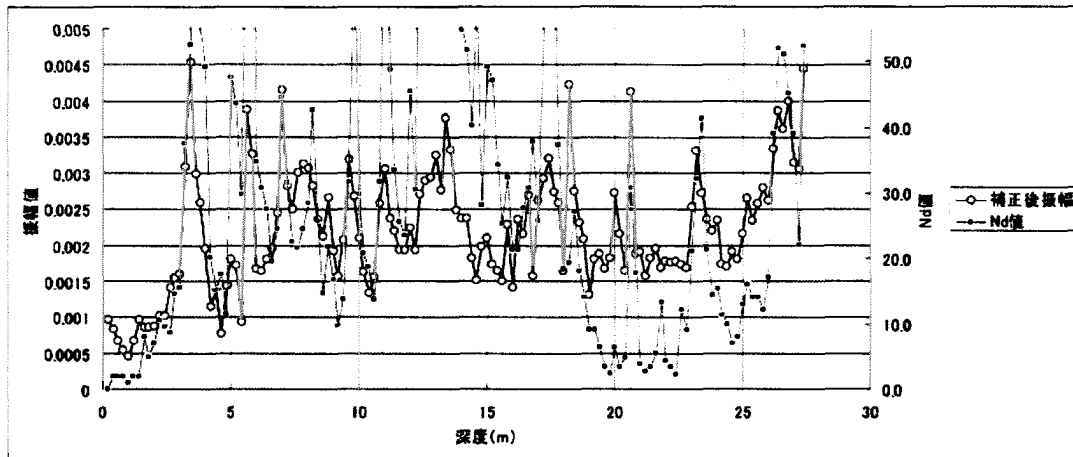




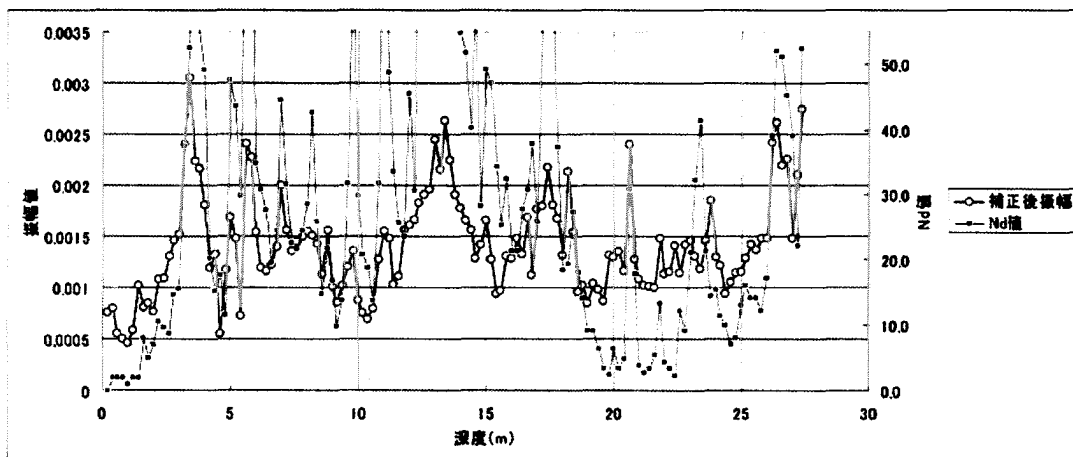
オフセット 25 m



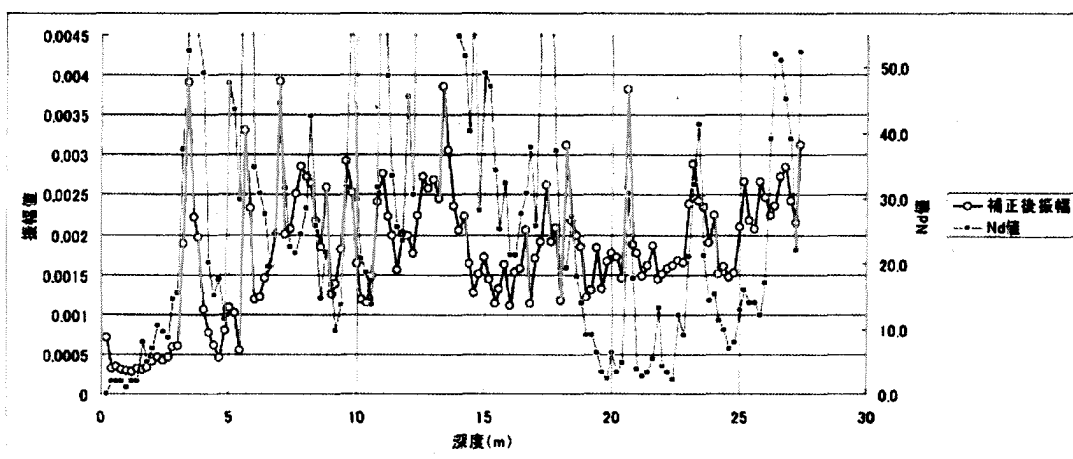
オフセット 30 m



オフセット25m (全周波数)



オフセット25m (5~80HZ)



オフセット25m (80~300Hz)

図 4.4.4 PS 検層アップホールオフセット図

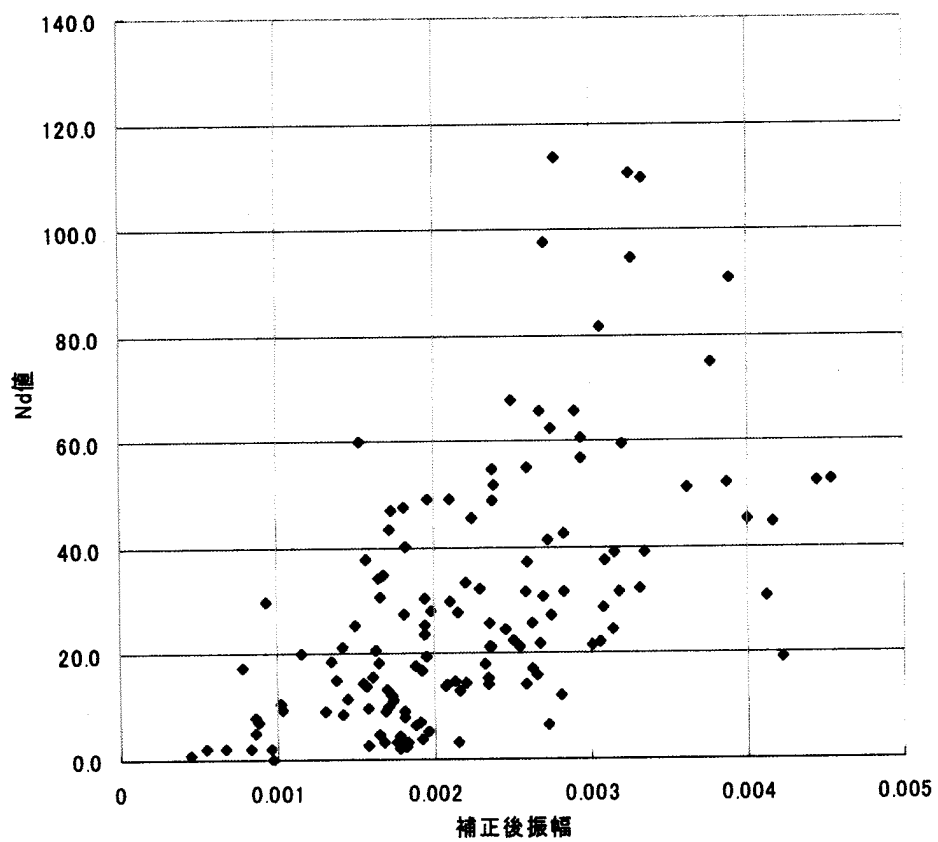


図 4.4.5 オフセット 25m地点における補正後振幅と Nd 値の関係

4.5. 水位観測による地下水位の推定

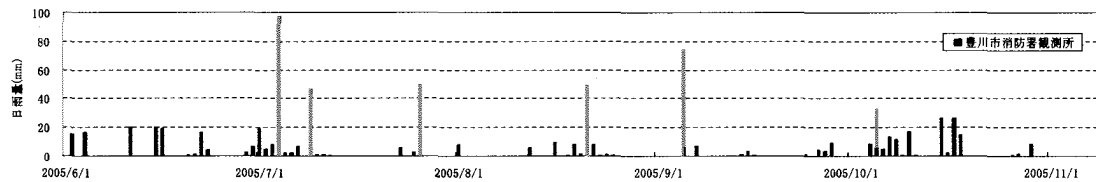


図 4.5.1 御油団地降水量

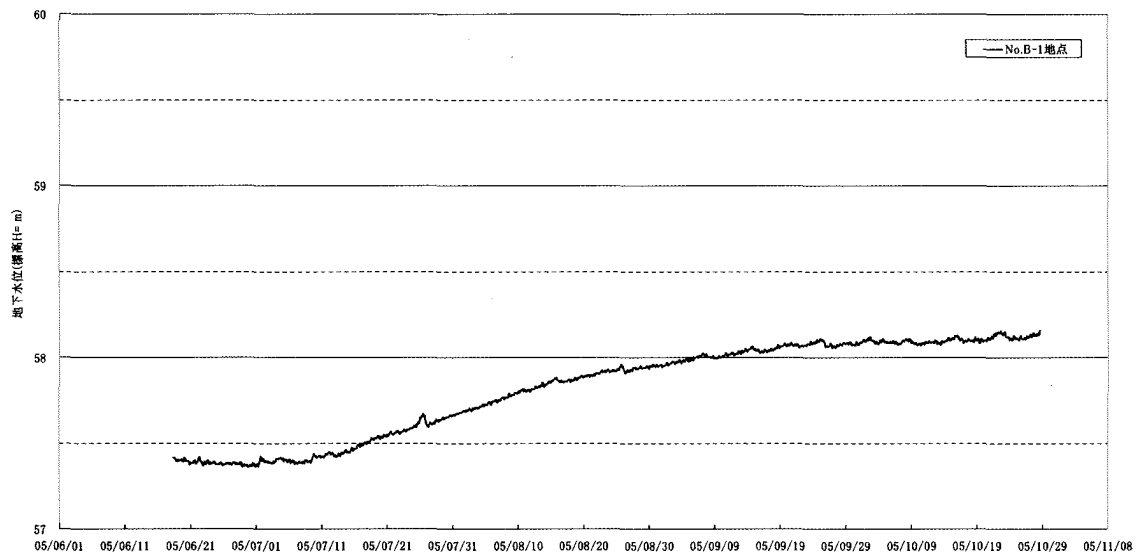


図 4.5.2 御油団地下水位

御油団地の急斜面地における地下水位の推移は図 4.5.2 のようになっている。7 月頃から水位が上昇してきているが、これは 7 月の頭に多い雨量が観測され、その雨がその後斜面に流れてきたものと考えられる。この 7 月の雨以外にも 3 度ほど多い雨量が観測されているが、地下水位はそのときそのときで上昇することなく、なだらかに水位は上昇している。このことから、この斜面は雨が降った後その雨がすぐに地下水となって斜面に流れてくることはないと考えられる。

現在の水位は約 58.2m でほぼ一定となっている。今後も計測を続けていくの

で、長期的な水位の変化からこの斜面の水位の挙動を把握したい。なお、第 5 章で行う斜面の安定解析における地下水位はこの 58m を用いた。

4.6. 残留変位計測の結果

調査件名：豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

ボーリング番号：01-

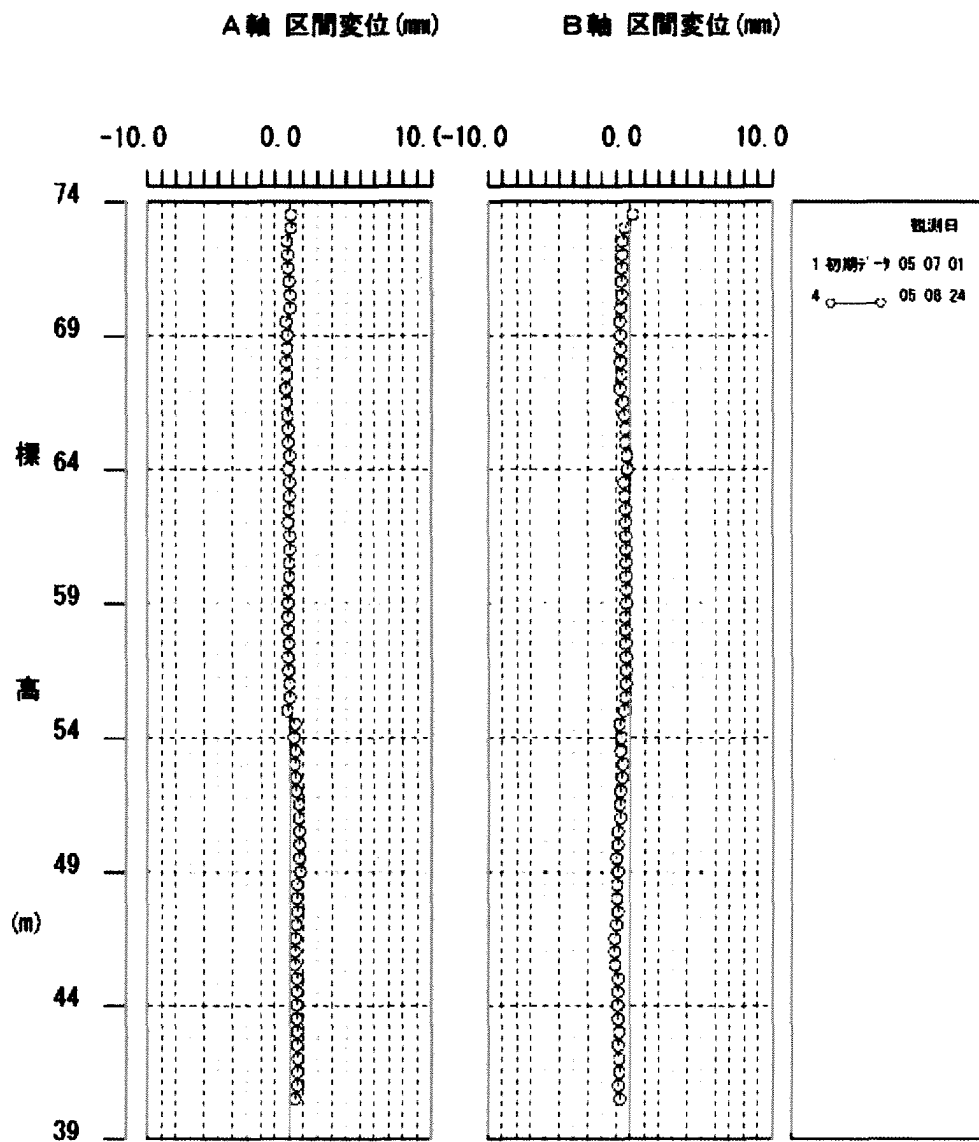


図 4.6.1 区間変位グラフ

調査件名: 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

ボーリング番号: 01-

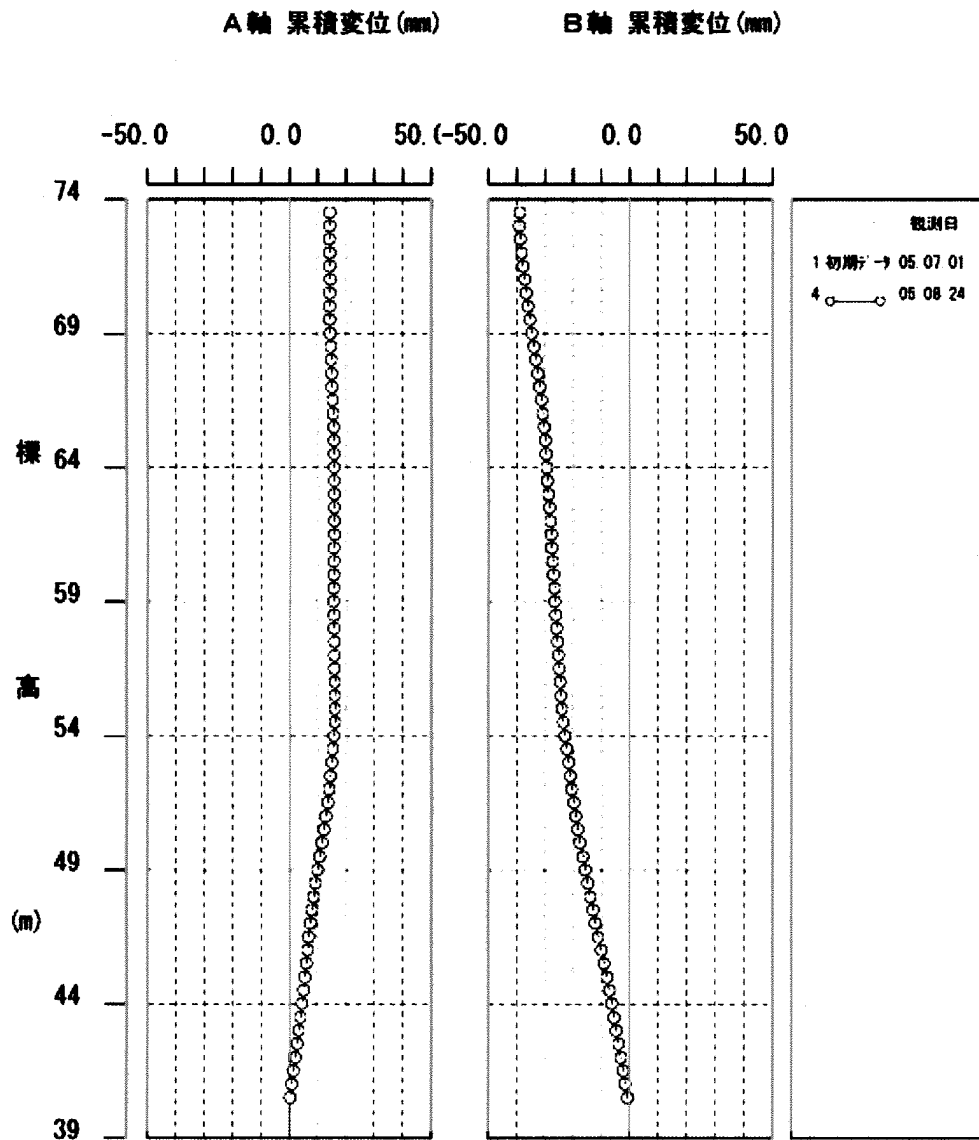


図 4.6.2 累計変位グラフ

残留変位計測の結果をみると初期値に比べてボーリング孔が8月24日までで最大、A軸（斜面方向）に約20mm近く、B軸斜（面方向からみて右方向）に約40mmの変位が観測された。区間変位を見ると、A軸方向では標高約55m地点で変位が見られた。これは斜面の地質でいうと旧地表面の上の盛土層であるB3層である。この層は地下水位下にある層で、N値も約13と柔らかい地層となっている。また、B軸方向の区間変位では標高約46mで一番変位が大きくなっている。ここは地質でいうと旧地表面となる。

以上の結果からN値の比較的低い地層であるB3や旧地表面のこの地層から最初に変化が起こる可能性が高いと考えられる。今後の変位の結果も考慮しながらもその点に注意するべきである。

4.7. 主要地質断面の推定

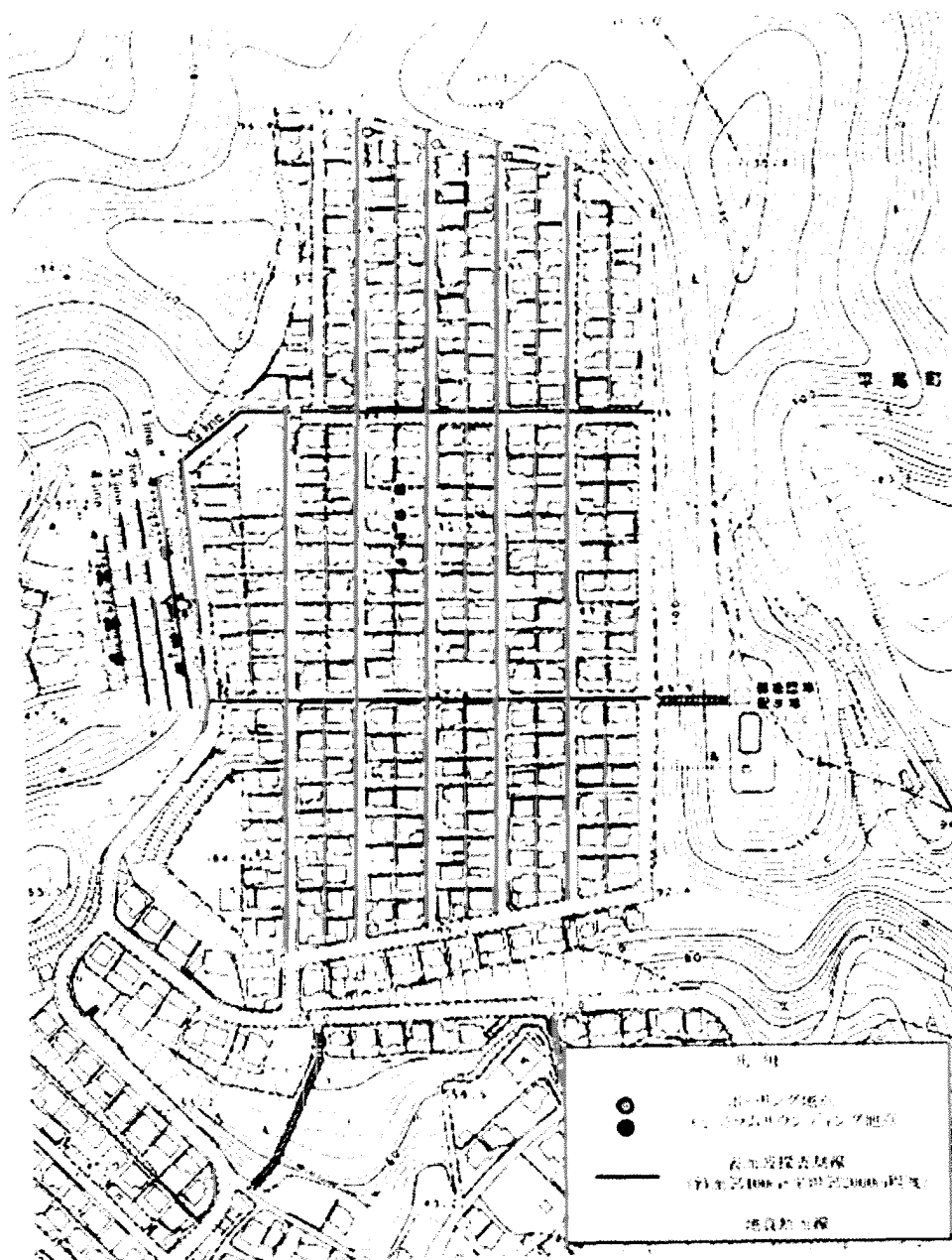


図 4.7.1 御油断地平面図

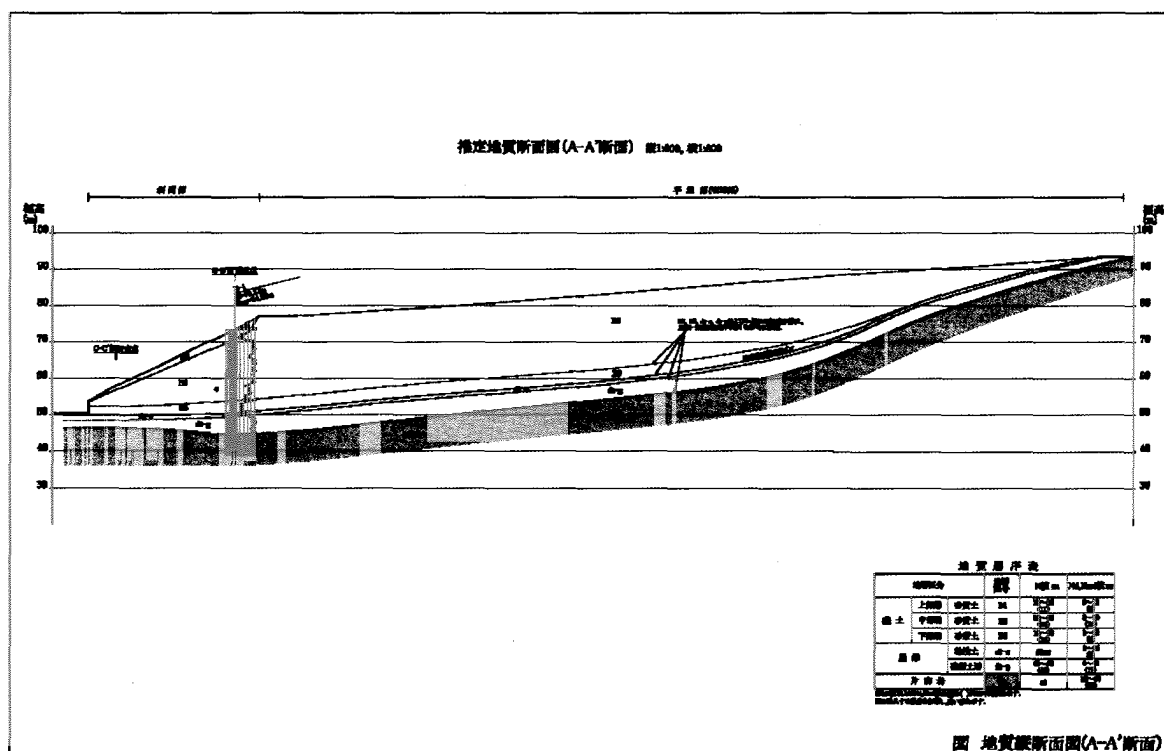


圖 4.7.2 地質断面圖(A-A'断面)

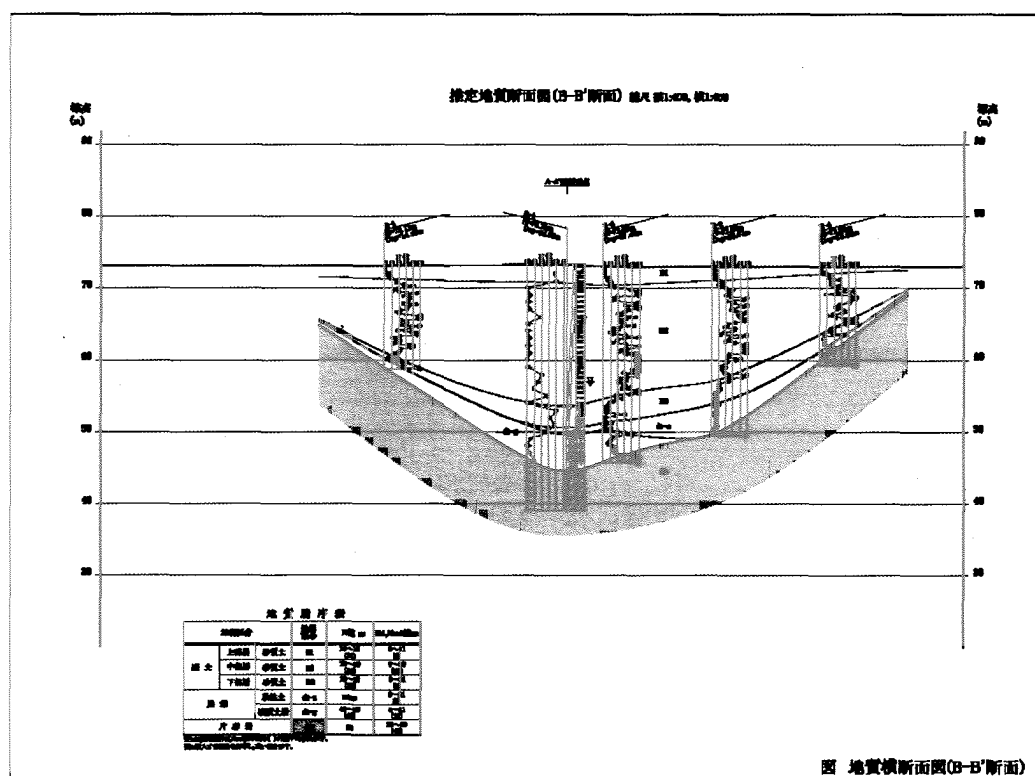


圖 4.7.3 地質断面圖(B-B'断面)

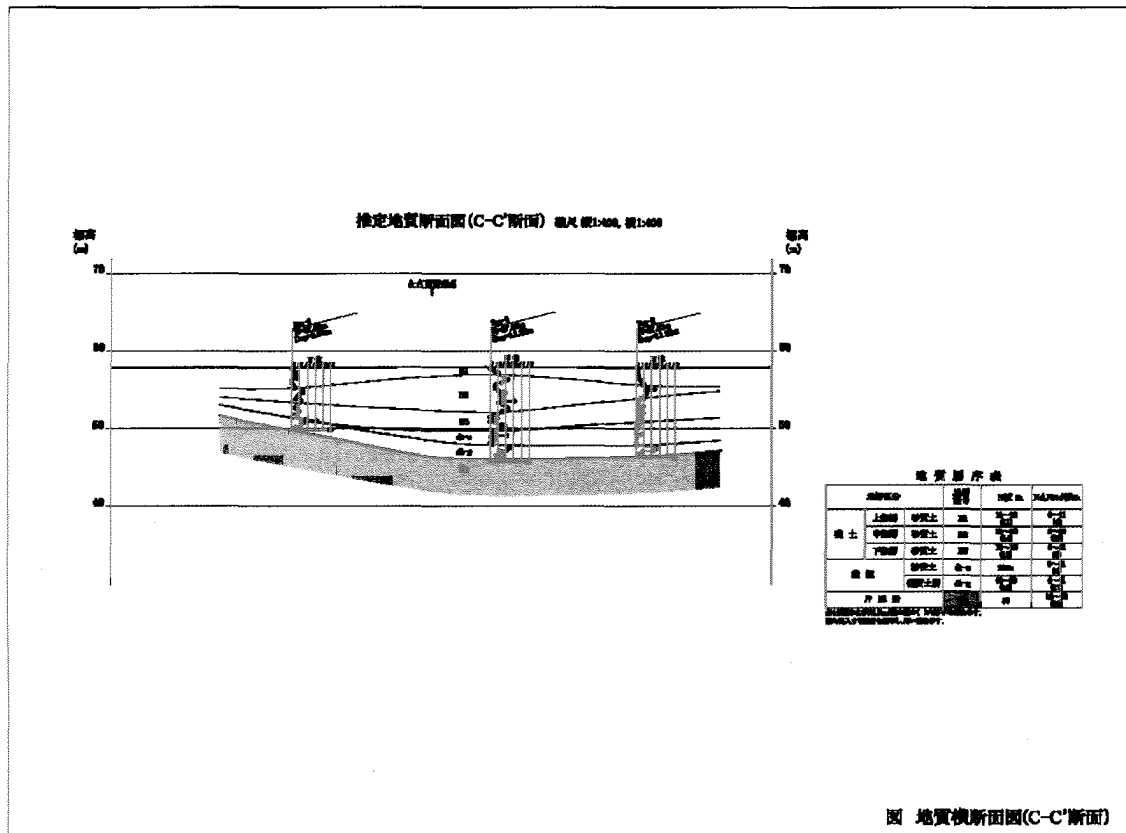


図 4.7.4 地質断面図(C-C'断面)

地質断面図や横断面図を作成するにあたり、本来ならば各点でボーリングを行いそのサンプリング結果から、各層をつなぎ合わせて断面図等を作成することによって信頼性が高まるが、今回の調査ではボーリングを1地点でしか行うことができなかったため、ラムサウンディング試験の結果も含めて地盤の強度分布等から総合的に断面図を推定した。岩盤が谷状になっているのはラムサウンディングの結果から明らかであり、斜面中の地下水が元の斜面の最下部から流出していることからこのような形状であると推測できる。

第5章 ま と め

本調査研究では、平成17年度、豊川市御油町における住宅高盛土において一連の地質調査を実施した。これにより、盛土の地質構造を明らかにし、地震時における危険度を評価するために必要な基礎資料を得ることができた。また、地震時における危険度の評価するために調査法についても試み、その妥当性を検討することができた。本年度の総括と今後の方針をまとめると、以下のようである。

5.1 本年度の総括

[ボーリング、PS 検層、サウンディングによる地質構成の検討]

地質構造を明らかにする目的で、ボーリング調査・PS 検層調査・サウンディング調査を行い、以下のようなことがわかった。

- ・ 盛土は礫分を含むが、比較的均質な岩ずりで構成されており、平均 N 値は約 32 となっている。この数値から、盛土は比較的よく締まった状態にあるといえる。また、地山はやや風化した片麻岩からなっており N 値は 50 以上と堅固な地盤となっている。旧地山地表面には粘性土と礫質土層が不均質な薄層として存在している。
- ・ 盛土の下部の浸水している部分では N 値が 13~23 となっており、B2 層の N 値=44 と比較するとかなり低くなっている。また、地下水の流出による細粒分の損失（流失）が認められた。そのため、この層の地質は強度や剛性が地下水位より上の層に比べて低くなっているといえる。しかし、透水係数が十分に大きいため地下水はむしろ流れやすく、高盛土本体に地下水が滞留しにくい状況にあると考えられる。

[表面波探査による地盤の地質構成の検討]

三次元的な地質構造および盛土の分布を明らかにする目的で、高精度地表面探査を行い、以下のようなことがわかった。

- ・ 今回行った表面波探査により得られた S 波弾性波速度の分布から測定し

た住宅部での盛土の形状と旧地形図と現在の地形図から推定した住宅部の盛土形状が良く一致する結果となった。このことから詳細な図面や地形図が手に入らない場合で地震時等の安全度評価を行う際、この表面波探査により盛土の三次元的な地質構造を比較的容易に知ることができるということがわかった。

- ・ 今回はすでに造成が終わってから長期間が経過した住宅造成地であり、すでに多くの住民が生活していることから、必要な地点で所定の頻度のボーリング調査やサウンディング調査を行うことが困難であった。しかし、表面波探査試験は道路などを側線とすることができるため、比較的容易に地質構造を推定することができた。
- ・ ボーリングであれば測定装置や機械を設置・移動しなければならないので調査対象の住宅地では試験を行うことは難しいが、地表面に装置を設置し移動しながら調査する地表面探査では、地面を掘削したり騒音を発することも少なく、従来の地質調査方法に比べて簡単に高い精度の調査をすることができる。このような方法は、一般の住宅盛土の地質調査には有効であることがわかった。

[地下水位観測、傾斜計観測による地下水浸透流の検討]

住宅高盛土内の地下水の挙動や、高盛土の永久変位を長期間にわたって観測するために、ボーリング孔を用いて地下水位観測と傾斜計による地盤の変位観測を実施し、以下のようなことがわかった。

- ・ ボーリング孔内を利用した長期的な地下水位の計測を実施してきたが、それぞれの降雨に反応するような地下水位の変動は、本年度（最大降雨100mm程度）の観測期間では認められなかった。今回の調査では約4ヶ月の計測を行ってきたが、その間に地下水位は最大で約60cm上昇している。この地下水位の変位は季節的な変動の可能性が高いと考えられる。また、地下水の供給元は旧沢地形の北側から定常的に供給されていると考えられ、地下水位はおおよそ短期的には変動しなかった。
- ・ 傾斜計計測による地盤の変位を観測してきたが、現在のところでは有意な変位は認められていない。今後は地震時や豪雨時の観測結果に注目することで、危険度を長期的に監視するために有意な指標となると期待できる。

5.2 今後の方針

[旧斜面表土のせん断強度の検討]

- ・ 盛土材料が長期に渡って安定しており、標準貫入試験の結果が示すように高盛土は地震時における間隙水圧の発生や液状化に対する抵抗は十分に有していると考えられる。したがって、想定される盛土の被災形態は、盛土全体は健全であっても亀裂等を伴い全体がブロック状に滑動することである。その場合、せん断強度が周辺の土質に比べて低いと思われる旧斜面表土のせん断強度が盛土全体のすべりに対する安全性を支配すると考えられる。
- ・ 本年度の調査はこの点に関してはまだ不十分で、滑動に対する安定解析に用いる強度定数は標準貫入試験などの結果からしか推定できない。したがって、より信頼性のある強度定数を得て地震時における滑動に対する危険度を精度よく評価するためには、原位置における当該土質試料の採取、およびそれに対する室内せん断試験の実施する必要がある。

[盛土内地下水位の長期的な観測と水位変動の検討]

- ・ 斜面の地震時における危険度への地下水の影響は大きく、滑動に対する危険度を評価する際にも、地下水位が高ければ安定性は急激に損なわれる可能性が高い。本年度の地下水位の観測により、地下水位の基本的な性質について知ることができたが、豪雨等による地下水位の変動の程度を、長期的な観測を引き続き実施して明らかにする必要がある。

[盛土の振動特性の検討]

- ・ 本年度の調査により盛土を三次元的な地質構造をある程度明らかにすることができた。調査結果は地震時における液状化に対する抵抗は一般的に波十分なレベルにあることを示しているが、想定される地震波を対象に盛土の振動解析を実施することによってこれを確かめる必要がある。
- ・ さらに、住宅造成地には盛土と切土が存在しており、盛土の厚さも場所により異なることから、地震時における振動も盛土内において一様ではな

くて相当程度異なると予想できる。したがって、本年度の実施した PS 検層結果に基づいた様々な地震動条件での振動解析を行うことにより、住宅地内における振動特性の分布を検討する必要がある。

謝辞

本報告書は、平成 17 年度から平成 18 年度の 2 年間の研究プロジェクトの初年度の報告書である。このプロジェクトを進めるにあたっては、豊橋技科大 河邑眞教授，応用地質株式会社 村田芳信氏，東北学院大学 吉田氏には，協力者としてご助力いただいた。また，この三氏をはじめとする研究会のメンバー諸氏にもご協力とご助言を賜った。あらためて感謝の意を表します。研究会の幹事を務めた森政信吾君，卒業研究として研究の取りまとめに当たって力を発揮してくれた浜田安通君を初めとする，豊橋技術科学大学 建設工学系 地盤・防災講座 三浦研究室に所属する学生諸君には，雨中での調査にも献身的に協力していただきました。深く感謝の意を表します。

代表者 三浦 均也 記

平成 17 年度「豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会」名簿

1	委員	河 邑 眞	豊橋技術科学大学建設工学系・教授
2	幹事委員	三浦 均也	豊橋技術科学大学建設工学系・助教授
3	幹事委員	森政 信吾	豊橋技術科学大学・大学院生
4	委員	濱田 安通	豊橋技術科学大学・学部生
5	委員	外山 忠明	豊川市総務部防災対策課課長補佐
6	委員	富田 宜孝	豊川市総務部防災対策課防災対策係長
7	幹事委員	竹尾 邦光	豊川市建設部土木課河川係長
8	委員	三宅 孝雄	豊川市建設部土木課河川係
9	幹事委員	村田 芳信	応用地質(株) 中部支社技術一部長
10	委員	服部 康浩	応用地質(株) 中部支社技術一部
11	委員	千野 克浩	応用地質(株) 中部支社技術一部
12	委員	吉田 望	東北学院大学工学部環境都市工学科・教授
(オブザーバー)			
13	委員	浅原 信吾	豊橋技術科学大学・大学院生
14	委員	渡邊 潤平	豊橋技術科学大学・大学院生
15	委員	今井 真知子	豊橋技術科学大学・大学院生
16	委員	田中 隼也	豊橋技術科学大学・学部生
17	委員	西田 康人	豊橋技術科学大学・学部生

付 録

図表；カラー

第2章 住宅高盛土の概要

第4章 調査結果および考察

第2章 住宅高盛土の概要



図 2.1.1 豊川市御油団地平面図：国土地理院

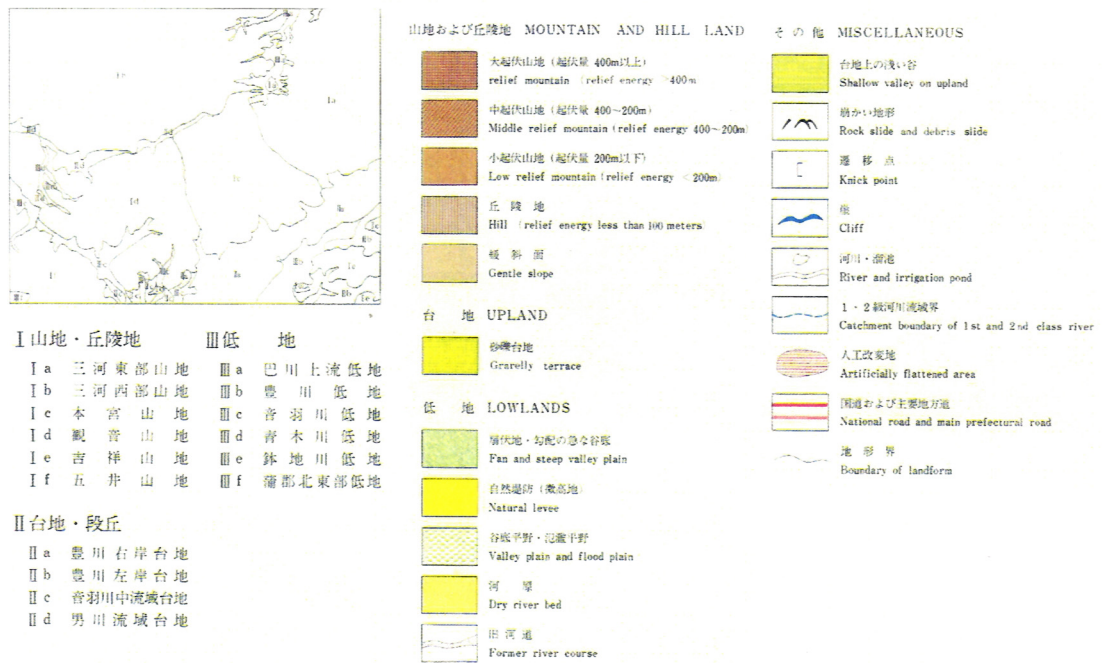
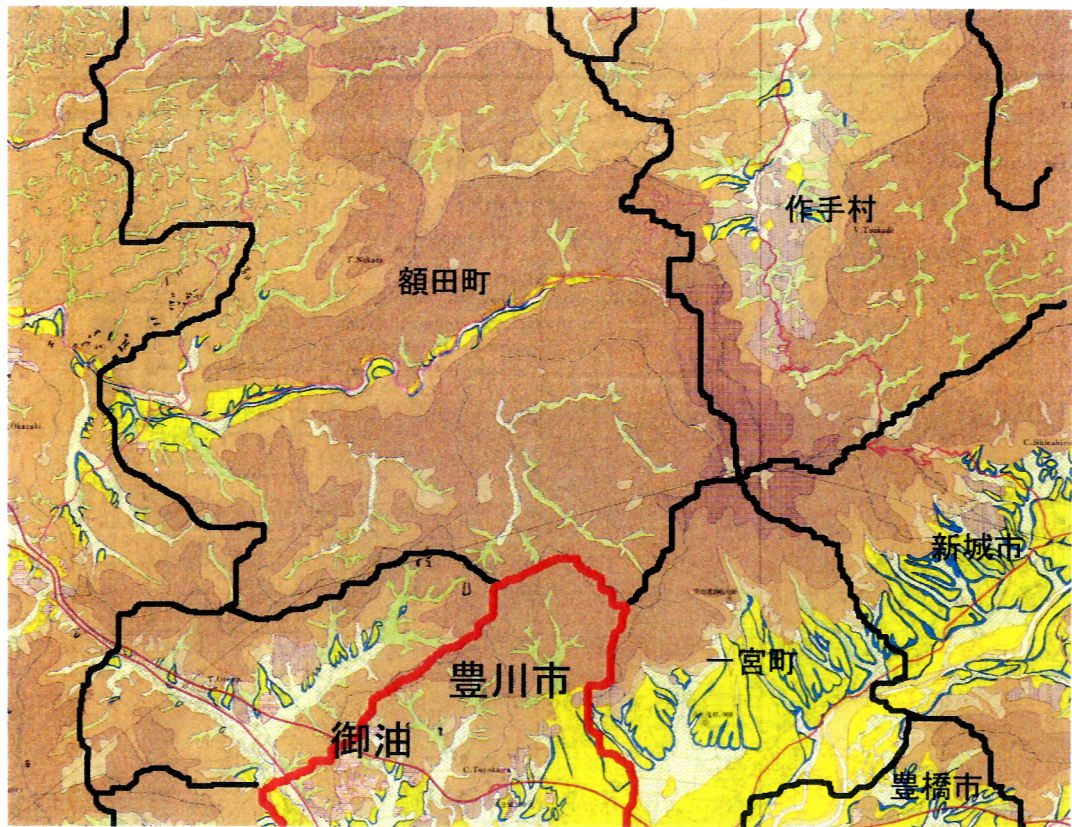
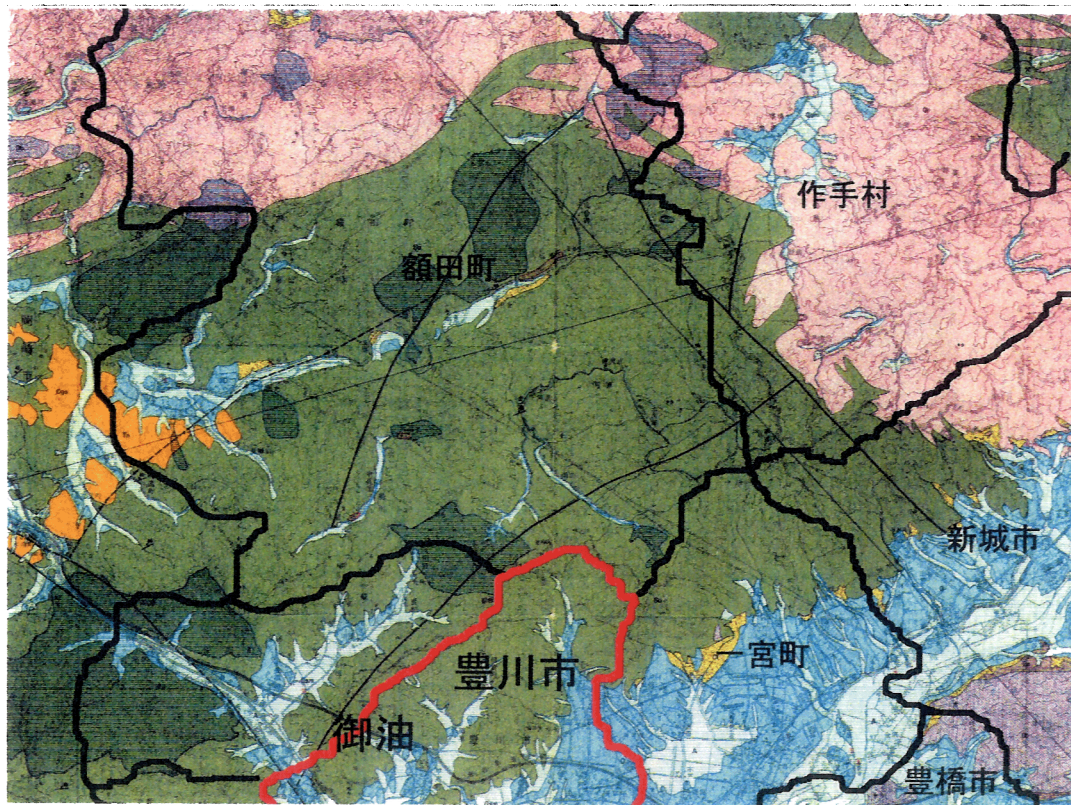


図 2.1.3 御油の地形分類図； 日本の地質 5 中部地方 II 共立出版



- Unconsolidated sediments 未固結堆積物
- G Gravel-rich sediments 礫から堆積物
 - Cl Detritus 砕屑物
 - Gsm Gravels, sands and muds 礫・砂・泥
- Consolidated sediments 固結堆積物
- Cgs Conglomerates and sandstones 礫岩・砂岩
- Volcanic rocks 火山岩
- Ab Andesitic rocks 安山岩類
- Plutonic rocks 火成岩
- Gr Granitic rocks 花崗岩類
 - Gb Gabbroic rocks 玄武岩類
- Metamorphic rocks 変成岩
- Bs Black schists 黒色片岩 (三波川変成岩類)
 - So Schists and gneisses 片岩とgneiss (新東変成岩類)

- 時代 Age
- Tn 新第三紀 Neogene
 - D 洪積世 Diluvium
 - A 沖積世 Alluvium

- 岩片の hardness of rock materials
- a 非常に柔らかい Very soft
 - b やわらかい Soft
 - c やや柔らかい Less soft
 - d やや硬い Less hard
 - e 硬い Hard
 - f 非常に硬い Very hard
- 岩塊の hardness of rock masses
- 1 非常に柔らかい Very soft
 - 2 やわらかい Soft
 - 3 やや柔らかい Less soft
 - 4 やや硬い Less hard
 - 5 硬い Hard
 - 6 非常に硬い Very hard

- ↗ 走向及傾斜 Strike and dip
- 岩の境界 Boundary of rocks
- 断層 Fault
- ✚ 採石場 Quarry
- ✚ 鉱山 Mine
- 国に指定された区域 The area designated by the government ordinance for defence of landslide
- 国に指定された区域 The area designated by the government ordinance for defence of torrent
- 人為的に擾乱を受けた部分 Artificially disturbed subsurface materials
- 柱状断面位置 Locality of columnar sections
- 地質断面線 Line of geologic profile

地質時代	地質	記号	地質時代	かたさ
第四紀	沖積世	Gsm	A	未固結堆積物
	洪積世	Cl		
第四紀	洪積世	G	D	段丘および扇状地堆積層
	沖積世	Cgs		
第三紀	中新世	Ab	Tn	e5
	中新世	Gb		c3
中生代	白堊紀	Gr		e3-5
	白堊紀	Gb		e5
中生代	白堊紀	Bs		e5
	白堊紀	So		e5-6

図 2.1.4 御油の表層地質図； 日本の地質 5 中部地方Ⅱ 共立出版

第4章 調査結果および考察

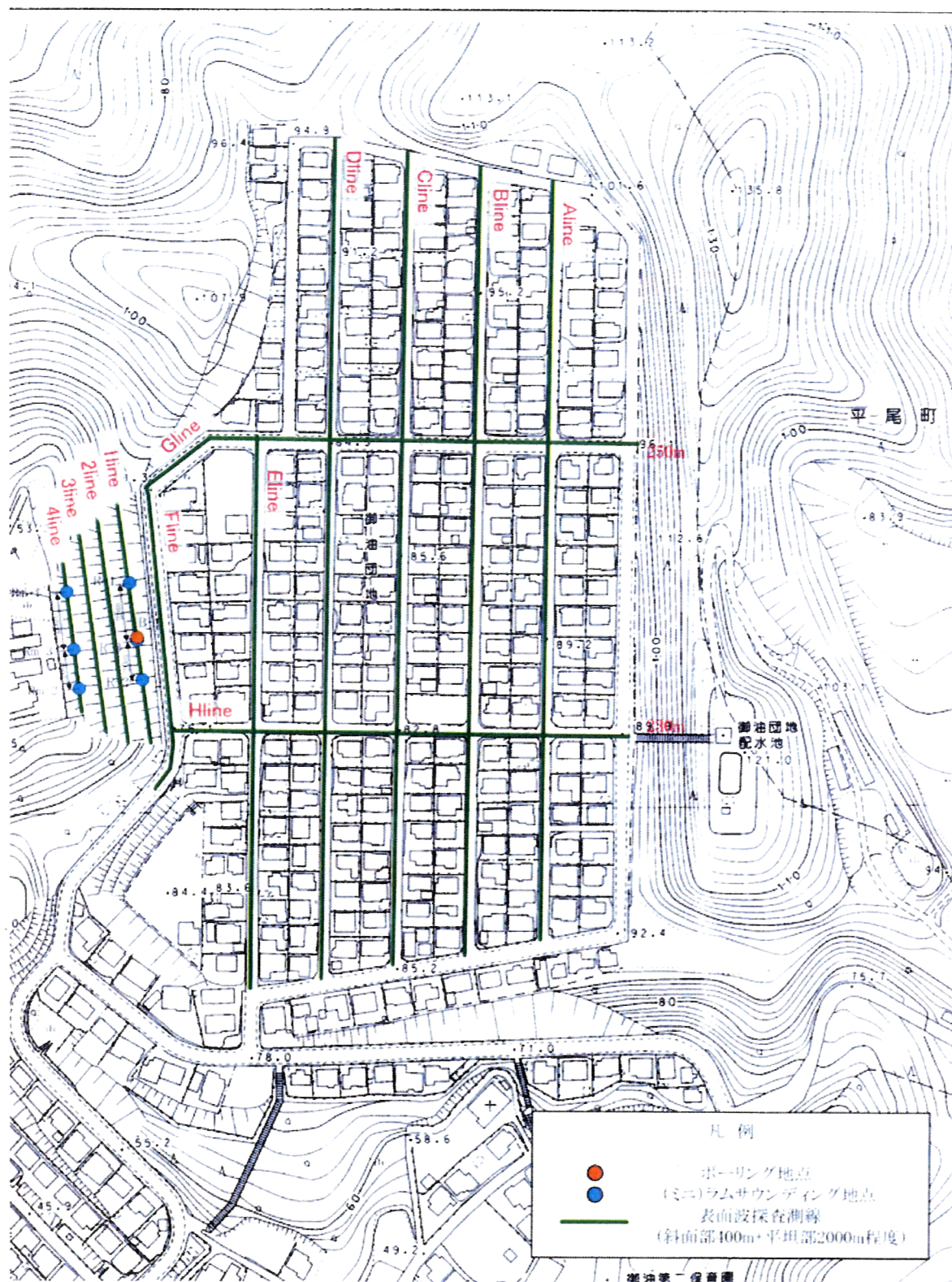


図 4.1.1 表面波探査側線配置図

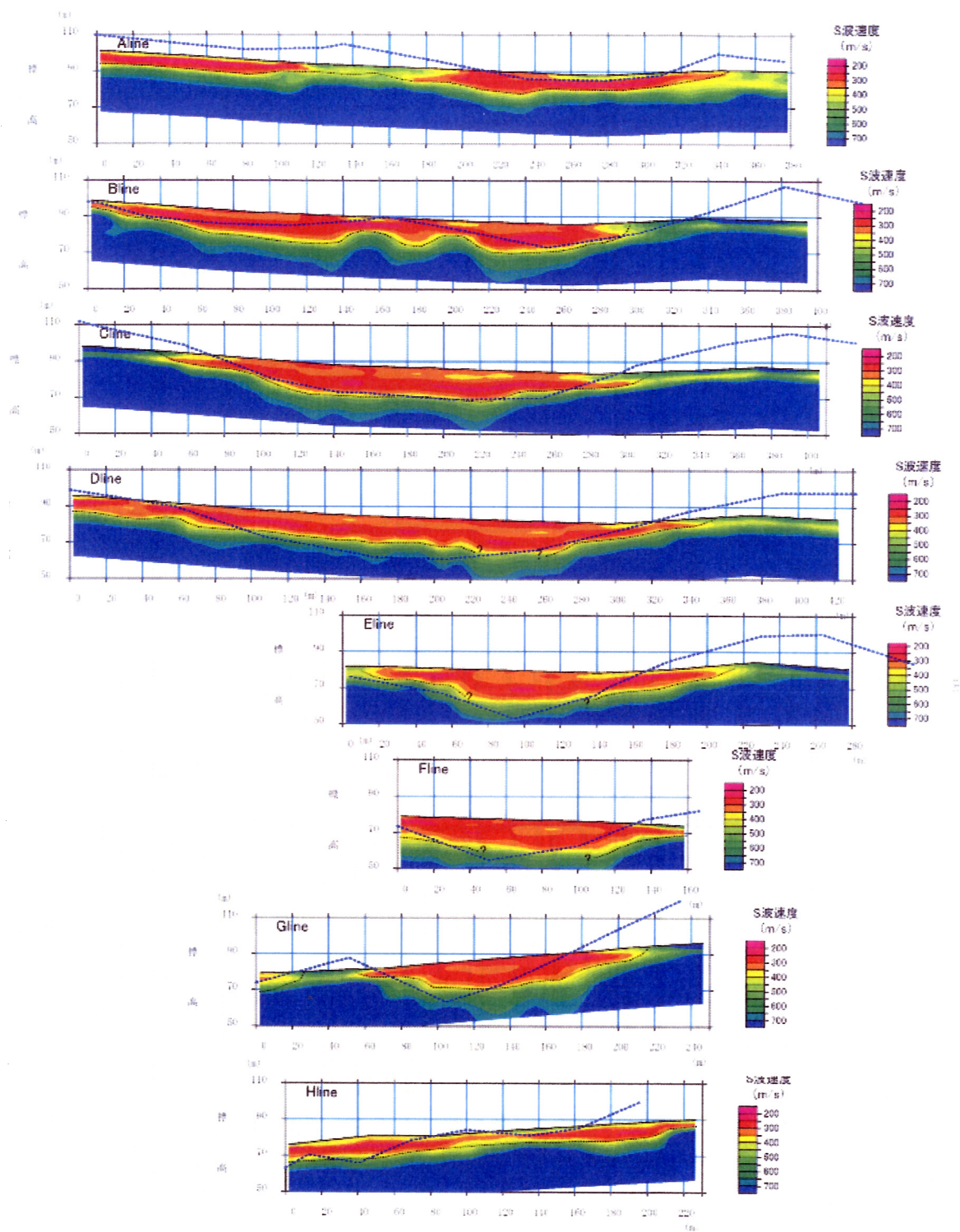


図 4.1.2 解析結果(A~H ライン)

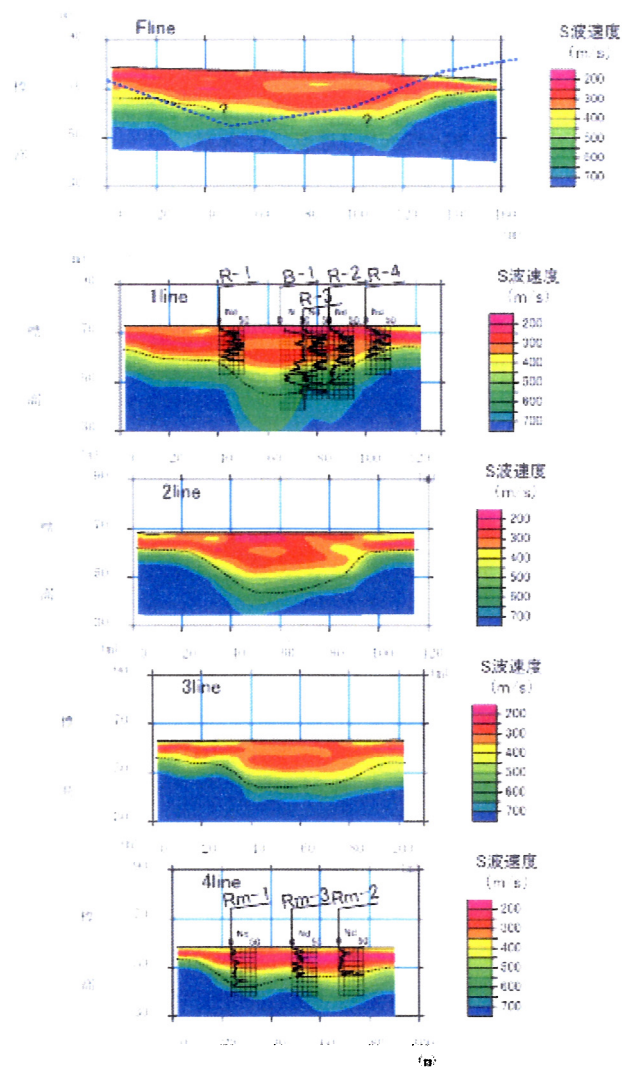


図 4.1.3 解析結果(斜面)

豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会

ボーリングNo.B-1地点 コア写真

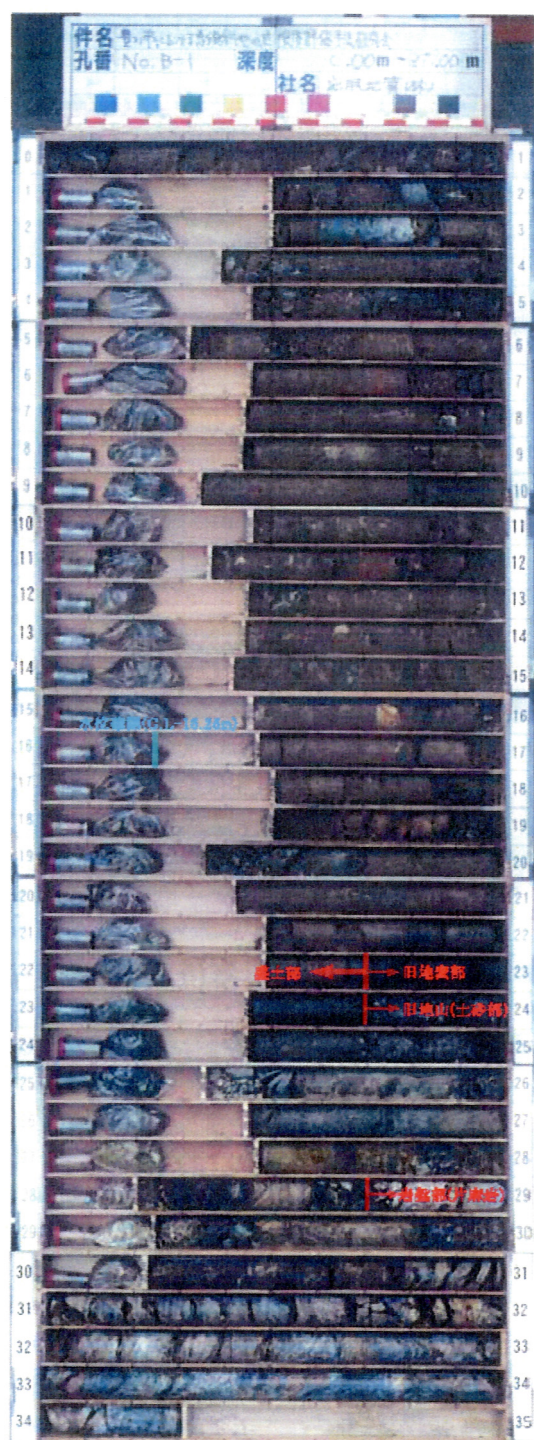


図 4.2.2 ボーリングコア写真

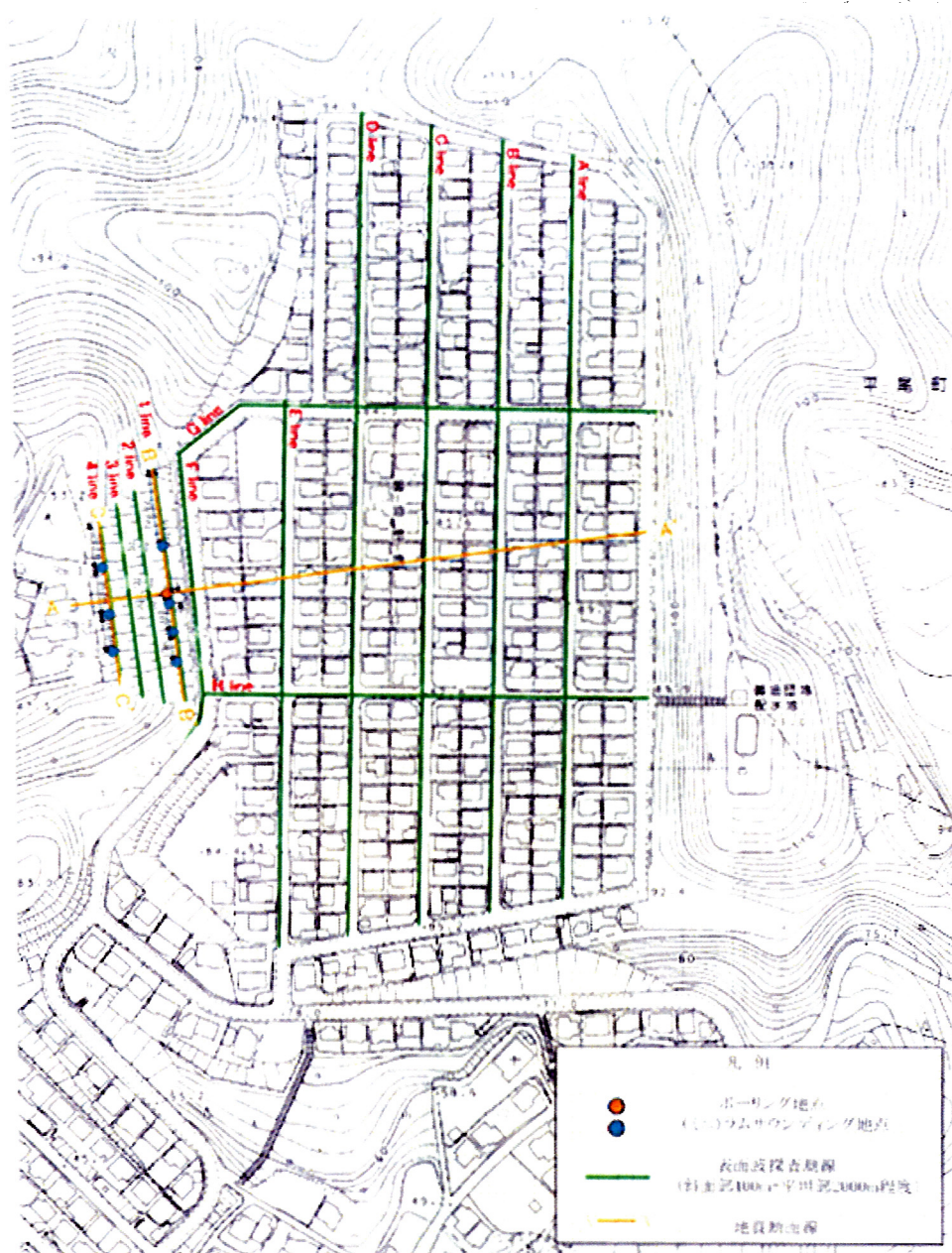


図 4.7.1 御油断地平面図

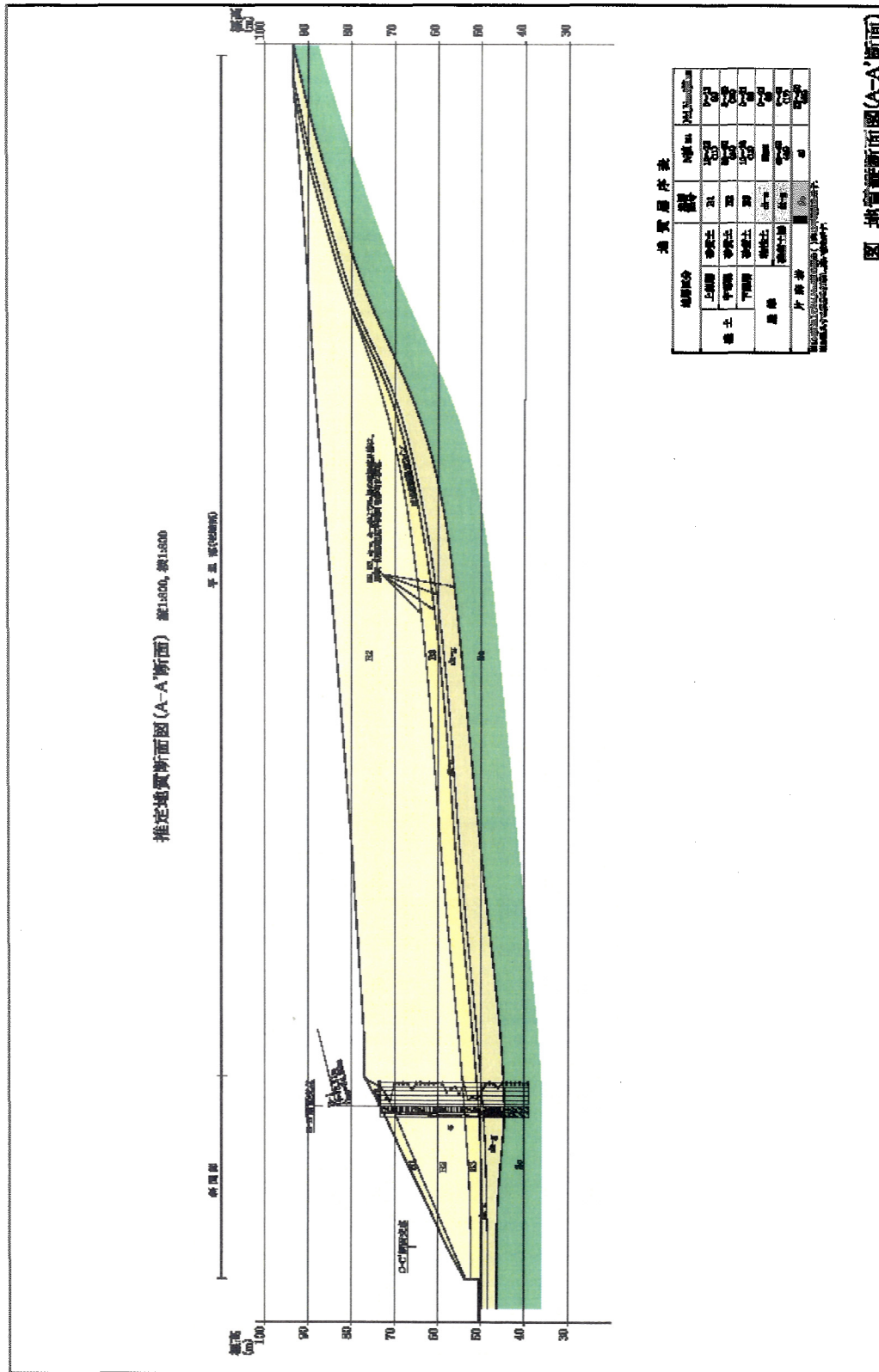


図 4.7.2 地質断面図(A-A'断面)

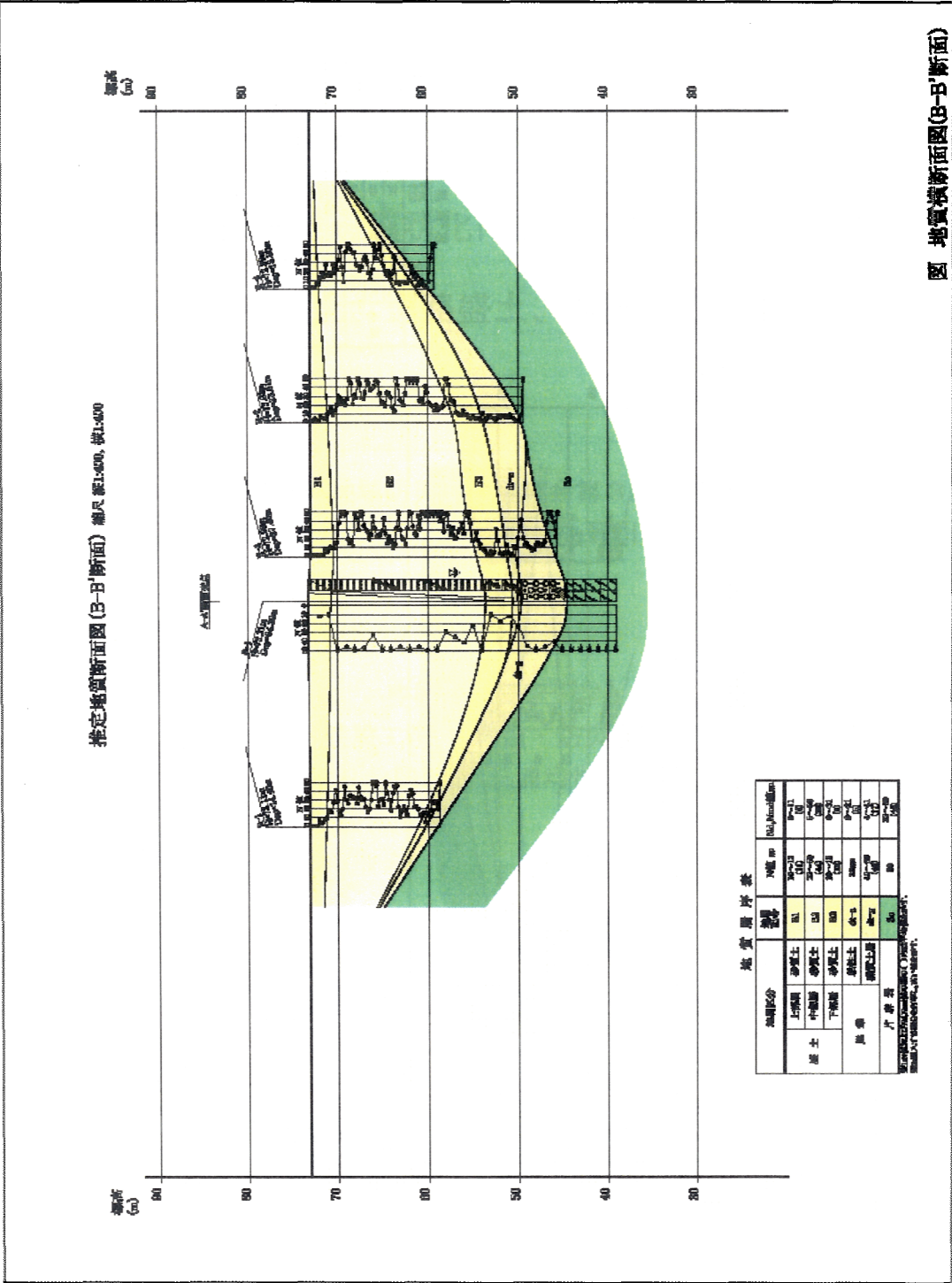


図 4.7.3 地質断面図(B-B'断面)

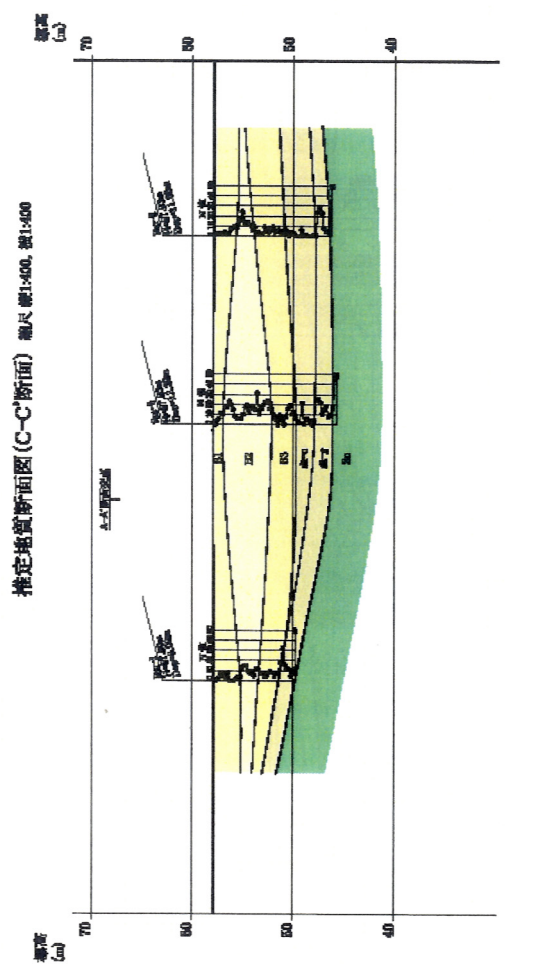


図 地質横断面図(C-C'断面)

図 4.7.4 地質断面図(C-C'断面)

参考資料 1.

地震時における液状化に関連した構造物の被害

－ 住宅盛土、道路盛土、埋設管の被害 －

東三河地域防災研究協議会第3回研修会
2005年2月4日 於 豊川市

豊橋技術科学大学
建設工学系 地盤・防災講座
助教授 三浦均也

参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

地震時における液状化に関連した 構造物の被害

— 住宅盛土、道路盛土、埋設管の被害 —

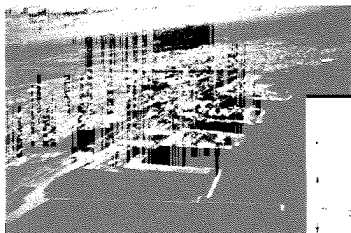
東三河地域防災研究協議会第3回研修会
2005年2月4日 於 豊川市

豊橋技術科学大学
建設工学系 地盤・防災講座
助教授 三浦均也

講演の内容

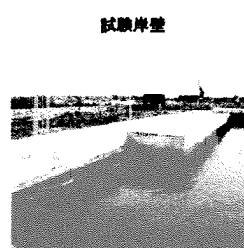
- 自己紹介
- 2004年中越地震における地盤災害
- 地盤の液状化現象の概説
- 液状化による構造物の被害
 - 住宅盛土の被害
 - 道路盛土の被害
 - 埋設管の被害
- 液状化対策

港湾岸壁の地震時挙動観測

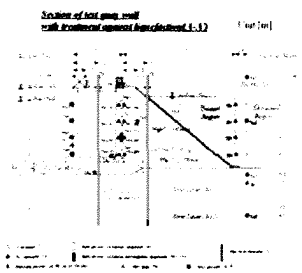


鋼路港西港第4埠頭

試験岸壁



試験岸壁



2004年中越地震における 地盤災害

- 地震の概要
- 地質特性
- 地盤災害の例
 - トンネル、道路盛土、住宅地

参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

地震の概要

- 「平成16年新潟県中越地震」
 - 10月23日17:56、新潟県中越地方の深さ13kmでM6.8の地震が発生し、新潟県内の川口町で震度7、小千谷市、山古志村などで震度6強を記録
 - 同日18:34には、M6.5の最大余震を記録するなど活発な余震活動、震度6以上を記録した地震は5回

新潟県中越地震 震度分布

- 震度6弱以上の主な地震動
(気象庁発表の最大震度)
 - 1、本震 震度7(10/23 17:56 M6.8)
 - 2、余震 震度6強(10/23 18:11 M6.0)
 - 3、最大余震 震度6強(10/23 18:34 M6.5)
 - 4、余震 震度6弱(10/23 19:45 M5.7)
 - 5、余震 震度6弱(10/27 10:40 M6.1)

1 本震 (041023, 17:56, M6.8)



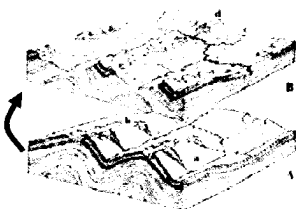
- 震源深さ 13km
- 震度7
川口町
 - 震度6強
小千谷市
山古志村
小国町
 - 震度6弱
長岡市
十日町市など

3 最大余震 (041023, 18:34, M6.5)



- 震源深さ 14km
- 震度6強
十日町市
川口町
小国町
 - 震度6弱
小千谷市
など

浸食を受けた褶曲構造の特徴



褶曲構造の差別的削剝 (de Martonne, 1927 の原図の一部)

- ・上に向かって湾曲している背斜軸では堆積岩が圧力を受け、一方で下に湾曲する向斜軸では圧縮を受け、
- ・このためこの地盤が隆起し浸食され続けると、もともとの背斜軸が差別的に削剝され、もともと尾根だった背斜軸が谷になり、向斜軸が尾根になる逆転地形が現れる。

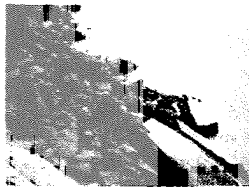
中越地域の地質構造



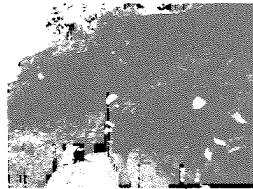
- ・小千谷市、山古志村を結ぶ東西の断面に見られる典型的な褶曲地形
- ・この地域の褶曲地形は比較的新しく、いまだ不安定な状態(浸食が進行中)
- ・東山背斜軸あたりの差別的削剝が特に著しいここに向かって滑り落ちた旧地すべり土塊上に山古志村が広がっている
- ・背斜地形では地盤は圧縮にもろく、受け盤の崩壊が多発
- ・向斜地形では地盤は比較するとよいが、流れ盤の岩塊の崩壊が発生

参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

向斜地域の斜面崩壊特徴



岩崩れ、岩の破断面の多くが新鮮（土木学会通報より）



平板状のすべり（土木学会通報より）

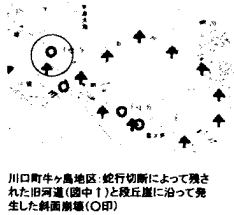
地すべり地域の地形



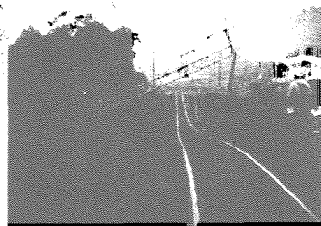
地すべり地形分布図（防災科学技術研究所）

- ・ 図中のハッチ部分が地すべりによって移動した斜面であり、地震発生以前からこのあたりが名だたる地すべり地域として知られていた
- ・ この地域の地滑り発生率の30～40%が融雪期に生じている。
- ・ 矩形内は信濃川の潜水蛇行が発達し蛇行切断が起こって取り残された旧河道
- ・ 隆起の進行により早瀬切断段丘が形成され、段丘崖の崩壊により鉄道や道路の被害が続出

段丘崖の崩壊

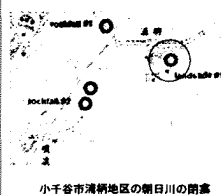


川口町牛ヶ島地区、蛇行切断によって残された旧河道（図中1）と段丘崖に沿って発生した斜面崩壊（○印）

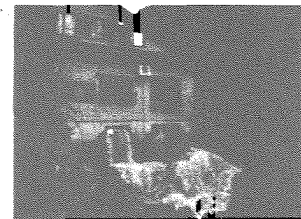


早瀬切断段丘、段丘崖の崩壊（土木学会通報より）

地すべりによる河川閉塞

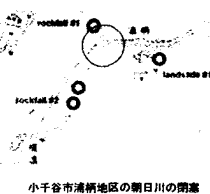


小千谷市浦網地区の朝日川の閉塞



図中の地点の南側からの地すべりが河川を閉塞し、民家の半地下部分を流下して国道へ（土木学会通報より）

地すべりによる河川閉塞



小千谷市浦網地区の朝日川の閉塞



国道291号を河川のようにして浦網の街中を流下する濁水（土木学会通報より）

地震被害の特徴

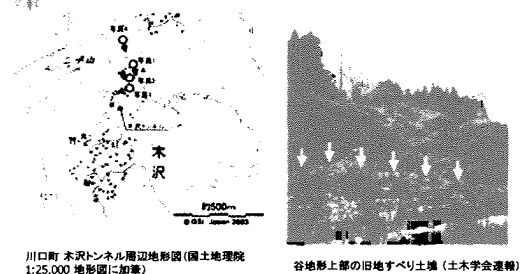
- 自然斜面の崩壊
 - ・ 新第三期層の斜面が比較的浅いすべり
 - ・ 地すべり地帯のトンネルの被害
 - ・ 地すべりによる河川の閉塞
- 盛土斜面の崩壊
 - ・ 住宅盛土の崩壊
 - ・ 道路盛土の崩壊
- 液状化
 - ・ 大規模な液状化による被害は目立っていない
 - ・ マンホールの浮き上がり、線路の波状変形
 - ・ 被害の各所で噴砂が確認

参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

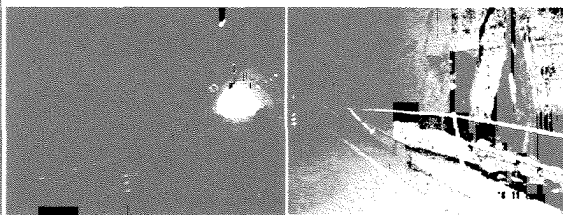
トンネルの被害

- 道路盛土に比べるとトンネルの被害は通常少ない
- 地すべり土塊を縫うようなトンネル(羽黒山トンネル、木沢トンネル)の被害
- 強力な圧縮場に置かれたトンネル(JR 上越新幹線魚沼トンネル、JR 上越線南津トンネル)の被害

木沢トンネルの被害

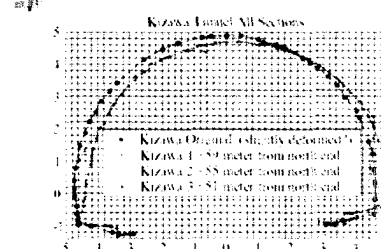


トンネル覆工の被害



左)トンネル北側坑口に向けて 右)トンネル南側坑口に向けて(土木学会通報より)

トンネルの偏土圧による変形

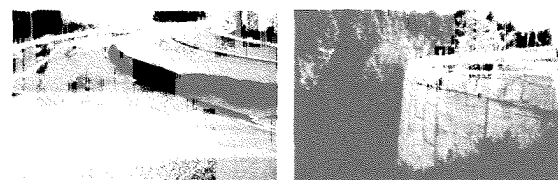


木沢トンネル断面変形(土木学会通報)

道路盛土の被害

- 地質特性(有数の地すべり地帯)に関連し、道路では橋梁よりも道路盛土の被害が深刻であった
- ボックスカルパートの被害が目をつけた
- 無補強な道路盛土は甚大な被害を受けた
- 補強盛土や補強土壁も地すべりや湧水に関連して甚大な被害が発生した

補強土壁(テールアルメ)の被害

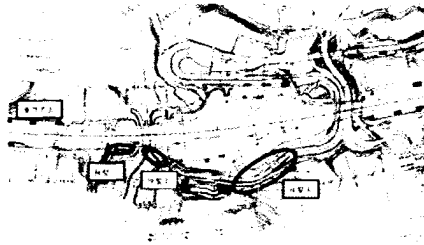


山古志村虫亀地区: 路面の沈下、陥没と壁面のほらみだし(地盤工学会通報より)

参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

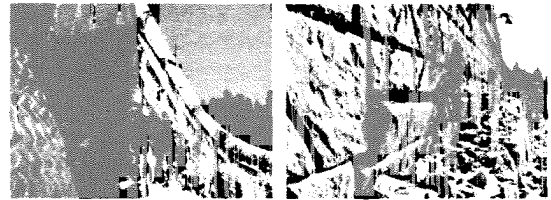
補強土壁の被害

震度: 6+, 5+, 6+, 5+, 5+



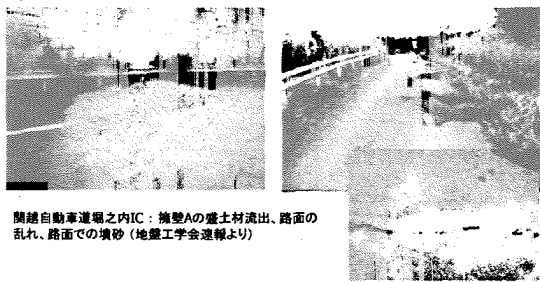
関越自動車道堀之内IC (地盤工学会速報より)

補強土壁の被害



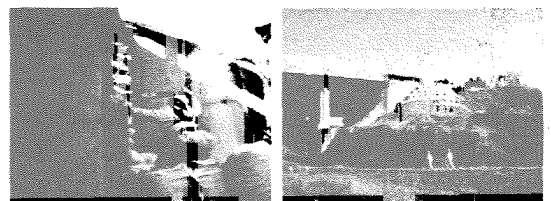
関越自動車道堀之内IC: 擁壁Aのはりみ出しと湧水 (地盤工学会速報より)

補強土壁の被害



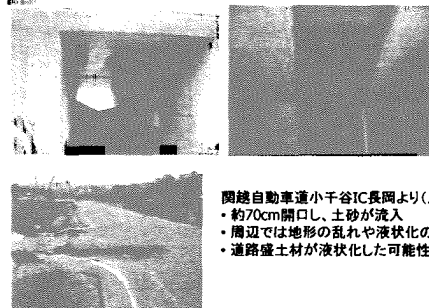
関越自動車道堀之内IC: 擁壁Aの盛土材流出、路面の乱れ、路面での噴砂 (地盤工学会速報より)

補強土壁の被害



関越自動車道堀之内IC: 擁壁Cの変形と盛土材流出 (地盤工学会速報より)

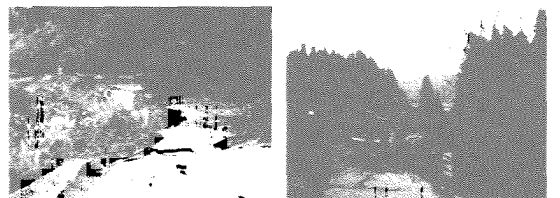
道路盛土ボックスカルバート



関越自動車道小千谷IC長岡より (土木研究所速)
 ・約70cm開口し、土砂が流入
 ・周辺では地形の乱れや液状化の痕跡は無い
 ・道路盛土材が液状化した可能性大

小千谷市山古志寄り: 県道 No.33

無補強盛土: 6+, 6-, 6+, 5+, 5+

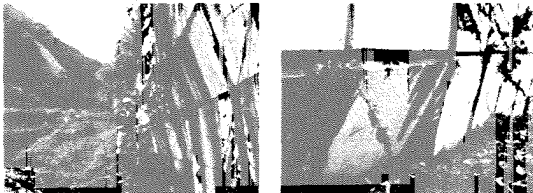


・補強土壁は本震の震源直近であり、周辺道路が寸断された地区に位置する
 ・現場に至る道路は道路の陥没や流失が多発し、移動が極めて困難であった

参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

小千谷市山古志寄り：県道(5.75)

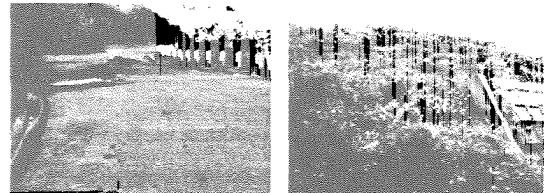
多数アンカー：383.5m², 7.0m (A)



- ・壁面からも長期にわたる湧水跡が認められた。
- ・隣接する道路盛土は大きく沈下陥没
- ・壁面変位は大きい

小千谷市山古志寄り：県道(5.75)

多数アンカー：383.5m², 7.0m (A)

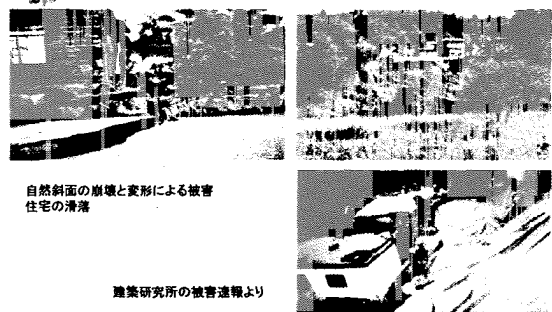


- ・隣接する道路盛土は大きく沈下。陥没
- ・背後の山側には地すべりの痕跡

住宅地の被害

- 住宅盛土の被害も頻度が多く見られた
- 自然斜面の崩壊
- マンホールの浮き上がり
- 長岡市高町の住宅盛土は深刻な被害
 - 震度は比較的低かった
 - 盛土部が選択的に崩壊、変形
 - 地下水に関連した液状化による被害

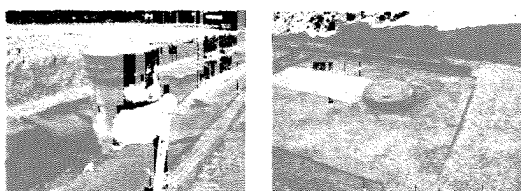
自然斜面の崩壊による被害



自然斜面の崩壊と変形による被害
住宅の滑落

建築研究所の被害速報より

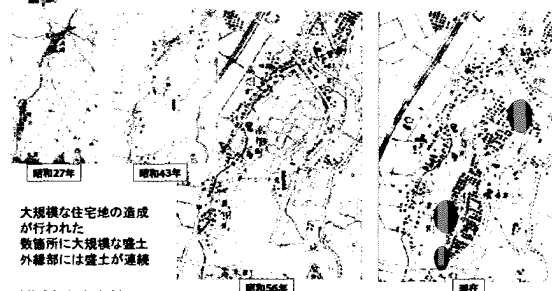
マンホールの浮上



多くの市町村で液状化に関連するマンホールの浮上被害が発生した

建築研究所の被害速報より

長岡市高町住宅の変遷

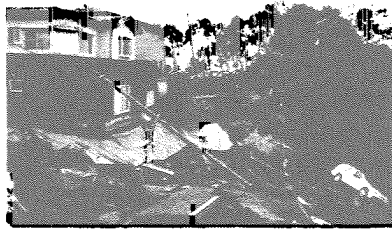


大規模な住宅地の造成
が行われた
数箇所に大規模な盛土
外縁部には盛土が連続

建築研究所の被害速報より

参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

長岡市高町住宅北東盛土の崩壊



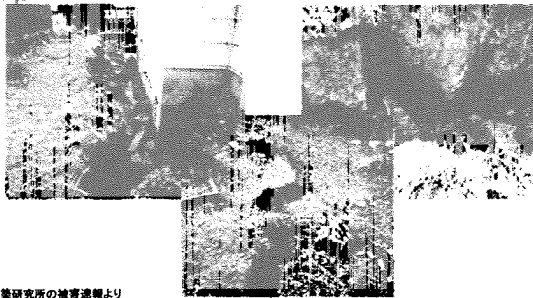
建築研究所の被害速報より

長岡市高町住宅盛土部の変形



建築研究所の被害速報より

外周道路外縁の地盤変形



建築研究所の被害速報より

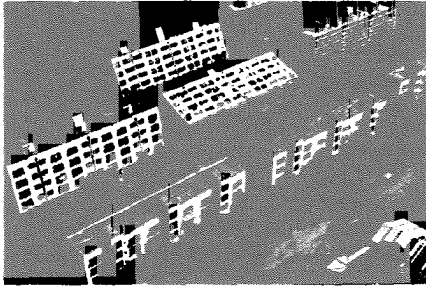
地盤の液状化現象の概説

- 液状化の背景
- 液状化のメカニズム
- 液状化地盤の特性

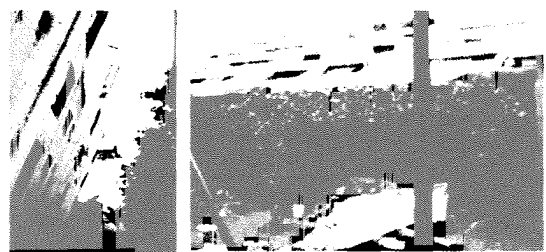


参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

構造物の沈下・転倒
アパート[1964年新潟地震]

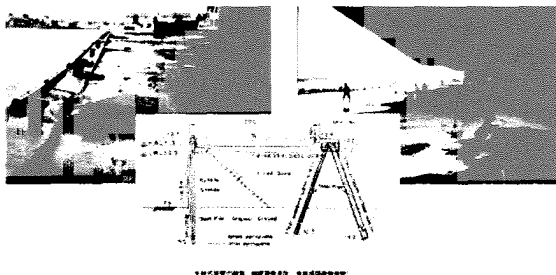


構造物の沈下・転倒
アパート[1964年新潟地震]

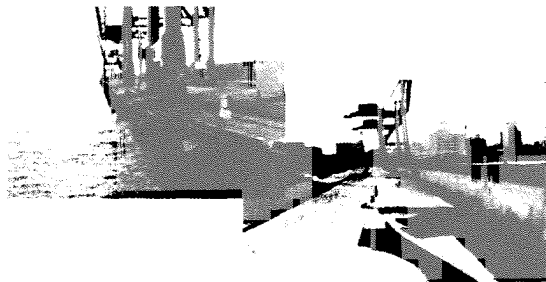


上部構造はほとんど無被害

抗土圧構造物の迫出し・破損
矢板式岸壁[1993年釧路沖地震]

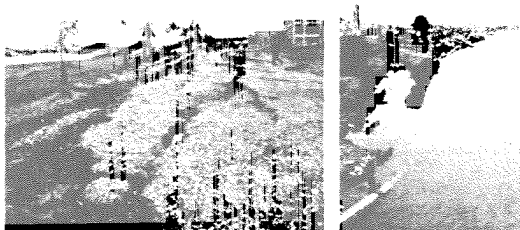


抗土圧構造物の迫出し
重力式岸壁[1995年兵庫県南部地震]



地盤の側方流動
新潟市信濃川河岸[1964年新潟地震]

・河岸が喪失した



地盤の側方流動
新潟市昭和大橋[1964年新潟地震]



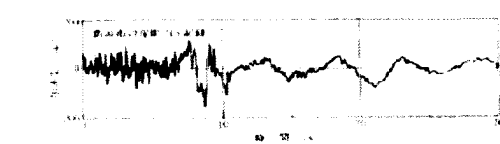
参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

日本における主な被害地震



- 1891年 濃尾大地震, M8.4(7,300)
- 1896年 明治三陸地震津波, M8.7(27,000)
- 1923年 関東地震, M7.9(140,000)
- 1927年 北丹後地震, M7.3(2,900)
- 1933年 三陸地震津波, M8.1(3,100)
- 1946年 南海道地震, M8.0(1,400)
- 1948年 福井地震, M7.1(3,800)
- 1964年 新潟地震, M7.5(28)
- 1968年 十勝沖地震, M7.9(53)
- 1983年 日本海中部地震, M7.7(104)
- 1993年 釧路沖地震, M7.8(12)
- 1993年 北海道南西沖地震, M7.8(23)
- 1995年 兵庫県南部地震, M7.2(6,427)
- 2003年 十勝沖地震, M7.8(2)

振動特性の変化による被害 固有振動周期の変化



新潟市、川岸町で得られた加速度記録、1964年新潟地震
8秒付近で地盤の液状化が開始した。
その後の固有周期は5秒前後である。

人的被害と物的被害

- 人的被害の要素
 - 家屋の倒壊
 - 火災
 - 津波
- 物的被害における液状化現象
 - 加速度による構造的被害を低減する効果
 - 液状化によるインフラの被害を拡大
 - 被害の80%が液状化による……
 - 阪神・淡路大震災でも60%強が液状化による

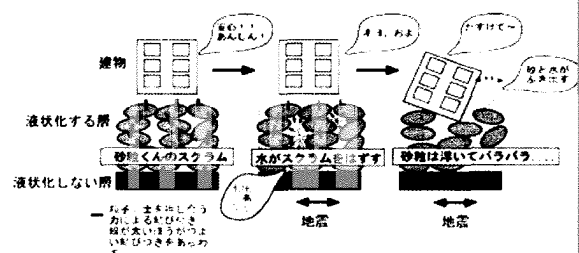
地震液状化研究の経緯

- 新潟地震、アラスカ地震(1964)
 - 近代的な施設がはじめて被害を受けた
 - 液状化研究のスタート: 液状化(Liquefaction)は日本人が作った言葉
- 段階を踏んだ研究
 - メカニズムの解明
 - 被害の分析
 - 調査法の確立
 - 防止対策、耐震設計法の開発
- 日本海中部地震(1983)で研究が集大成
- 多くの耐震設計に取り入れられている

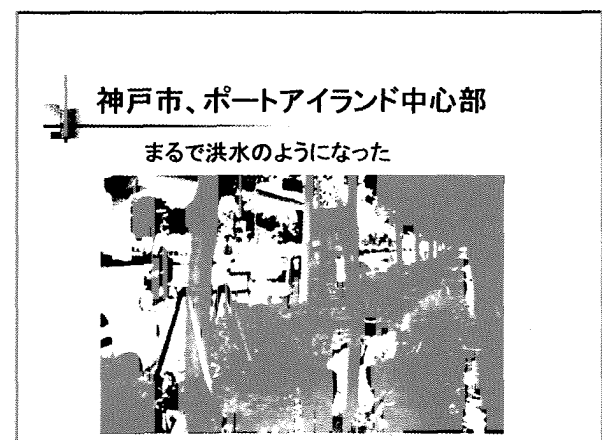
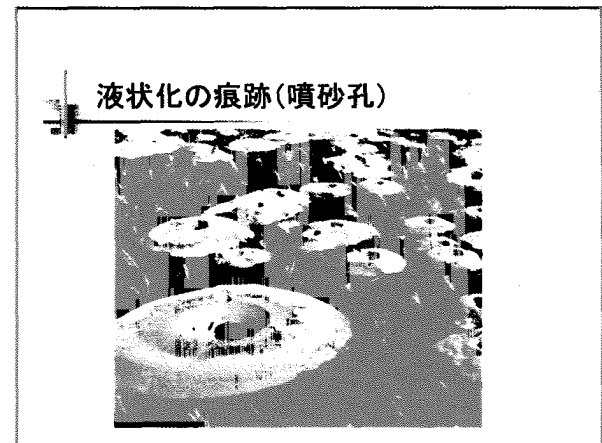
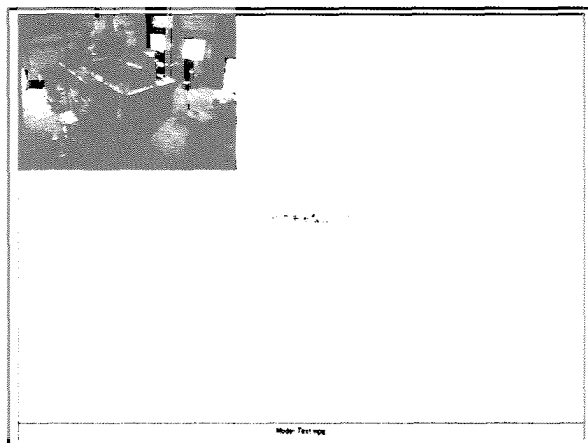
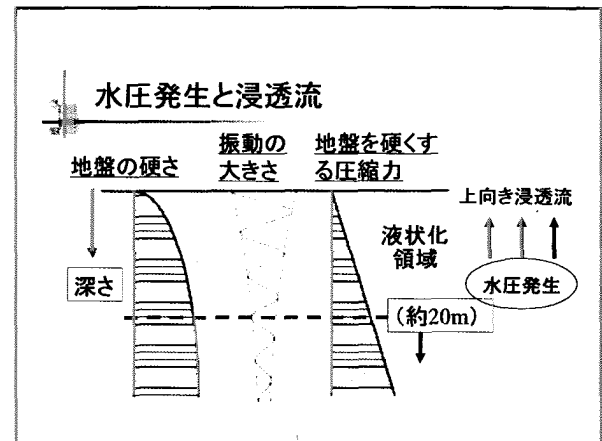
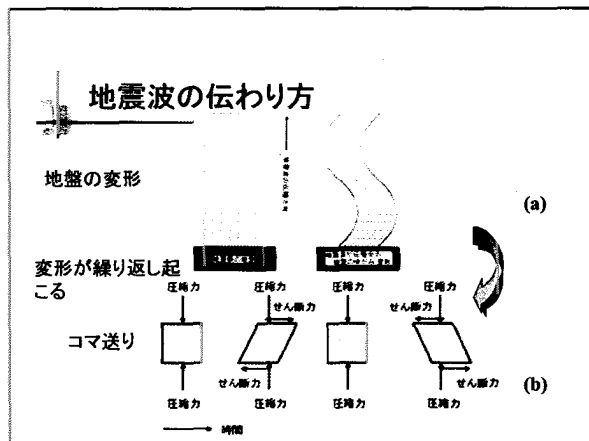
液状化のメカニズム

- 水圧が発生
- 鉛直振動ではなく水平振動
- どの深さまで液状化するのか
- 水圧の発生と地下水の浸透流
- 液状化の発生条件
 - 三条件とはなにか

液状化の発生



参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害



参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

液状化の発生条件

- 粒子寸法のそろった砂
 - 粘土は粒子が細かすぎて、材料が粘る
 - レキは水中でも早く移動する
- 緩い堆積状態
 - 粒子配列構造が変化
 - ダイレイタンスーによる体積の減少
- 地下水位が高いこと
 - 液状化現象が継続する
- 強い地震動

液状化の生じやすい地形・構造物

- 緩く堆積した砂地盤
 - 河川域、氾濫原、滞筋
 - 海岸や湖岸
- 港湾地域における埋め立て地盤
 - 人工地盤は密度が不足
- 地下水位が高い各種盛土
 - 沢地形における住宅盛土、道路・鉄道盛土
 - 河川堤防、ダム

液状化した砂地盤の性質

- 密度はおおよそ水の2倍
 - 2倍の浮力が作用する
- 剛性と強度を喪失
 - 自立しない
 - 荷重を支えられない
 - 振動特性の変化
- 流れる
 - 地表面が平らになるように流れる

液状化による構造物の被害

- 住宅地の被害
- 道路盛土の被害
- 埋設管の被害

住宅地の被害の特徴

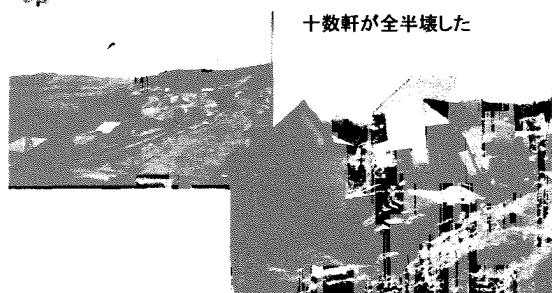
- 住宅地においては宅地のうち盛土部分だけが選択的に被害を受ける
- 震央距離が大きく、比較的震度が小さくても繰り返して発生する
- 背後の沢地形により地下水位が上昇
- 液状化が発生する

参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

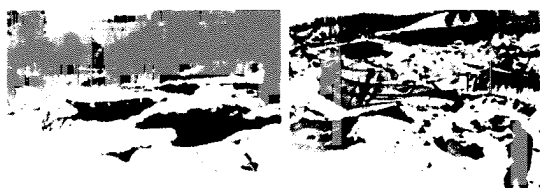
北海道標茶町茅沼の住宅造成地

- 1993年釧路沖地震、1994年北海道東方地震で続けて被害を受ける
- 盛土部が崩壊し十数軒が損壊
- 台地外縁部を切り盛りにより造成
- 后背の沢地形が集水機能を果たし地下水位が高い

1993年釧路沖地震における被害



1993年釧路沖地震における被害



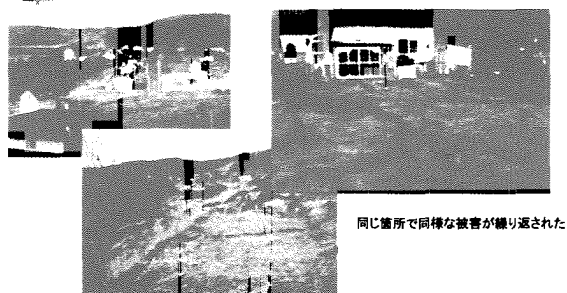
表面が凍結していた斜面はブロック状に壊れて滑動したところどころで地下水面が現われ、水溜りとなった

1993年釧路沖地震における被害

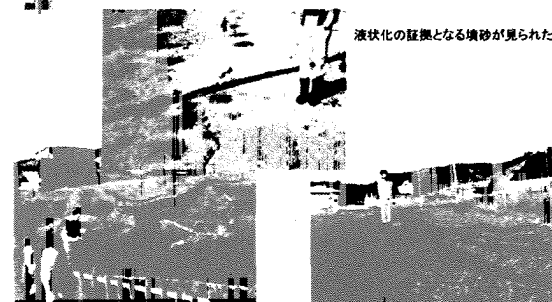


基礎の不安定化が構造の被害を引き起こした
加速度による構造の被害は比較的小さい

1994年北海道東方地震における被害



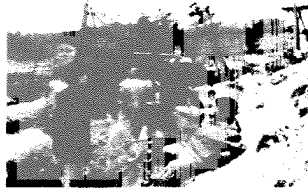
1994年北海道東方地震における被害



参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

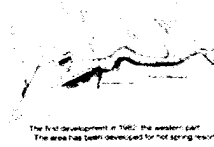
住宅地の調査

- 図面による調査
 - 平面図
 - 開発履歴
- のり面を含む側線に沿った水準測量
- スウェーデン貫入試験
 - 盛土の深度、強度
 - 地下水位
- 解析
 - すべり解析
 - 変形解析



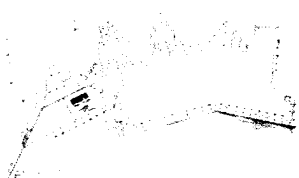
住宅地の造成履歴

Development history of the residential area



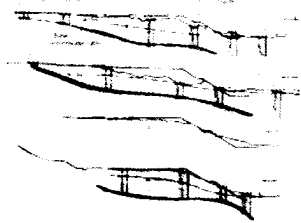
The first development in 1962, the western part
The area has been developed for hot spring tourism

土砂の搬入や搬出はほとんど無く、切土と盛土が混在



The second development in 1985, the eastern part
(the part was prepared for resort houses)

盛土の断面



Soil profiles of the selected severely damaged and slightly damaged sections

後背沢からの地下水供給により地下水位は高い

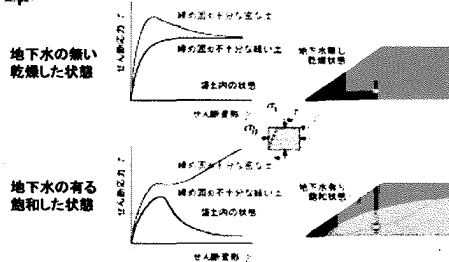
被害の分布



Geometry of the area and damage pattern
in 1993 Kushiro-oki Earthquake

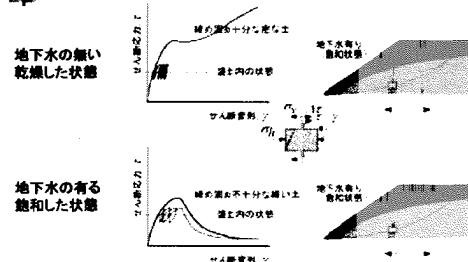
被害は盛土部分に集中した。

盛土の安定性における地下水の影響



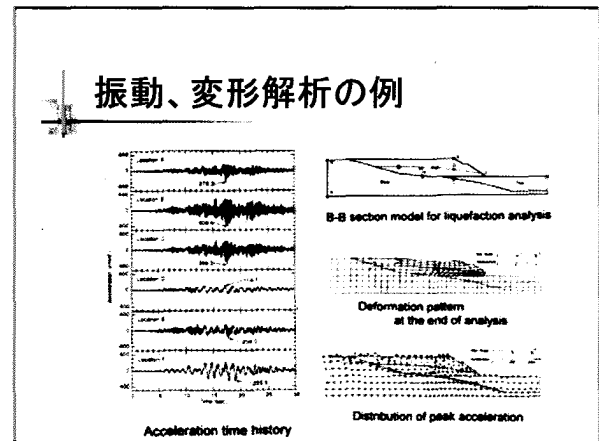
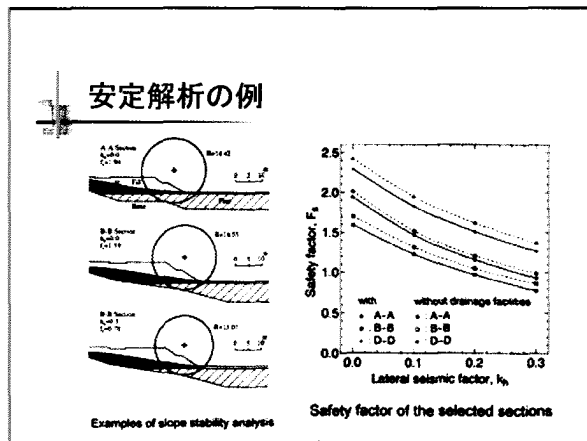
- ・ 水圧の増加により強度が低下する
- ・ 浸透力によりせん断応力が増大する

盛土の地震時の安定性



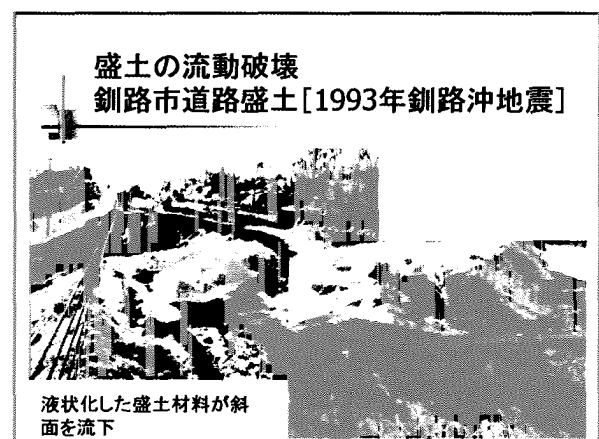
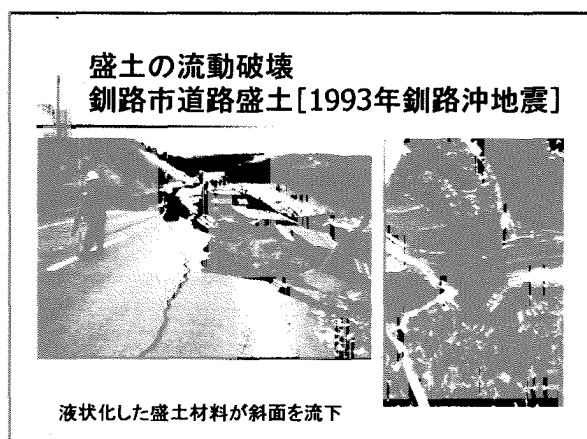
- ・ 密な土では水圧の発生は抑えられえる
- ・ 緩い土では水圧が発生し液状化する

参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

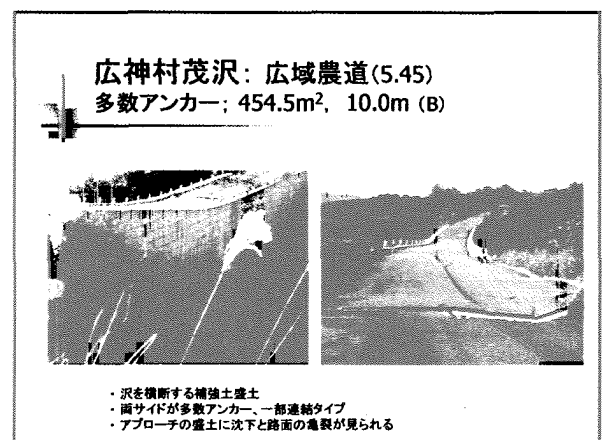
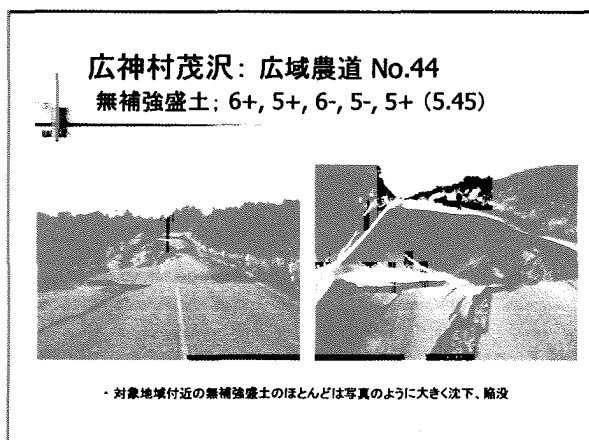
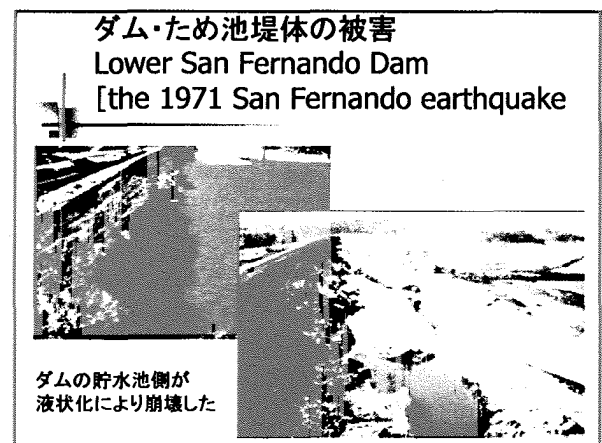
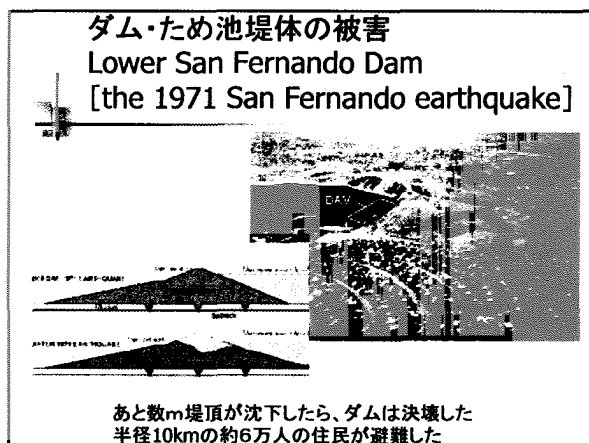
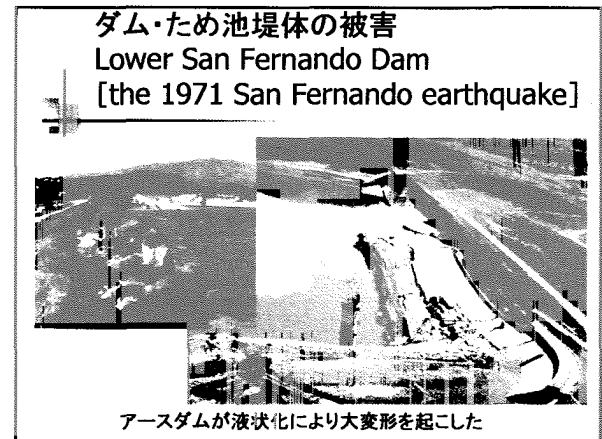
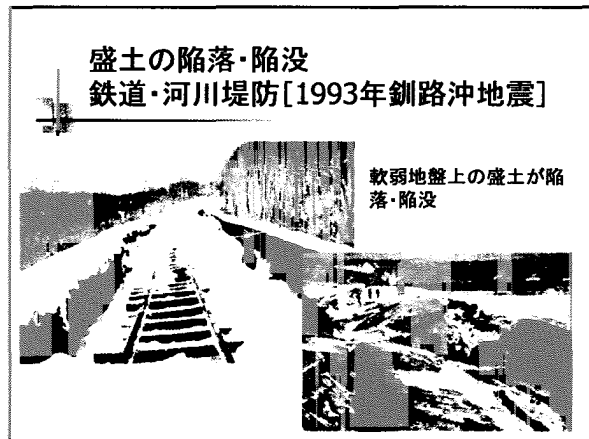


- ### 住宅盛土の課題
- 施工上の問題
 - 盛土の施工管理(転圧不十分、排水機能の不備)
 - 杭基礎等の適用が稀である
 - 液状化対策
 - 公共施設に比べると配慮は少ない
 - 盛土部に対する対策が必要
 - 調査・耐震評価
 - 盛土構造の調査
 - 地下水位の調査
 - 液状化に対する強度評価
 - 変形、被害程度の予想

- ### 道路盛土の被害の特徴
- 山地の道路建設は切土と盛土を交互に建設され、盛土のほとんどが沢地形に建設
 - 背後の沢地形により盛土内の地下水位が上昇
 - 液状化が発生する
 - 被害は切土部に集中する

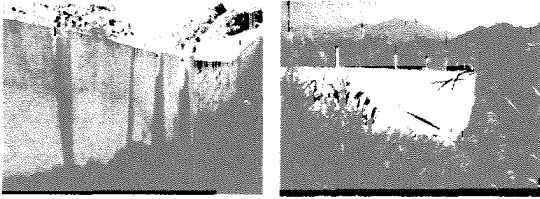


参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害



参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

広神村茂沢：広域農道(5.45) 多数アンカー：454.5m²、10.0m (B)



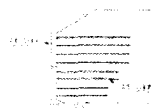
- ・地下水の流入は認められない
- ・壁面の変位は小さく、パネル等の軽微な損傷にとどまる
- ・隣接する擁壁は大きく変位し、盛土材が流失

補強土の位置付け

- 補強土
 - 植物繊維の混合(エジプト)、土のう
 - 補強土壁・盛土・地盤の補強、自然地山の補強
 - 補強土壁直壁を有する補強土
 - ・テールアルメ、ジオグリッド、多数アンカー、3R工法
- 地盤改良
 - 石灰を混ぜる三和土
 - 圧密・排水・載荷、混合処理、凍結・熱処理
- 軽量盛土
 - EPS、気泡混合、石灰灰

三種類の補強土工法

壁面のための補強



テールアルメ工法
ポリマーグリッド工法
多数アンカー工法
3R(スリーアール)工法

地盤・盛土の補強



各種シート、ネットによる
地盤表面補強工法
盛土補強工法

地山斜面の補強



鉄筋類挿入工法
マイクロパイル工法

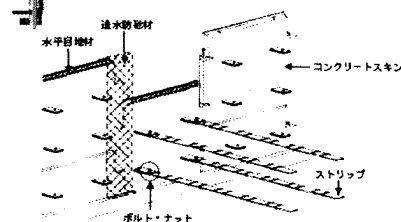
補強土の体系

- 補強土：Reinforced Soil; Reinforced Earth
 - テールアルメはフランス語で補強土
 - 曲げ・摩擦材
 - ・テールアルメ、ソイルネーリング、マイクロパイル
 - アンカー
 - ・アンカー工法、多数アンカー
 - 拘束補強
 - ・土のう、蛇かご、ワイヤードメッシュ
 - ジオシンセティック(Geosynthetics)
 - ・ジオグリッド、ジオテキスタイル、ジオメンブレン
 - ・排水、ろ過、分離、保護、遮水
- 鉄筋コンクリート匹敵する革新：民間主導

補強材の機能(直壁の土圧軽減)

- 機能分類
 - 圧縮材、引張り材、曲げ材、(摩擦材)
 - どの補強材も複合的な効果
 - ・テールアルメ：摩擦、引張り、曲げ
 - ・マイクロパイル(鉄筋)：圧縮、引張り、曲げ
- 壁面土圧の低減には引張り材が有効
 - 引張り力が設計の基本
 - ・テールアルメ、多数アンカー、ジオテキスタイル共通
 - ・圧縮や曲げは付加的な効果
 - 軽量盛土との重なり

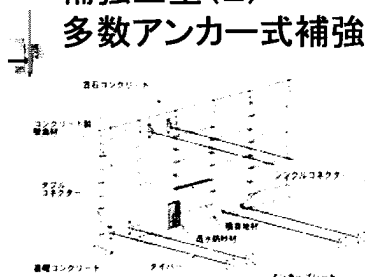
補強土壁(1) テールアルメ



帯状異型鋼板による補強
補強材と盛土材との間の摩擦
最も古く、施工実績が一番多い

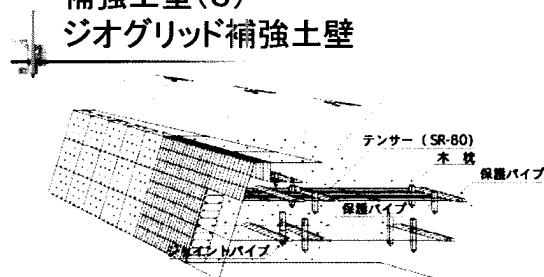
参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

補強土壁(2) 多数アンカー式補強土壁



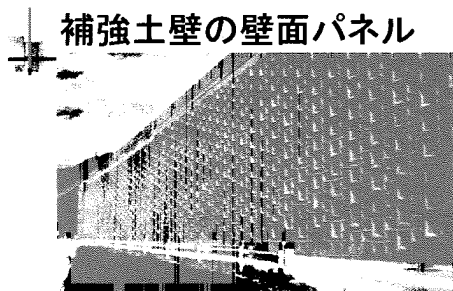
小型のアースアンカーによる補強
アンカーの引抜き抵抗による補強効果
比較的強度の低い材料にも適用可

補強土壁(3) ジオグリッド補強土壁



シート状材料による補強
シートの種類により、排水機能などを付加
壁面材にも種々のタイプ

補強土壁の壁面パネル

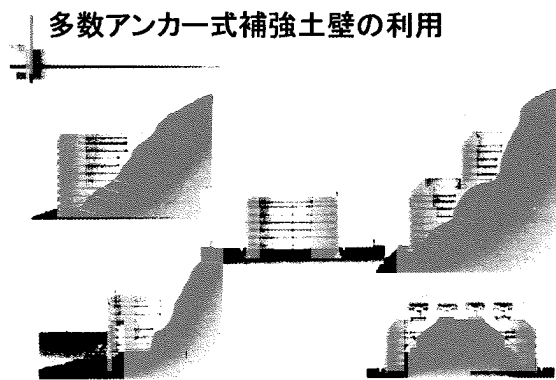


補強材の被腐・劣化を抑え、耐候性向上のために壁面は重要
耐久性の面から、パネルの一体性や補強材との連結強度が重要
景観、環境の面から、壁面のデザインに工夫ができる。

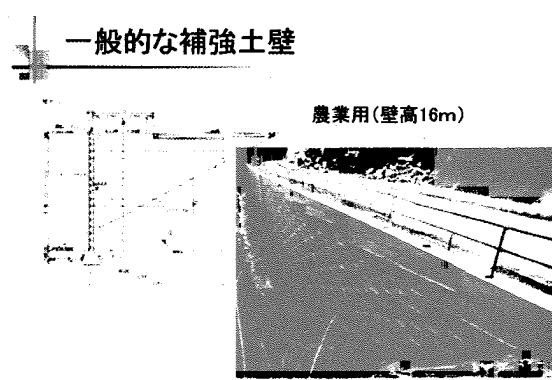
補強土壁の重要性

- 建設用地の経済性
 - 鉛直壁面による用地の減少
- 建設方法の簡素化
 - 建設機材の簡素化、山岳部での建設
- 建設発生土の有効利用
 - 現地発生土の盛土材としての利用
- 環境問題への対応
 - 建設時の騒音・振動の抑制
 - 景観への適応、緑化による自然環境の保全

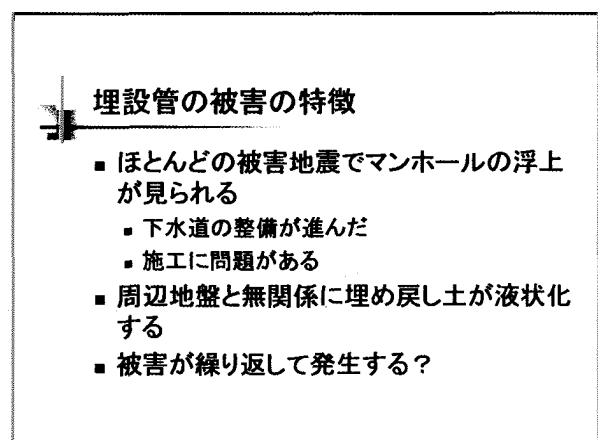
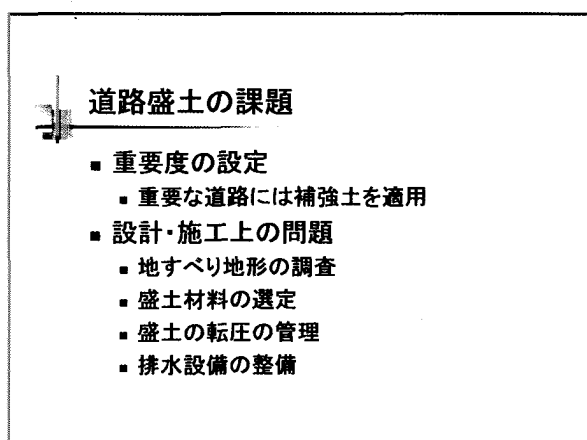
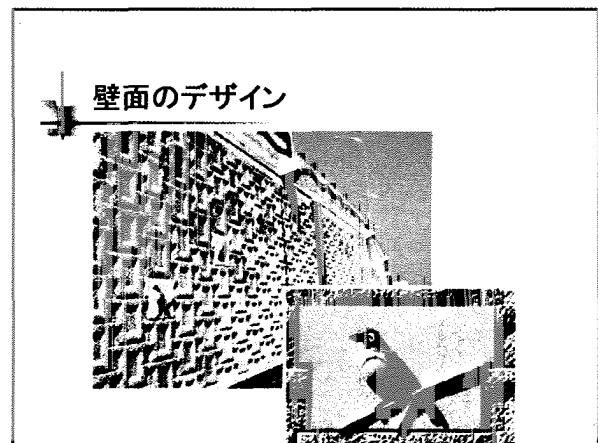
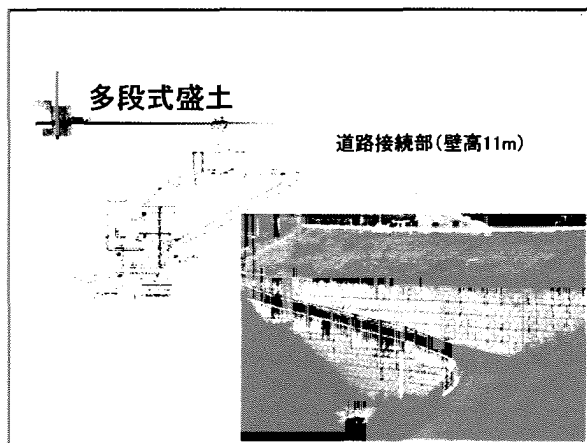
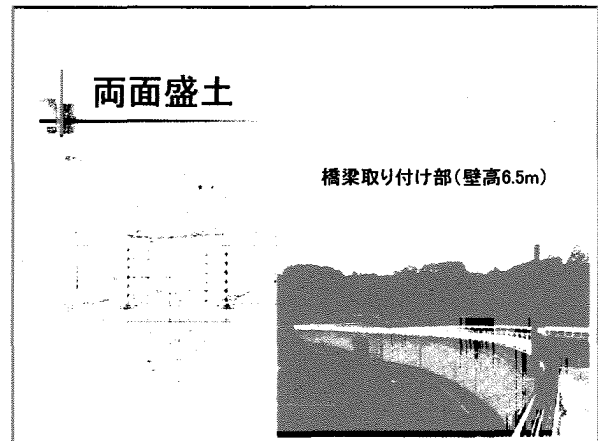
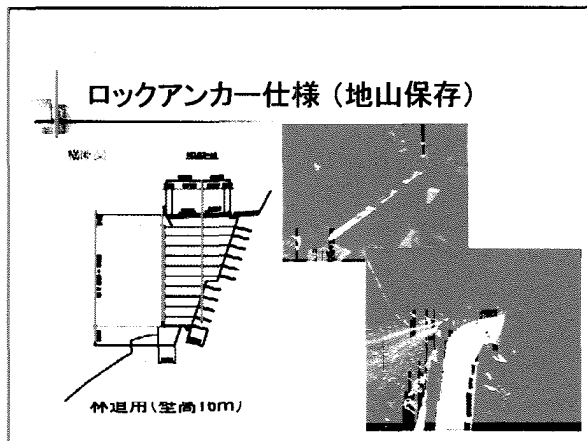
多数アンカー式補強土壁の利用



一般的な補強土壁

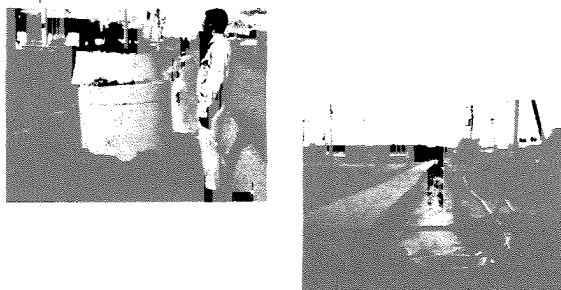


参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

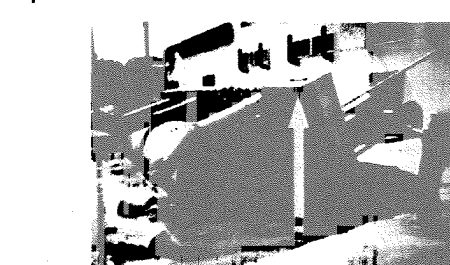


参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

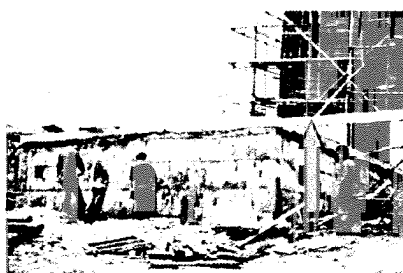
埋戻し土の液状化
下水道管路[2003年十勝沖地震]



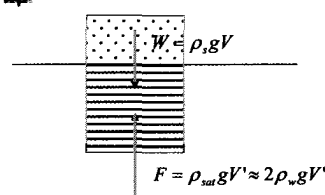
埋設した施設の浮上
貯蔵タンク[1993年北海道南西沖地震]



埋設した施設の浮上
貯水槽[1964年新潟地震]



埋設した施設の浮上
— 重量と浮力のバランス



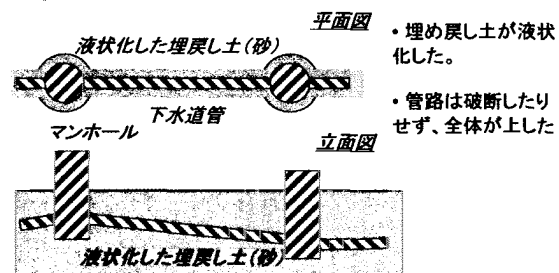
- 地盤が液状化すると浮力を受ける。
- 水中にある場合の2倍の浮力を受ける。
- コンクリートの容器や管でも、空であつたら浮き上がる。

V : 総体積, V' : 地中部体積
 ρ_s : 構造物の密度, ρ_{sat} : 液状化した砂地盤の密度

埋設した施設の浮上
下水道管路[1993年釧路沖地震]

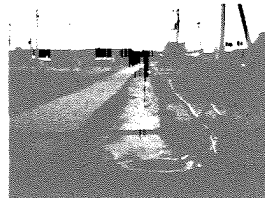
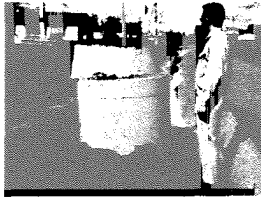


埋設した施設の浮上
下水道管路[1993年釧路沖地震]



参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

埋戻し土の液状化 下水道管路[2003年十勝沖地震]



埋設管の課題

- 上水道、ガス管など
 - ジョイントを撓み性に改良
- 下水道(大口徑、重要度は低い?)
 - 埋め戻し材料の改良
 - 埋め戻し土の転圧方法の開発
 - 埋設管の設置方法
 - 施工管理の徹底

液状化対策

- 液状化の調査と予測
- 液状化対策の種類
- 液状化対策の効果
- 液状化対策の課題

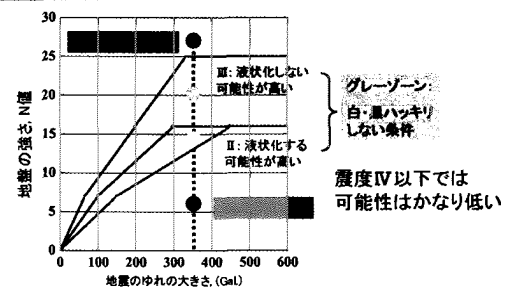
液状化の調査・予測

地震動

液状化抵抗

- 地震と地震動の設定
 - 震源
 - 地震規模
 - 震源からの距離
 - 地盤の構成、性質
 - 地盤の振動解析
- 地盤状態と抵抗力の評価
 - ボーリング孔
 - 地質状況
 - 地盤の密度
 - 貫入抵抗値
 - 液状化試験
 - 模型実験

地盤振動と液状化抵抗の比較



参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

液状化の防止対策

- 液状化対策の戦略
- 液状化対策の効果は？
- 対策すべきか否か・・・

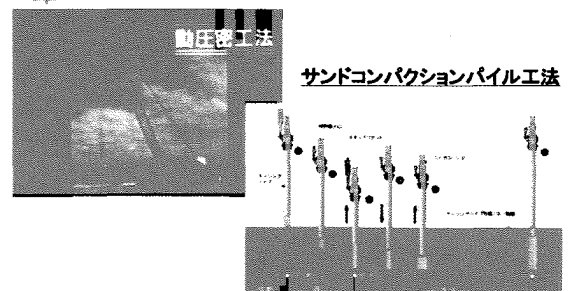
液状化対策の戦略

- 液状化を防止する
 - 地盤や土構造物を守る
 - 液状化が発生する原因(条件)を取り除く
- 液状化から守る
 - 地盤の液状化を許すが・・・
 - 構造物はびくともしないようにする
 - 構造物が動いても壊れないようにする

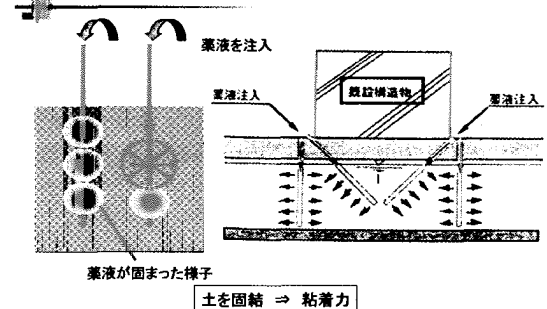
液状化を防止する

- 地盤を改良する
 - 締め固める
 - セメントなどで改良する
 - 砂を液状化しにくい材料で置き換える
- 水圧を抑制する
 - 地下水位を下げる
 - 水圧を抜く
- 地盤の流動を抑制する

地盤を締め固める

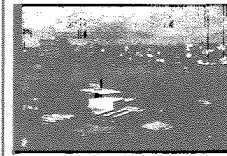
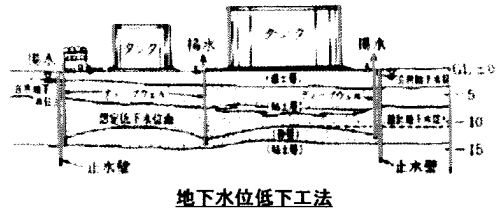


地盤を固結させる



参考資料1 地震時における液状化に関連した構造物の被害

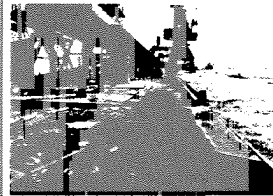
地下水位を下げる



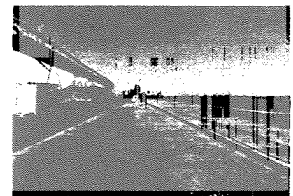
液状化対策の効果は？

- 効果は絶大である
 - 被害を完全に抑えることができる
 - これまでに検証例は多数

液状化対策の効果は？ 釧路港西港[1993年釧路沖地震]



液状化対策無し



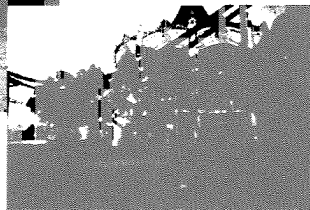
液状化対策有り

液状化対策の効果は？ 人工島[1995年兵庫県南部地震]



液状化対策無し

液状化対策有り



対策すべきか否か...

- 費用 対 効果
- 液状化対策の費用(例)
 - ホテル(横浜) — 建設費の10%
 - 港湾の岸壁 — 建設費の35%
 - 空港の滑走路500m — 数億～十数億
- 復旧にかかる費
 - 対策にかかる費用の2倍以上

液状化対策をすべきか・・・

- コストの比較
 - 対策に必要な費用
 - 被害の復旧に必要な費用
- 耐震設計は経済力の関数
 - 公共施設と民間施設
 - 先進国と発展途上国
- 構造物の重要性
 - 戦略的なそして選択的な耐震補強

参考資料 2.

豊川市における急傾斜地の危険度評価手法

- 御油団地調査結果概要 -

豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会第3回研究会
2005年12月15日 於 豊川市

応用地質株式会社
名古屋支社 技術部
部長 村田芳信

参考資料2 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法

豊川市における急傾斜地の危険度評価手法 御油団地調査結果概要

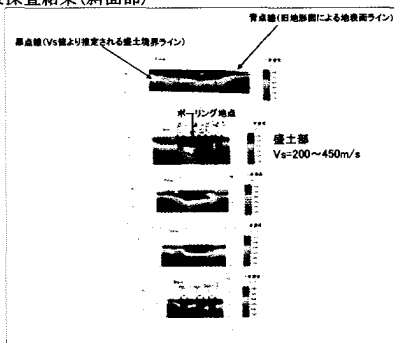
■調査項目

- ・ボーリング調査(斜面部1箇所、深度34m)
- ・ラムサウンディング調査
(斜面部上段4箇所、下段3箇所、合計深度111m)
- ・表面波探査
(斜面部測線長400m、平坦部2,400m)
- ・PS検層(ボーリング調査孔内)
- ・観測(傾斜計観測、地下水位観測)

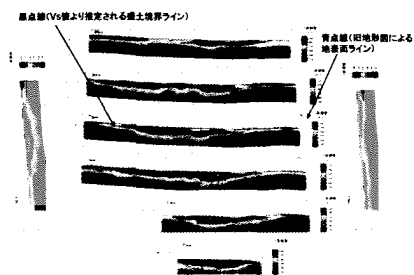
調査地点平面図



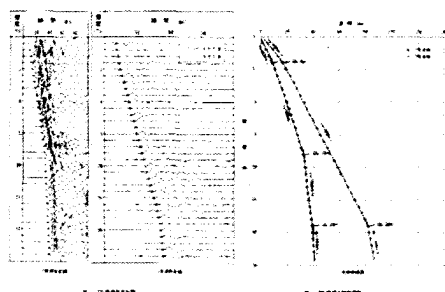
表面波探査結果(斜面部)



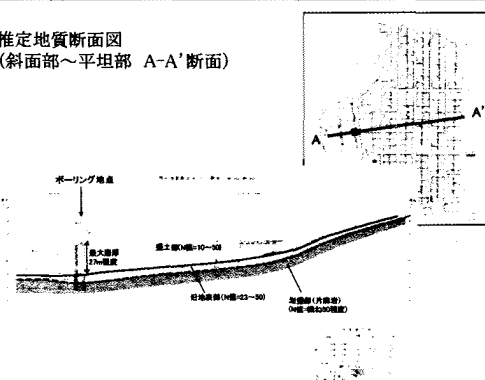
表面波探査結果(平坦部)



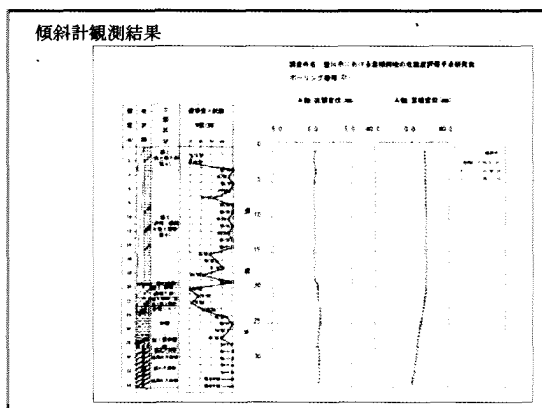
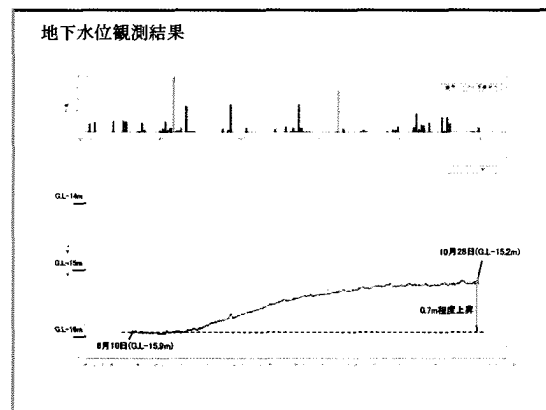
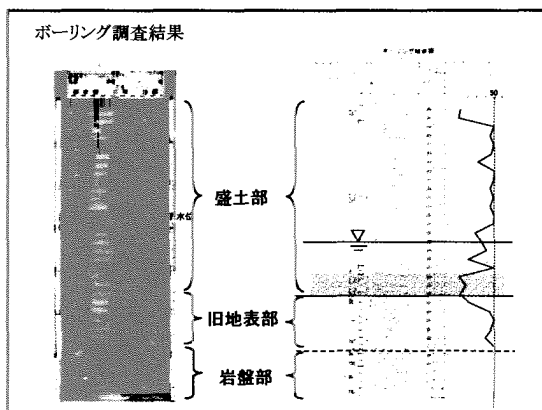
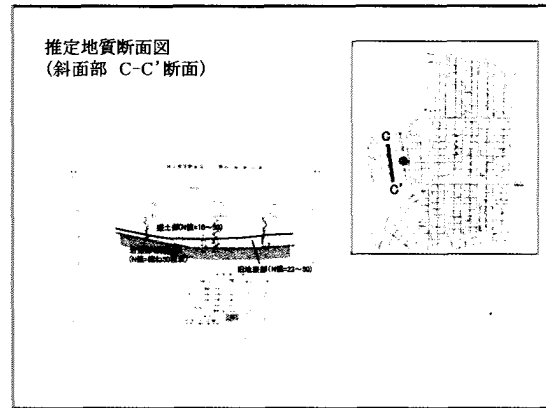
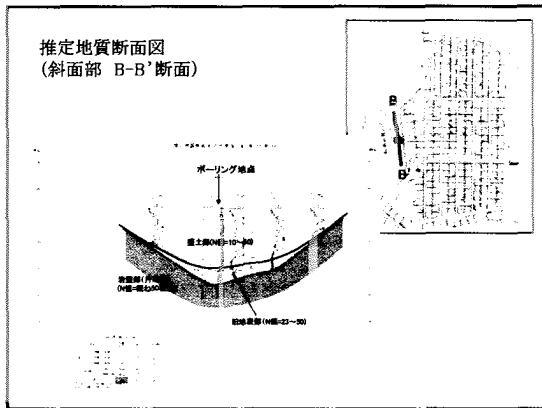
PS検層結果(ボーリングB-1地点)



推定地質断面図 (斜面部～平坦部 A-A'断面)



参考資料2 豊川市における急傾斜地の危険度評価手法



参考資料 3.

地震時における急傾斜地の
危険度評価法の調査研究
－ 豊川市における住宅盛土の調査 －

平成 17 年度 地震防災セミナー
2006 年 1 月 14 日 於 豊川市

豊橋技術科学大学
建設工学系 地盤・防災講座
助教授 三浦均也

参考資料3 地震時における急傾斜地の危険度評価手法の調査研究

地震時における急傾斜地の 危険度評価法の調査研究 ー 豊川市における住宅盛土の調査

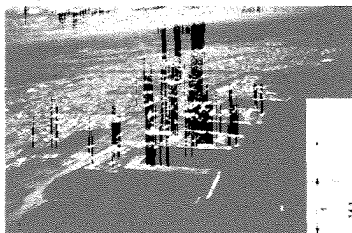
平成17年度 地震防災セミナー
2006年1月14日 於 豊川市

豊橋技術科学大学
建設工学系 地盤・防災講座
助教授 三浦均也

講演の内容

- 自己紹介
- 急傾斜地における地盤災害
 - 地震時における地盤の液状化
 - 住宅盛土の被害
- 豊川市における住宅高盛土の調査
 - 調査地点、調査方法の概要
 - 初年度の調査結果

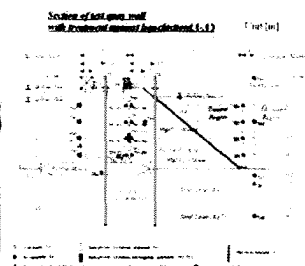
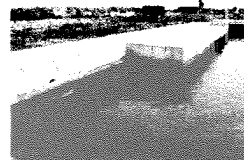
港湾岸壁の地震時挙動観測



鋼路港西港第4埠頭

試験岸壁

試験岸壁



地盤の液状化現象と地盤災害

- 液状化に関連する地盤災害
- 地盤の液状化現象のメカニズム
- 住宅の盛土被災
- 住宅地造成盛土の耐震調査

参考資料3 地震時における急傾斜地の危険度評価手法の調査研究

構造物への被害

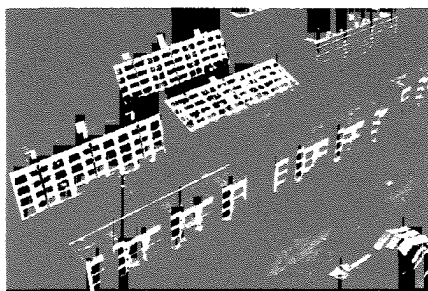
- 衝撃による構造物(上部構造)の損傷
 - 地震動加速度により衝撃力が発生
 - 構造物の共振現象
 - 建築物やインフラの耐震設計
- 地盤の液状化現象
 - 地震動によって地盤が液体に変化する
 - 地盤が軟弱化し、流動化する
 - 液状化による人的な被害は比較的少ないが、被災額の60-80%が液状化に関連する場合もある



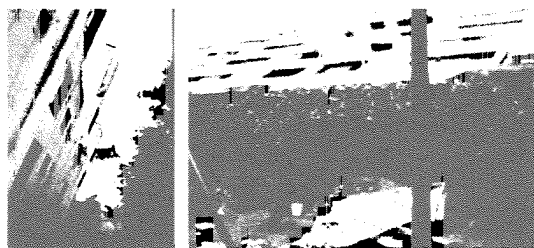
ヒケ込みなし

Location: Nagoya Airport

構造物の沈下・転倒 アパート[1964年新潟地震]

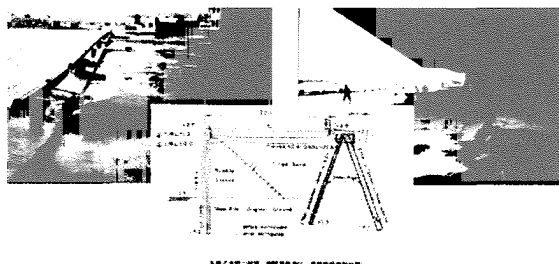


構造物の沈下・転倒 アパート[1964年新潟地震]

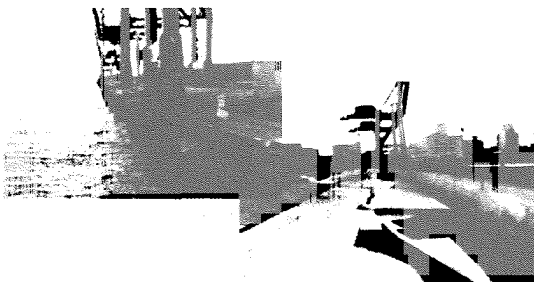


上部構造はほとんど無被害

抗土圧構造物の迫出し・破損 矢板式岸壁[1993年釧路沖地震]



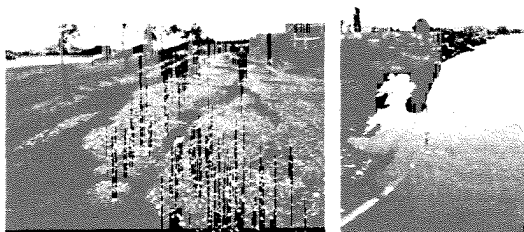
抗土圧構造物の迫出し 重力式岸壁[1995年兵庫県南部地震]



参考資料3 地震時における急傾斜地の危険度評価手法の調査研究

地盤の側方流動 新潟市信濃川河岸[1964年新潟地震]

・河岸が喪失した



地盤の側方流動による落橋 新潟市昭和大橋[1964年新潟地震]

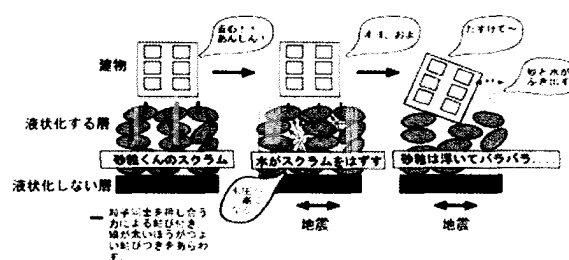


日本における主な被害地震

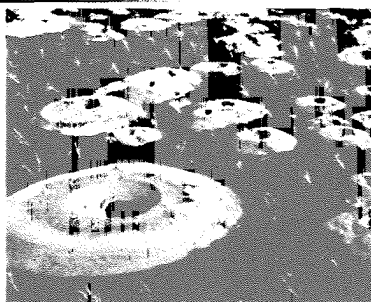


- ・ 1891年 濃尾大地震, M8.4(7,300)
- ・ 1896年 明治三陸地震津波, M8.7(27,000)
- ・ 1923年 関東地震, M7.9(140,000)
- ・ 1927年 北丹後地震, M7.3(2,900)
- ・ 1933年 三陸地震津波, M8.1(3,100)
- ・ 1946年 南海道地震, M8.0(1,400)
- ・ 1948年 福井地震, M7.1(3,800)
- ・ 1964年 新潟地震, M7.5(28)
- ・ 1968年 十勝沖地震, M7.9(53)
- ・ 1983年 日本海中部地震, M7.7(104)
- ・ 1993年 剣路沖地震, M7.8(12)
- ・ 1993年 北海道南西沖地震, M7.8(23)
- ・ 1995年 兵庫県南部地震, M7.2(6,427)
- ・ 2003年 十勝沖地震, M7.8(2)
- ・ 2004年 中越地震, M6.8(40)

液状化の発生メカニズム



液状化の痕跡(噴砂孔)



神戸市、ポートアイランド中心部

地震直後はまるで洪水のよう



液状化現象の発生条件

- 粒子寸法のそろった砂
 - 粘土地盤では材料が粘るので液状化しない
 - レキは排水が良いので液状化しにくい
- 緩い堆積状態
 - 粒子配列構造が変化
 - 振動により体積が減少
- 地下水位が高いこと
 - 液状化現象が継続する
- 強い地震動

液状化の生じやすい地形・構造物

- 緩く堆積した砂地盤
 - 河川域、氾濫原、滞筋
 - 海岸や湖岸
- 港湾地域における埋め立て地盤
 - 人工地盤は密度が不足
- 地下水位が高い各種盛土
 - 沢地形における住宅盛土、道路・鉄道盛土
 - 河川堤防、ダム

液状化した砂地盤の性質

- 密度はおおよそ水の2倍
 - 2倍の浮力が作用する
- 硬さと強さ失う
 - 斜面や堤体などが自立しない
 - 地盤が構造物を支えられない
 - 振動特性の変化
- 流れる
 - 地表面が平らになるように流れる
 - 新潟地震では最大5m以上水平に変位

住宅造成地における液状化による被害

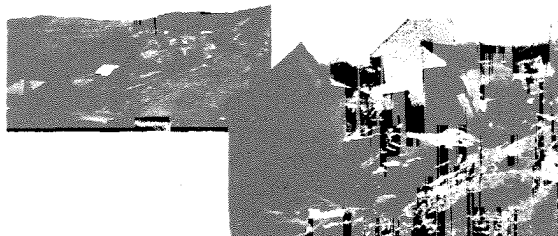
- 造成地のうち盛土部分だけが選択的に被害を受ける
- 震央距離が長く、比較的震度が小さくても被害が発生
 - 十勝沖地震(1968, 2003) 札幌市, 北見市
 - 新潟県中越地震(2004) 長岡市高町地区
- 背後の沢地形により地下水位が上昇
- 締め固め, 排水が不十分

北海道標茶町茅沼の住宅造成地

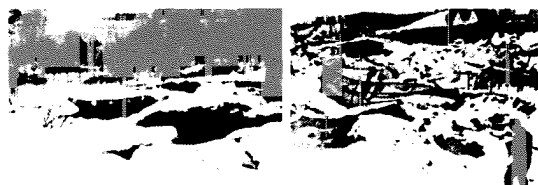
- 1993年釧路沖地震、1994年北海道東方地震で続けて被害を受ける
- 盛土部が崩壊し十数軒が損壊
- 台地外縁部を切り盛りにより造成
- 後背の沢地形が集水機能を果たし地下水位が高い

1993年釧路沖地震における被害

十数軒が全半壊した



1993年釧路沖地震における被害



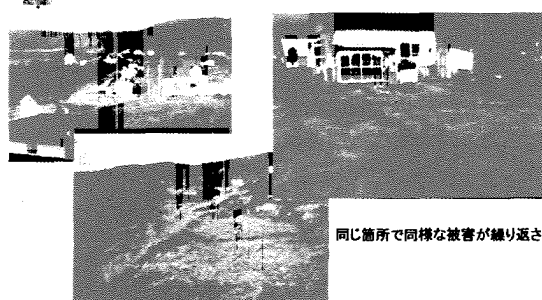
表面が凍結していた斜面はブロック状に壊れて滑動したところどころで地下水面が現われ、水溜りとなった

1993年釧路沖地震における被害



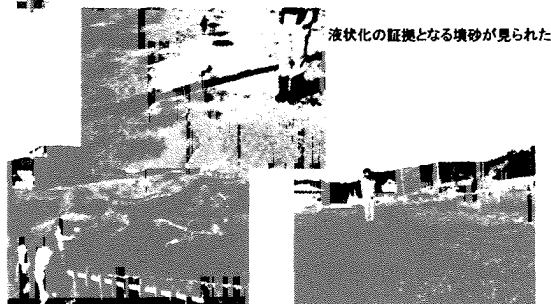
基礎の不安定化が構造の被害を引き起こした
加速度による構造の被害は比較的小さい

1994年北海道東方地震における被害



同じ箇所と同様な被害が繰り返された

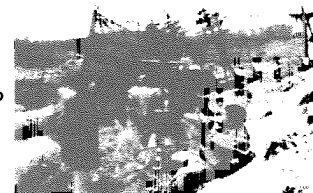
1994年北海道東方地震における被害



液状化の証拠となる噴砂が見られた

住宅地の調査

- 図面による調査
 - 平面図
 - 開発履歴
- のり面を含む側線に沿った測量
- 地盤物性の調査
 - 盛土の深度、強度
 - 地下水位
- 解析
 - すべり解析
 - 変形解析



参考資料3 地震時における急傾斜地の危険度評価手法の調査研究

住宅地の造成履歴

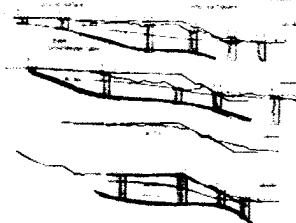
Development history of the Kiyomizu area



土砂の搬入や搬出はほとんど無く、切土と盛土が混在

The second development in 1985: the eastern part (This part was prepared for resort houses)

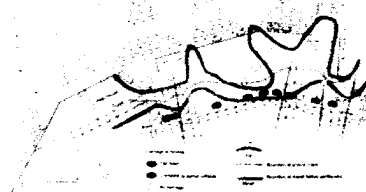
盛土の断面



Soil profiles of the selected severely damaged and slightly damaged sections

後背沢からの地下水供給により地下水位は高い

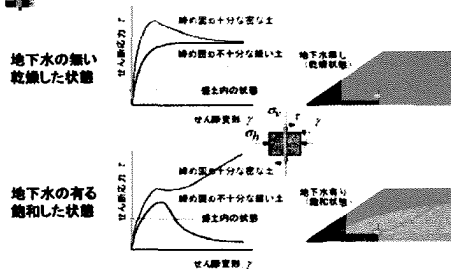
被害の分布



Geometry of the area and damage pattern in 1993 Kushiro-oki Earthquake

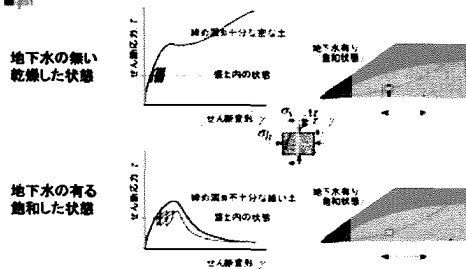
被害は盛土部分に集中した。

盛土の安定性における地下水の影響



・ 水圧の増加により強度が低下する
・ 浸透力によりせん断応力が增大する

盛土の地震時の安定性

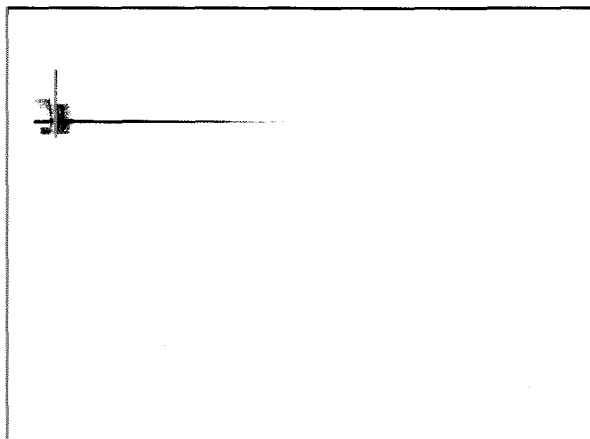


・ 密な土では水圧の発生は抑えられ
・ 緩い土では水圧が発生し液状化する

住宅盛土の調査研究のポイント

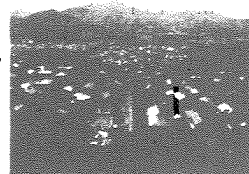
- 盛土の地質構造の調査
 - 盛土の分布、切土との区分
 - これらが資料等では不明な場合が多い
 - 広範囲を簡易に調査する方法が必要
- 地下水位の調査
 - 液状化の可能性を左右する
- 地盤液状化の可能性の評価
- 変形、被害程度の予測

参考資料3 地震時における急傾斜地の危険度評価手法の調査研究



豊川市における住宅高盛土の調査

- 「東三河地区防災研究協議会」を介して豊川市からの研究室が受託(2年間)
- 「豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会」が中心となって調査研究を実施



本研究の背景および目的

背景

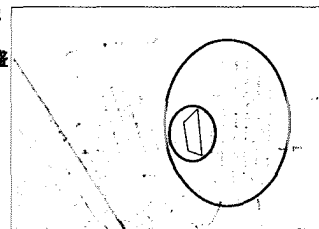
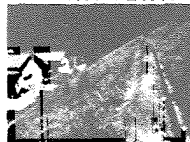
- 大規模な被害地震において、住宅地の造成地の液状化による被害が多く発生し、深刻な影響を及ぼしている
- 東海地域においては、近い将来における発生が予想される東海地震・東南海地震との関連で、住宅盛土を含む社会基盤施設の地震時安定性への関心が高い

目的

- 住宅高盛土の構造や特性の調査および地震時の挙動解析により地震時安定性を評価する
- 住宅高盛土の一般的な耐震性評価法の研究・開発に寄与する

住宅高盛土の概要

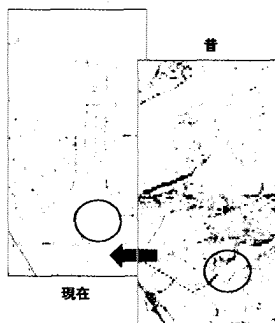
- 豊川市御油町 御油団地
- 昭和48年(1972)に建設
- 最大厚さ約30mの住宅盛土を建設
- 地山を切り崩したとき発生した岩ずりを材料



住宅高盛土の地質構造の推定

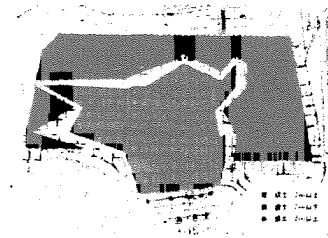
新・旧地形図の比較

- 御油団地は切土と盛土から形成
- 切土部分と盛土部分の構成を把握する必要がある
- 盛土の厚さもある程度推定できる



高盛土の推定結果

- 斜面の肩から団地の中心部にかけて盛土が分布
- 団地中では深いところで20mの盛土もある

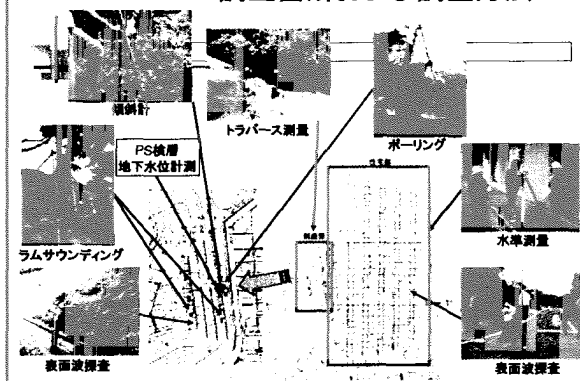


参考資料3 地震時における急傾斜地の危険度評価手法の調査研究

調査項目

- 地形
 - 地形測量(水準測量・トラバース測量)
- 地質構造・物性
 - 地表面弾性波探査(住宅部・斜面部)
 - ボーリング(斜面部)
 - ラムサウンディング(斜面部)
 - PS検層(ボーリング孔内)
- 地下水位変動
 - 観測(傾斜計・地下水位)

調査箇所および調査方法



地表面弾性波探査

探査原理

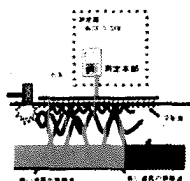
表面波探査は、地盤の地表付近を伝わる表面波(レイリー波)を多チャンネルで測定・解析し、深度20m程度までの地盤のS波速度を求める技術である。

調査方法

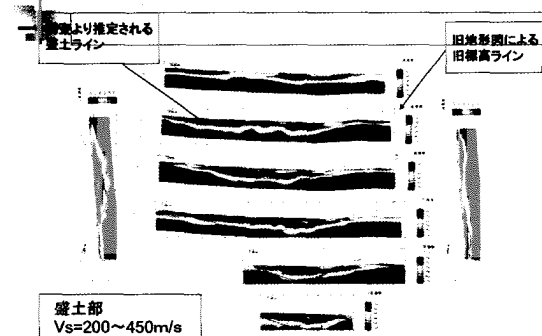
掛矢で起振し、振動を受振器により測定

測定値を解析しS波速度構造を算出

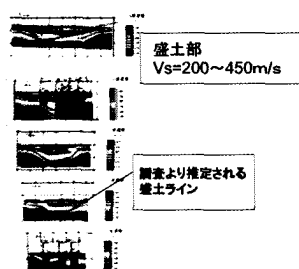
調査を行った区間の地質構造がわかる



地表面弾性波探査結果(住宅部)



地表面弾性波探査結果(斜面部)



まとめ 1: 地表面弾性波探査

- 探査により得た弾性波速度の分布から測定した盛土形状と地形図から推定した盛土形状が比較的よく合う
- 詳細な図面や地形図が無い場合でも、探査により盛土の三元的な地質構造を比較的容易に知ることができる
- 得られた盛土の弾性波速度の分布
 - 盛土部分: 400m/s
 - 切土(地山)部分: 1600m/s

参考資料3 地震時における急傾斜地の危険度評価手法の調査研究

弾性PS波の検層

調査原理

図のようなボーリング孔から2～3m離れた場所から起振するS波と、孔付近から起振するP波を孔中受振器(ボアホールピック)で測定し、それぞれの速度を求め地質構造を推定する調査方法である。

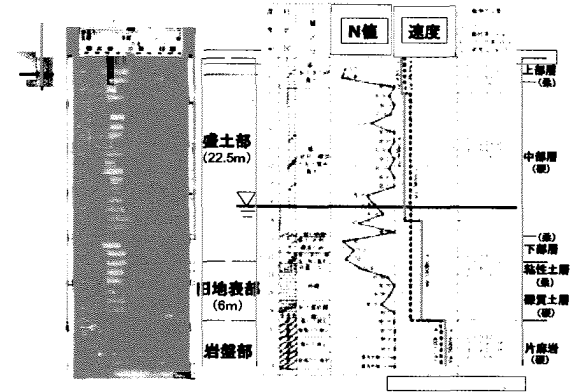
調査方法

それぞれの点からの振動を受振器で測定

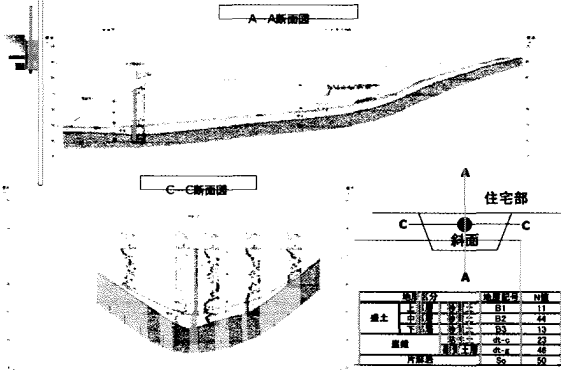
測定値からそれぞれの走時曲線を作成し、弾性波速度と速度境界深度を求める

振動解析に必要な資料を得る

ボーリング・PS検層調査結果



推定地質断面図

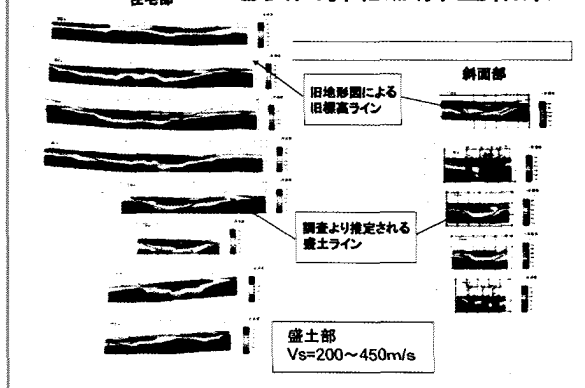


まとめ 2

ボーリング, PS検層, サウンディング

- 盛土は礫分を含むが、比較的均質な岩ずりて構成: 平均N値=32
- 地山はやや風化した片麻岩: N値>50
- 旧地山地表面には粘性土と礫質土層が不均質な薄層として存在
- 盛土の下部の浸水部分はN値が13~23と比較すると低く、細粒分の損失(流失)が認められた
 - 強度・剛性が比較的低く、透水係数は大きい

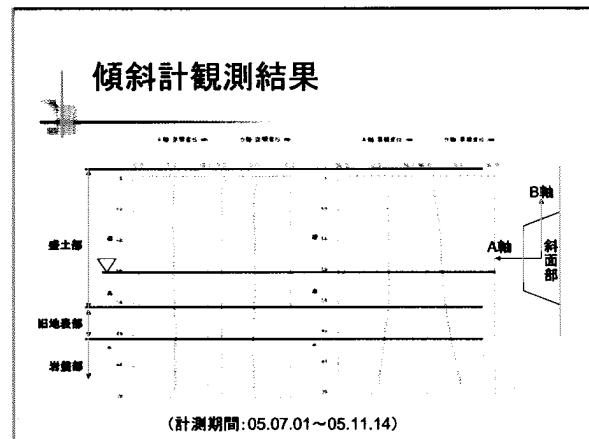
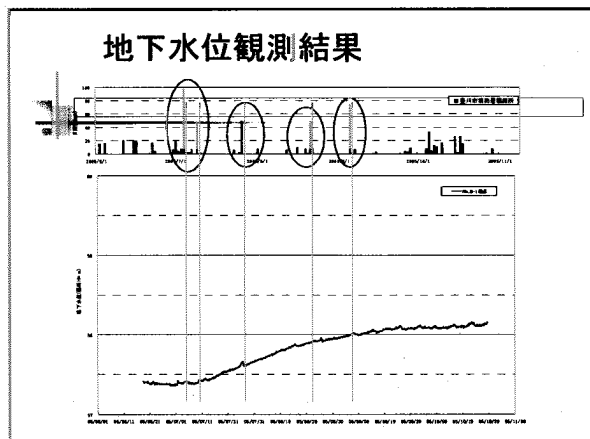
地表面弾性波探査結果



まとめ 2: 地表面弾性波探査

- 探査により得た弾性波速度の分布から測定した盛土形状と地形図から推定した盛土形状が比較的よく合う
 - 詳細な図面や地形図が無い場合でも、探査により盛土の三次元的な地質構造を比較的容易に知ることができる
- 得られた盛土の弾性波速度の分布
 - 盛土部分: 200~450m/s

参考資料3 地震時における急傾斜地の危険度評価手法の調査研究



まとめ 3: 水位観測, 傾斜計計測

- ボーリング孔内の長期水位計測を実施
 - 降雨に反応する地下水位の変動は, 本年度(最大降雨100mm程度)は認められなかった
 - 数ヶ月で60cm上昇している。季節的な変動の可能性が高い
 - 地下水の供給は旧沢地形の北側から定常的に供給されていると考えられる
- 傾斜計計測による地盤の長期的な変位
 - 現在のところ有意な変位は認められていない
 - 今後は地震時や豪雨時には被害予測の指標となる

今後の課題

- 旧地表面の粘性土層の調査
 - 地震時における盛土の滑動量を推定するため, 土質試料を採取して, 室内試験によりせん断特性を詳細に調べる
- 地下水位と変位の長期的な観測
 - 地下水位により盛土の地震時安定性が大きく異なるので, 季節変動, 降雨への応答を明らかにする
 - 長期的な変位を把握し, 現在の安定性を明らかにする
- すべりに対する安定解析
- 振動解析による盛土の振動特性解析

平成 17 年度研究報告書（概要版）

地震時における急傾斜地の 危険度評価法の調査研究

研究代表者

豊橋技術科学大学・建設工学系・助教授

三浦 均也

東三河地域防災研究協議会

（研究提案市：豊川市）

1. はじめに

1.1. 報告書の構成

本報告書は、豊川市御油における長大な斜面を有する住宅高盛土を対象に一連の調査研究を取りまとめたものである。本報告書の構成は、以下のようである。

第1章（本章）は序章の位置付けで、本調査研究の目的と住宅高盛土の地盤調査を実施する背景を明らかにする。第2章では、調査対象の住宅高盛土の概要で、住宅高盛土の造成過程等についてについてまとめる。第3章では、住宅高盛土の地盤調査方法の概要を取りまとめる。ボーリング調査、N値測定、PS検層、地表面弾性波調査、水位観測、残留変位観測、および調査の実施状況について説明する。第4章では、調査結果を取りまとめるとともに、調査結果に基づいて住宅高盛土の地質構造特性を考察する。第5章では、本研究で得られた結果を総括するとともに、来年度における調査方針を提案する。

1.2. 本調査研究の背景および目的

大規模な地震においては種々の公共施設に被害が生じるが、宅地開発により造成された住宅地にもしばしば深刻な被害が発生する。家屋の倒壊につながるこれらの被害のほとんどは地震衝撃力による盛土部分の変形や破壊によって引き起こされるもので、住宅造成地の斜面崩壊、盛土における陥没、沈下、段差の発生などが発生する。このような住宅造成地の被害程度は盛土の規模や傾斜などの地形条件のみならず、地質構造、盛土材料の力学的性質、さらには後背地から侵入する地下水浸透流など、いわゆる地盤特性に強く依存する。

調査研究の対象である豊川市の住宅高盛土が位置する東海地区は、太平洋側一帯において東海地震や東南海地震、南海地震が近い将来に発生する可能性が高い地域で、地震の影響を強く受けることが予想されている。地震活動が世界的に見ても活発な日本にあっても特に地震に対する対策が急がれているこの地域では、住宅造成地を含む社会基盤施設の地震時安定性および耐震性能への関心は高く、本研究における課題に取り組むことは地域社会の要請にこたえるもある。都市の後背山地を開発して行われる住宅地の開発は近年益々大規模で、国内の多くの都市において住宅造成地盤は人口と家屋の密集地帯を形成するため、市民社会におけるその重要度が増している。

本調査研究の目的は、豊川市御油町における住宅高盛土の地質構造や地震時における力学特性を調査し、地震時における挙動を解析することによって住宅地の地震時安定性を明らかにすることである。さらに、本研究を通じて得られる知見に基づいて、一般的な住宅高盛土の地震時安定性を対象とした効果的な調査方法およびその調査に基づいた解析方法と地震時安定性評価法を調査研究することを目的としている。

本調査研究の対象は、豊川市御油町に造成された長大な斜面を有する住宅造成地（高盛土）である。本調査研究は「東三河地区防災協議会」を介して豊川市からの依頼を受けて豊橋技術科学大学建設工学系、地盤・防災講座、三浦研究室が2年間の予定で受託したものである。本年度から研究を実施するに当たっては、豊橋技術科学大学、豊川市、応用地質株式会社、東北学院大学が参加した「豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会」を組織し、この研究会において調査研究の計画、実施、取りまとめを実施してきた。初年度にあたる平成17年度は、住宅高盛土の地質構造と地震時における力学的性質を明らかにするために一連の地盤調査を実施した。平成18年度には引き続き地盤調査を行うとともに、調査結果に基づいて住宅盛土の地震時挙動解析を実施する予定である。本調査研究の成果が豊川市御油町の地震時危険度評価に役立つのみならず、住宅高盛土の耐震性評価法の研究・開発に寄与すると期待し対している。

調査研究組織

代 表 者： 豊橋技術科学大学 三浦 均也

協 力 者： 豊橋技術科学大学 河邑 眞
応用地質株式会社 村田 芳信
東北学院大学 吉田 望

研究会： 「豊川市における急傾斜地の危険度評価手法研究会」

2. 住宅高盛土の概要

豊川市御油団地は愛知県豊川市の北西部に位置し、山地斜面を切り崩して建設した長大な急斜面を有する住宅隆高盛土上に造成した住宅造成地である。名鉄御油駅から北に 500m ほどのところに位置し、現在、区画整備された住宅地には約 300 戸の住宅が建設され、多くの住民が生活している。

図 2.1.1 は豊川市御油団地の平面図である。住宅地は南北に約 500m 東西に約 200m であり、西側には高さ約 30m 長さ約 60 の長大盛土斜面を有している。

・ 住宅高盛土の建設、構造

御油団地の住宅高盛土は昭和 48 年（1972 年）に建設されたものである。西方に向かって開けた沢地形を埋め立てる方式で、厚さ最大約 30m、傾斜約 30 度の長大斜面を伴う住宅盛土を建設した。この住宅造成地の規模は周辺の切土地盤を含めて東西に約 300m、南北に約 500m で、緩やかに西側へ傾斜している。現在ではこの住宅造成地には 306 戸の住宅が建設され 500 人以上が生活している。工場や公共施設などの大型の構造物はない。

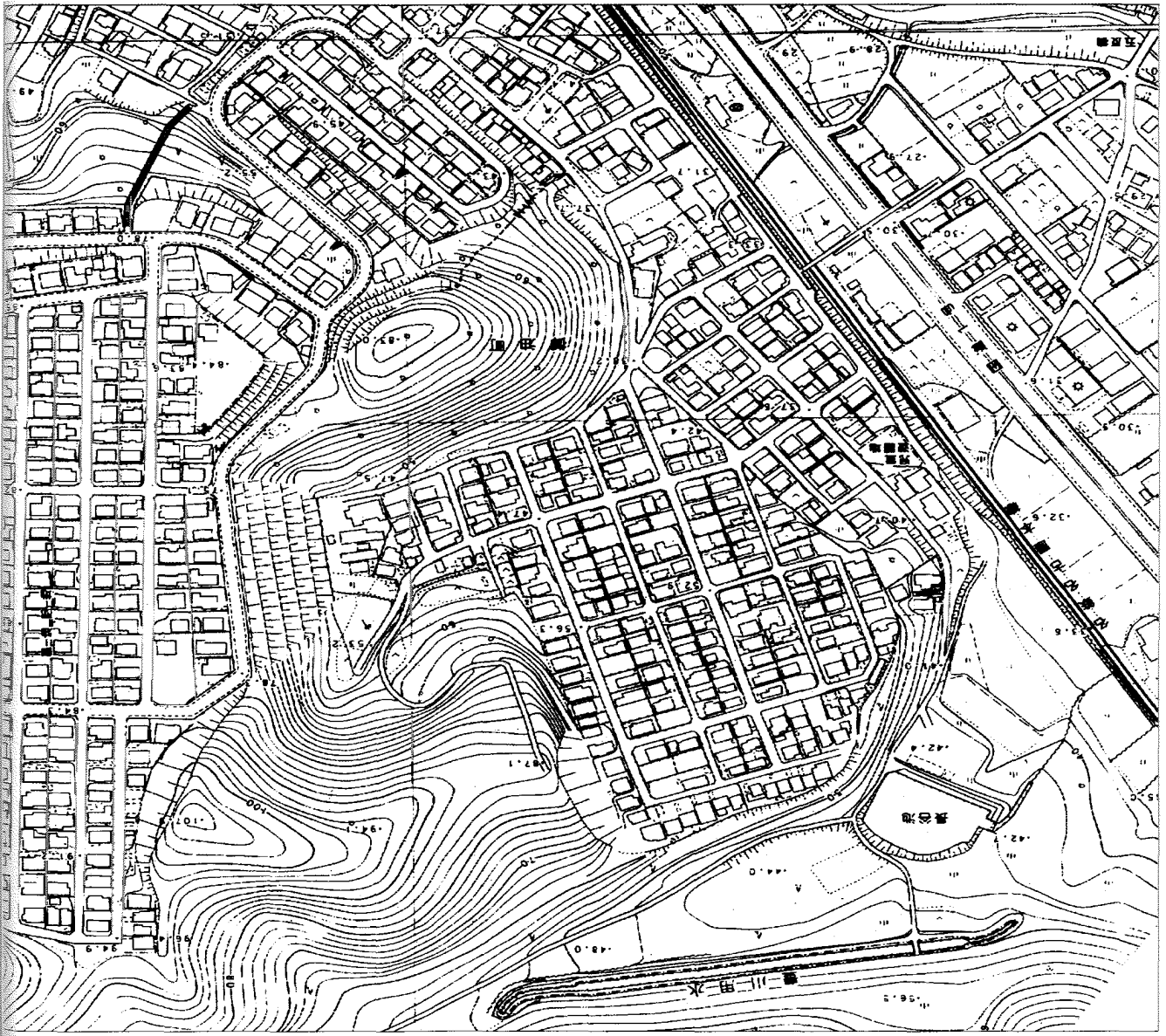
盛土建設には、地山を切り崩すことにより発生した、角張っていて比較的粒度分布のよい岩ずりを盛土材料として用いている。地山の切り崩しと整地によって約 100 万立方メートルの岩ずりが発生したと記録されているが、そのうち 80 立方メートルをこの盛土建設に用いている。したがって、他の建設現場等で発生した土砂は転用されておらず、盛土材料は比較的均質であると考えることができる。

盛土建設前には沢の北側から地下水の水源とすると小河川が沢の底部を定常的に流下していたことが分かっている。盛土の建設に対しては、この沢水を盛土から排水するための設備（暗渠排水や配水管など）は特に設けていないようである。現状では、盛土斜面の先端最下部に建設したコンクリート製の擁壁の排水孔や擁壁の底部から、降雨には余り敏感でない地下水の流出が定常的に認められている。

・ 住宅高盛土の切土と盛土の構造

住宅地における造成前後における標高の変化に基づいて、平面図における切土と盛土の分布を示したのが図 2.2.7 である。この図から、住宅地の造成に当たっては、住宅地外縁の丘陵部を切り崩し、発生した岩ずりにより住宅地中央部を盛土下ことが分かる。ここでは等高線の比較によるやや大まかな推定ではあるが、盛土の最も厚い部分では 20m を超えていることも分かった。

図 2.1.1 豊川市御油団地平面図：国土地理院



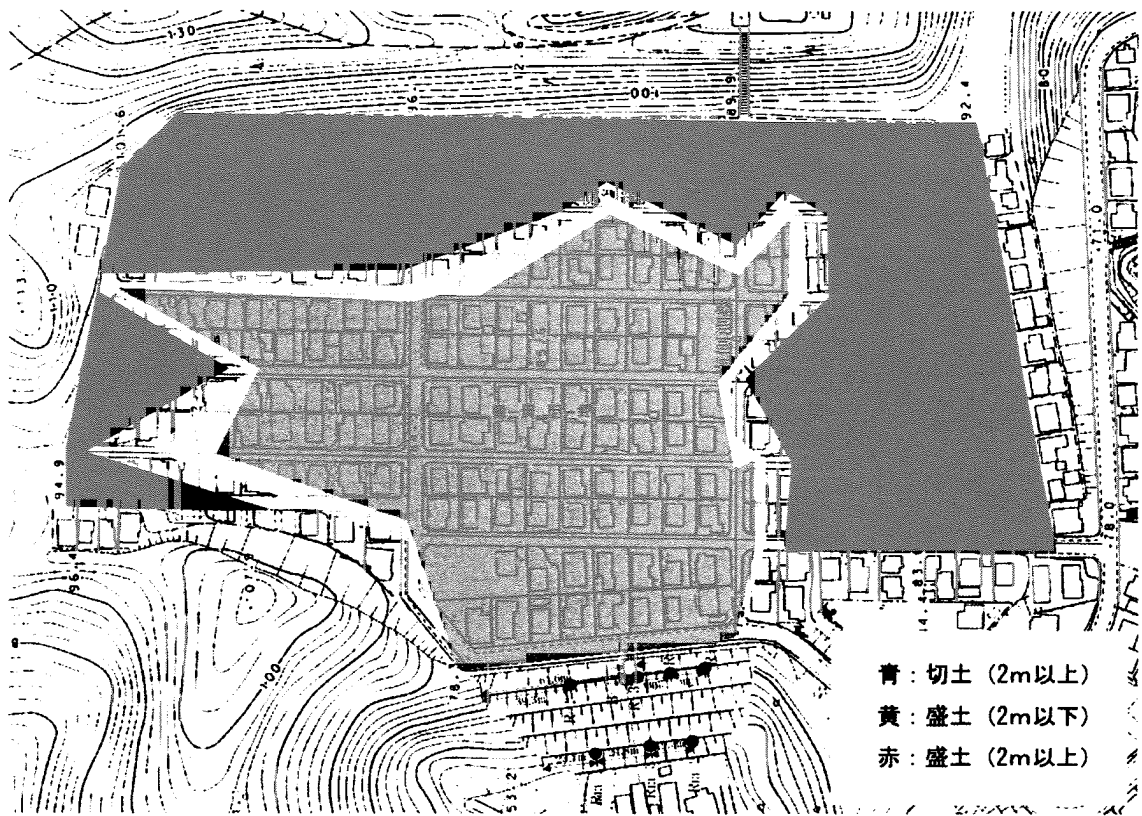


図 2.2.7 住宅地における切土と盛土の推定分布図

3. 調査および調査結果の概要

住宅高盛土の地質構造および盛土材料の力学的性質を明らかにするために実施した調査は下記のようなものである。地下水と盛土の永久変位の長期観測も含んでいる。

- 1) ボーリング調査
- 2) N値測定
 - ・標準貫入試験
 - ・ラムサウンディング試験
 - ・ミニラムサウンディング試験
- 3) P S 検層
 - ・ボーリング孔を利用したダウンホール試験
 - ・ミニラムを利用したアップホール試験
- 4) 地表面弾性波探査
- 5) 地形測量
- 6) 水位観測 7) 留変位計測

以下では調査結果の概要を説明する。

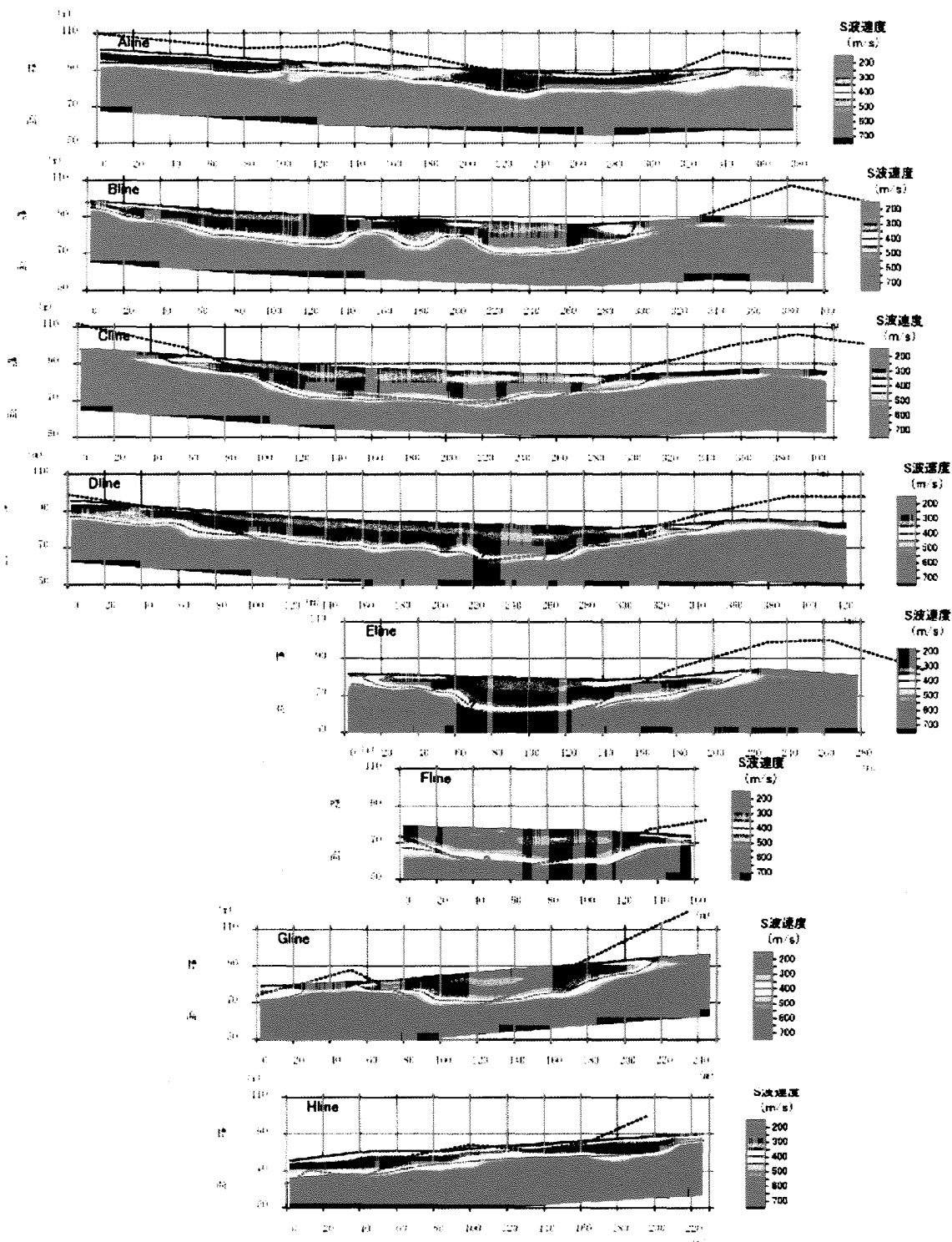


図 4.1.2 解析結果(A~H ライン)

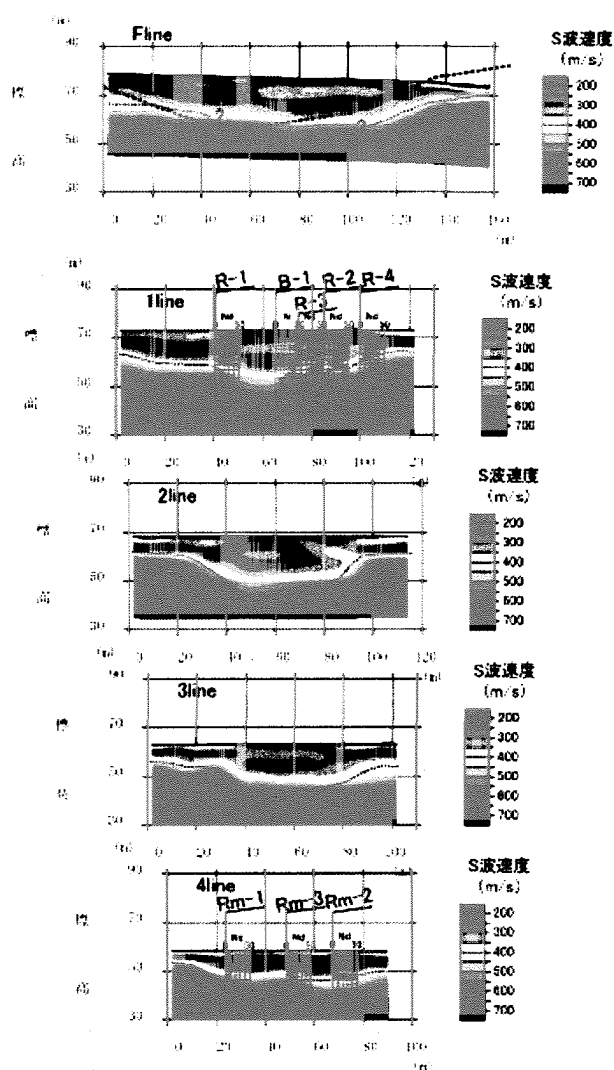
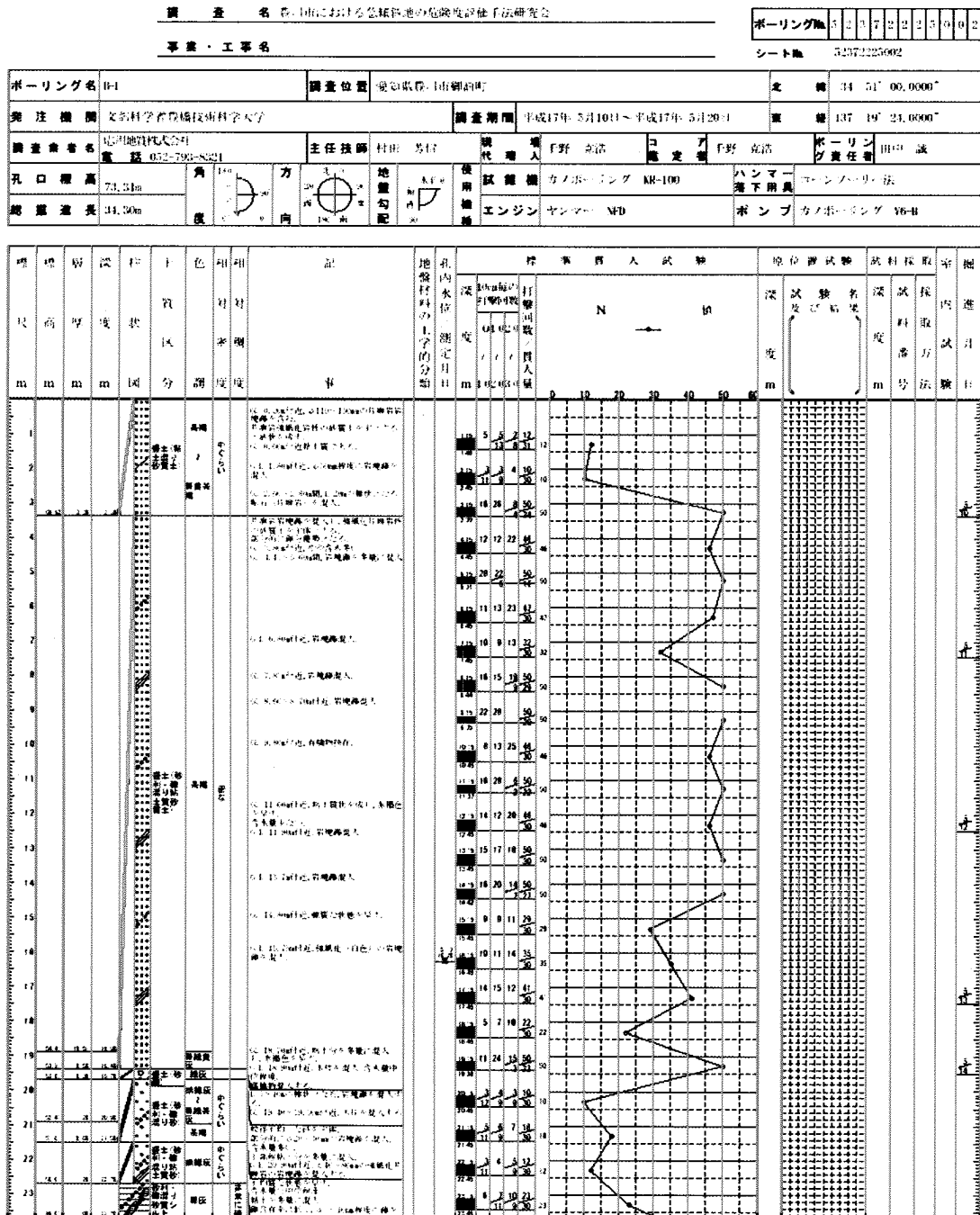


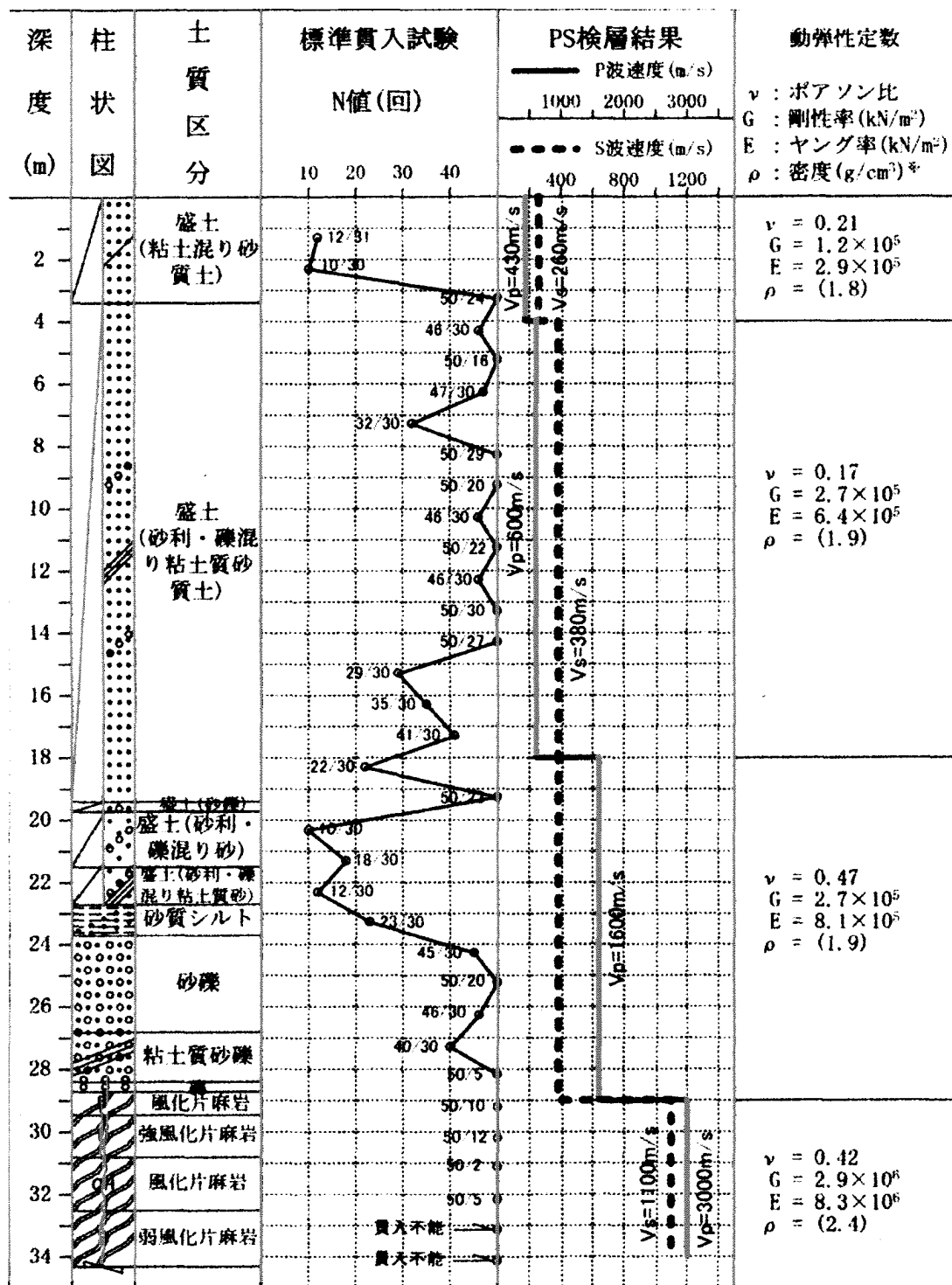
図 4.1.3 解析結果(斜面)

図 4.1.2 の解析結果から御油団地の住宅地道路の S 波速度の分布の様子がわかる。その分布から、地質構造が推定できる。すなわち S 波速度から地盤の固さを読み取ることができるので、住宅高盛土の地質構造および切土と盛土の構造を三次元的に推定することができる。ここでは、盛土部の S 波速度は平均 200～450m/s となっている。一般の指標では $V_s=300\text{m/s}$ が支持層の値であることから、この盛土は良く締まっているものと考えられる。

・ ボーリングと PS 検層による柱状図および地質の推定

ボーリング柱状図





※密度はサンプル状況などからの推定

図 4.4.3 PS 検層 総合柱状図

ボーリング調査の結果から、御油団地急斜面地の地層を知ることができた。急斜面地の地層は次のようになっている。

まず、盛土は3層にわかれている。上部層(B1)は掘削点から約3.5mまでで、粘土混じり砂質土で相対密度は中である。次に中部層(B2)は3.5m～19.5mまでで、砂利・礫混じり粘土砂質土で相対密度は密である。最後に下部層(B3)は19.5m～22.5mまでで、砂利・礫混じり砂質土で相対密度は中である。盛土はこのようになっており、上層部(B1)と下層部(B3)は平均N値も11～13と相対密度が小さくなっている。それに対して盛土の中で一番厚い層である中部層(B2)は平均N値が44と相対密度が密であり、表面波探査の結果からもよく締まった盛土となっている。

次に盛土下の地層だが、崖錐の上部(dt-c)は砂利・礫混じり砂質シルトが22.5m～24mとなっており、相対密度は中である。崖錐の下部(dt-g)は粘土質砂礫が24m～28.5mとなっている。相対密度は密である。この層は上部(dt-c)は平均N値が23となっており下部(dt-g)の平均N値は46となっている。

これより下の層は岩盤となっており地層区分は片麻岩である。N値は最大の50を超えた。

今回のボーリングの結果から、御油団地の急傾斜地の盛土は約22.5mであり、その盛土の地層のN値や旧地表面下の地層等を知ることができた。

また、今回の標準貫入試験のN値の結果に多少のばらつきがあるが、それは礫にぶつかったときの値であり、実際のN値は結果よりも小さくなるものと思われる。盛土中の一番厚い層B3は盛土であるものの、平均N値が44とよく締まっている盛土であるという結果を示している。

PS検層の結果から各層でのポアソン比を推測することができた。地盤の挙動を調べる際にポアソン比があるととても便利であるため、今回の結果は今後の振動解析等において重要な基礎資料となる。

P波S波のそれぞれの結果は、P波は深度約4mまでは $V_p=430\text{m/s}$ で、4mから $V_p=600\text{m/s}$ となる。この4mまでは盛土の表層部分の比較的柔らかい層を示し、4mから下は盛土中の層の厚くよく締まった層の部分を示している。そこから急に $V_p=1600\text{m/s}$ になるが、これは地下水位のため V_p が 1500m/s 以上に上昇した。そして深度が29mから $V_p=3000\text{m/s}$ となり、岩盤に到達したことを示す。

S波は深度4mまで $V_s=260\text{m/s}$ で、4mから29mまで $V_s=380\text{m/s}$ となっている。P波と違い地下水位のある深度でも速度に変化は見られないが、岩盤となる深度29m以下は $V_s=1100\text{m/s}$ となる。

- ・ 水位観測による地下水位の推定

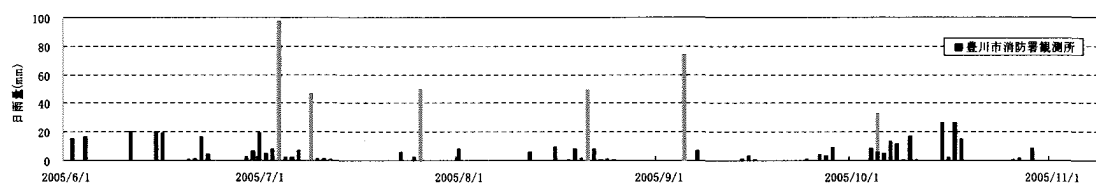


図 4.5.1 御油団地降水量

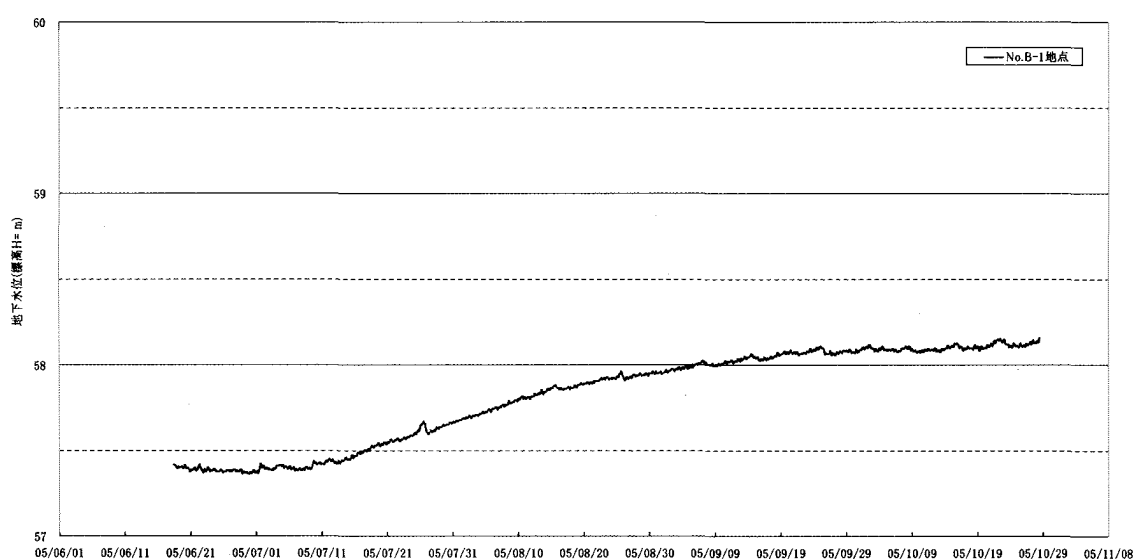


図 4.5.2 御油団地下水位

御油団地の急斜面地における地下水位の推移は図 4.5.2 のようになっている。7 月頃から水位が上昇してきているが、これは 7 月の頭に多い雨量が観測され、その雨がその後斜面に流れてきたものと考えられる。この 7 月の雨以外にも 3 度ほど多い雨量が観測されているが、地下水位はそのときそのときで上昇することなく、なだらかに水位は上昇している。このことから、この斜面は雨が降った後その雨がすぐに地下水となって斜面に流れてくることはないと考えられる。

現在の水位は約 58.2m でほぼ一定となっている。今後も計測を続けていくので、長期的な水位の変化からこの斜面の水位の挙動を把握したい。なお、第 5 章で行う斜面の安定解析における地下水位はこの 58m を用いた。

・ 主要地質断面の推定

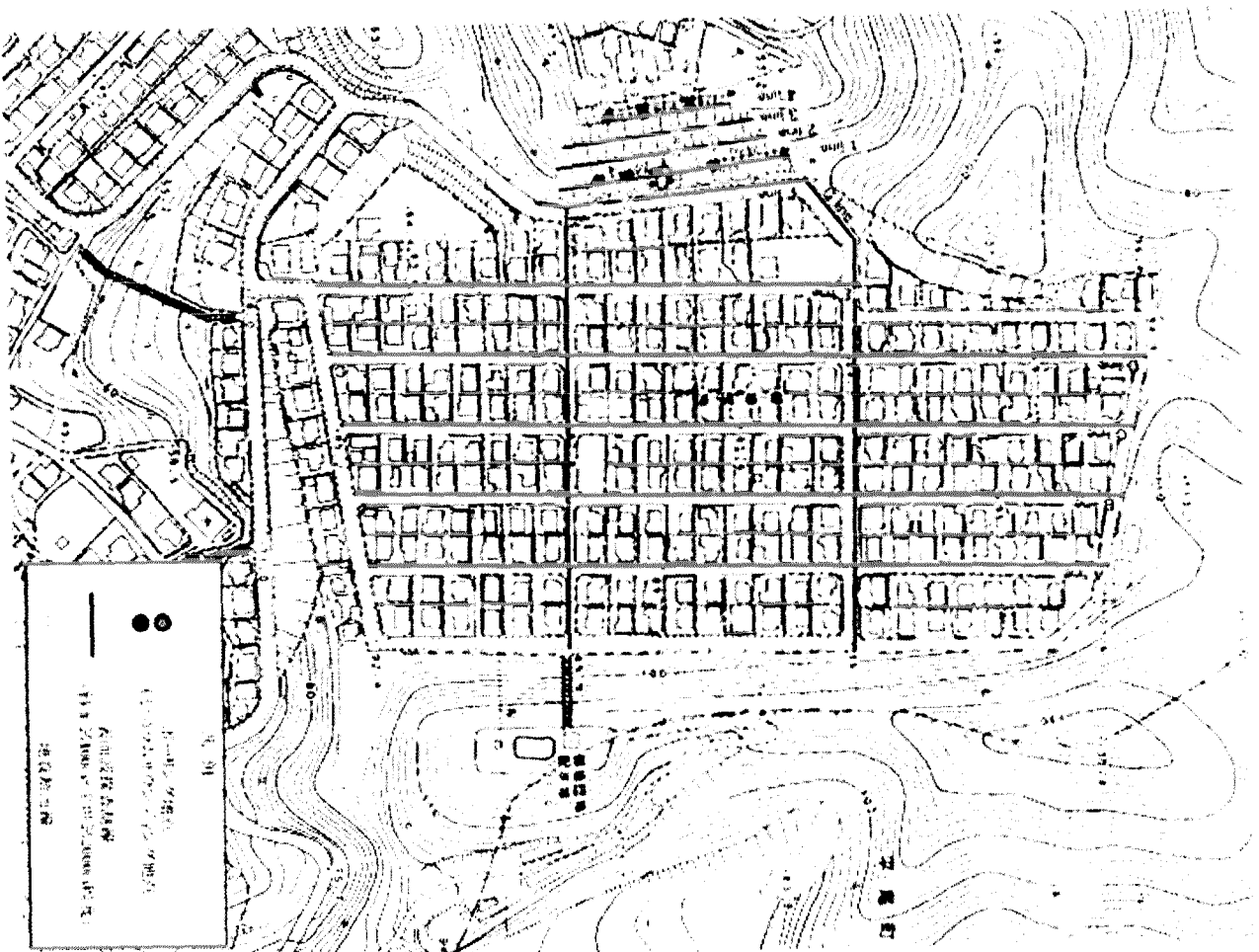


図 4.7.1 御油断地平面図

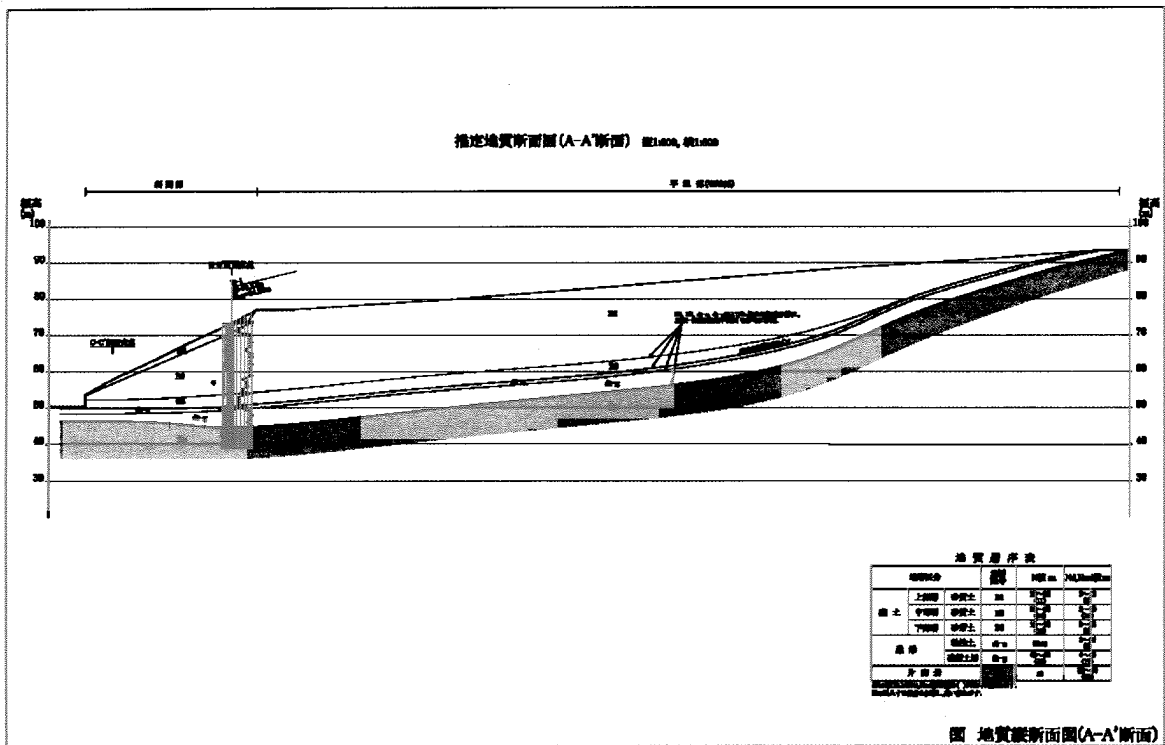


図 4.7.2 地質断面図(A-A'断面)

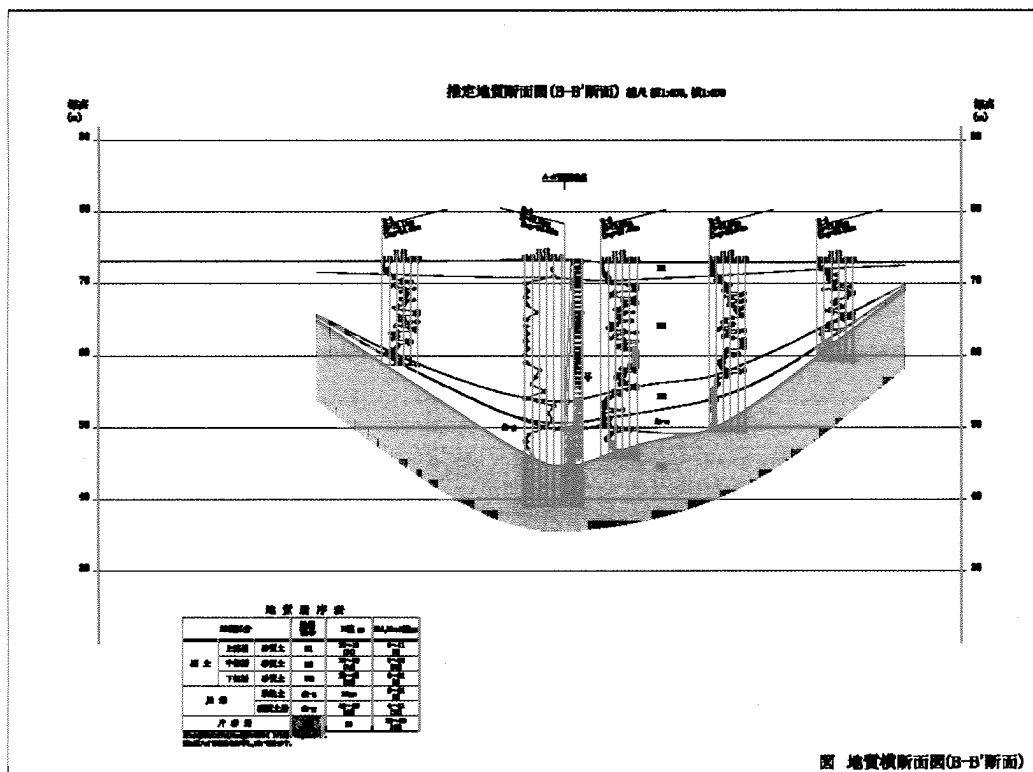


図 4.7.3 地質断面図(B-B'断面)

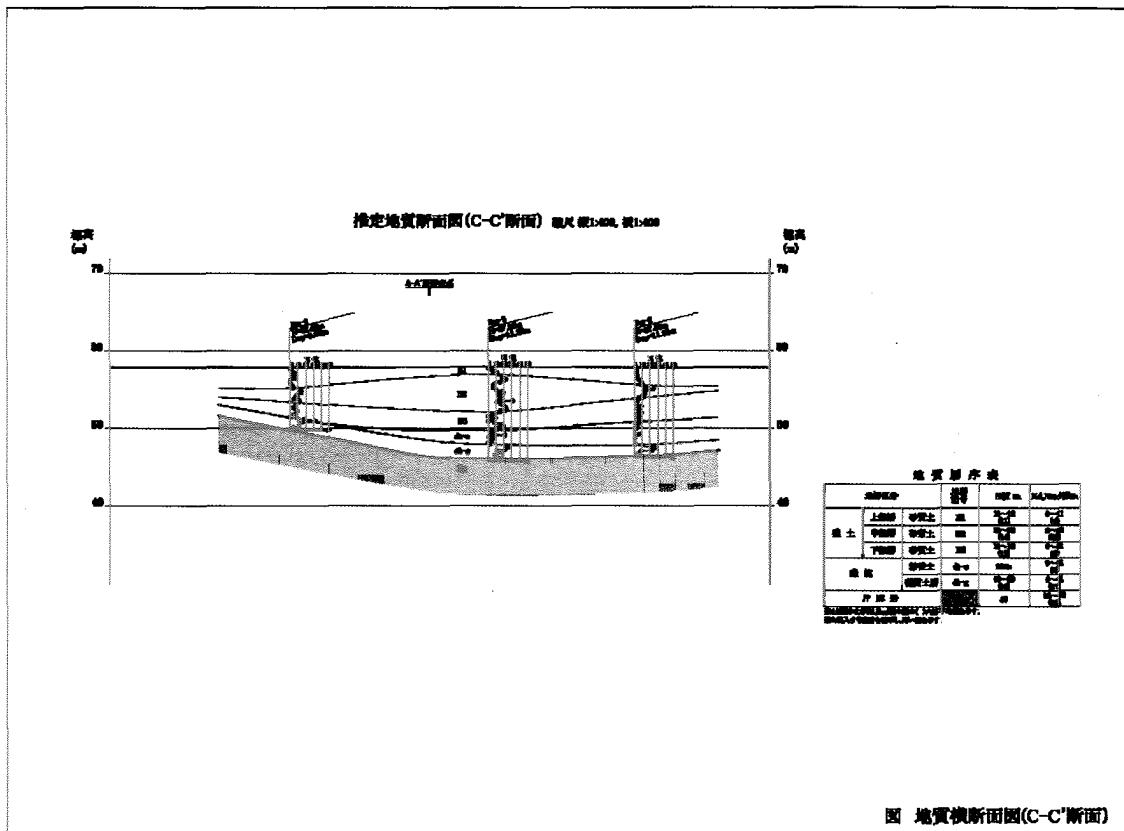


図 4.7.4 地質断面図(C-C'断面)

地質断面図や横断面図を作成するにあたり、ボーリング調査、ラムサウンディング試験、地表面弾性派探査の結果を総合的に判断して断面図を推定した。岩盤が谷状になっているのはラムサウンディングの結果から明らかであり、斜面中の地下水が元の斜面の最下部から流出していることからこのような形状であると推測できる。

4. ま と め

本調査研究では、平成17年度、豊川市御油町における住宅高盛土において一連の地質調査を実施した。これにより、盛土の地質構造を明らかにし、地震時における危険度を評価するために必要な基礎資料を得ることができた。また、地震時における危険度の評価するために調査法についても試み、その妥当性を検討することができた。本年度の総括と今後の方針をまとめると、以下のようである。

・ 本年度の総括

[ボーリング，PS 検層，サウンディングによる地質構成の検討]

地質構造を明らかにする目的で、ボーリング調査・PS 検層調査・サウンディング調査を行い、以下のようなことがわかった。

- ・ 盛土は礫分を含むが、比較的均質な岩ずりで構成されており、平均 N 値は約 32 となっている。この数値から、盛土は比較的よく締まった状態にあるといえる。また、地山はやや風化した片麻岩からなっており N 値は 50 以上と堅固な地盤となっている。旧地山地表面には粘性土と礫質土層が不均質な薄層として存在している。
- ・ 盛土の下部の浸水している部分では N 値が 13～23 となっており、B2 層の N 値=44 と比較するとかなり低くなっている。また、地下水の流出による細粒分の損失（流失）が認められた。そのため、この層の地質は強度や剛性が地下水位より上の層に比べて低くなっているといえる。しかし、透水係数が十分に大きいため地下水はむしろ流れやすく、高盛土本体に地下水が滞留しにくい状況にあると考えられる。

[表面波探査による地盤の地質構成の検討]

三次元的な地質構造および盛土の分布を明らかにする目的で、高精度地表面探査を行い、以下のようなことがわかった。

- ・ 今回行った表面波探査により得られた S 波弾性波速度の分布から測定した住宅部での盛土の形状と旧地形図と現在の地形図から推定した住宅部の盛土形状が良く一致する結果となった。このことから詳細な図面や地形図

が手に入らない場合で地震時等の安全度評価を行う際、この表面波探査により盛土の三次元的な地質構造を比較的容易に知ることができるということがわかった。

- ・ 今回はすでに造成が終わってから長期間が経過した住宅造成地であり、すでに多くの住民が生活していることから、必要な地点で所定の頻度のボーリング調査やサウンディング調査を行うことが困難であった。しかし、表面波探査試験は道路などを側線とすることができるため、比較的容易に地質構造を推定することができた。
- ・ ボーリングであれば測定装置や機械を設置・移動しなければならないので調査対象の住宅地では試験を行うことは難しいが、地表面に装置を設置し移動しながら調査する地表面探査では、地面を掘削したり騒音を発することも少なく、従来の地質調査方法に比べて簡単に高い精度の調査をすることができる。このような方法は、一般の住宅盛土の地質調査には有効であることがわかった。

[地下水位観測、傾斜計観測による地下水浸透流の検討]

住宅高盛土内の地下水の挙動や、高盛土の永久変位を長期間にわたって観測するために、ボーリング孔を用いて地下水位観測と傾斜計による地盤の変位観測を実施し、以下のようなことがわかった。

- ・ ボーリング孔内を利用した長期的な地下水位の計測を実施してきたが、それぞれの降雨に反応するような地下水位の変動は、本年度（最大降雨100mm 程度）の観測期間では認められなかった。今回の調査では約4ヶ月の計測を行ってきたが、その間に地下水位は最大で約60cm上昇している。この地下水位の変位は季節的な変動の可能性が高いと考えられる。また、地下水の供給元は旧沢地形の北側から定常的に供給されていると考えられ、地下水位はおよそ短期的には変動しなかった。
- ・ 傾斜計計測による地盤の変位を観測してきたが、現在のところでは有意な変位は認められていない。今後は地震時や豪雨時の観測結果に注目することで、危険度を長期的に監視するために有意な指標となると期待できる。

- ・ 今後の方針

[旧斜面表土のせん断強度の検討]

- ・ 盛土材料が長期に渡って安定しており，標準貫入試験の結果が示すように高盛土は地震時における間隙水圧の発生や液状化に対する抵抗は十分に有していると考えられる。したがって，想定される盛土の被災形態は，盛土全体は健全であっても亀裂等を伴い全体がブロック状に滑動することである。その場合，せん断強度が周辺の土質に比べて低いと思われる旧斜面表土のせん断強度が盛土全体のすべりに対する安全性を支配すると考えられる。
- ・ 本年度の調査はこの点に関してはまだ不十分で，滑動に対する安定解析に用いる強度定数は標準貫入試験などの結果からしか推定できない。したがって，より信頼性のある強度定数を得て地震時における滑動に対する危険度を精度よく評価するためには，原位置における当該土質試料の採取，およびそれに対する室内せん断試験の実施する必要がある。

[盛土内地下水位の長期的な観測と水位変動の検討]

- ・ 斜面の地震時における危険度への地下水の影響は大きく，滑動に対する危険度を評価する際にも，地下水位が高ければ安定性は急激に損なわれる可能性が高い。本年度の地下水位の観測により，地下水位の基本的な性質について知ることができたが，豪雨等による地下水位の変動の程度を，長期的な観測を引き続き実施して明らかにする必要がある。

[盛土の振動特性の検討]

- ・ 本年度の調査により盛土を三次元的な地質構造をある程度明らかにすることができた。調査結果は地震時における液状化に対する抵抗は一般的に波十分なレベルにあることを示しているが，想定される地震波を対象に盛土の振動解析を実施することによってこれを確かめる必要がある。
- ・ さらに，住宅造成地には盛土と切土が存在しており，盛土の厚さも場所により異なることから，地震時における振動も盛土内において一様ではなくて相当程度異なると予想できる。したがって，本年度の実施した PS 検層結果に基づいた様々な地震動条件での振動解析を行うことにより，住宅地内における振動特性の分布を検討する必要がある。

謝辞

本報告書は、平成 17 年度から平成 18 年度の 2 年間の研究プロジェクトの初年度の報告書である。このプロジェクトを進めるにあたっては、豊橋技科大 河邑眞教授，応用地質株式会社 村田芳信氏，東北学院大学 吉田氏には，協力者としてご助力いただいた。また，この三氏をはじめとする研究会のメンバー諸氏にもご協力とご助言を賜った。あらためて感謝の意を表します。研究会の幹事を務めた森政信吾君，卒業研究として研究の取りまとめに当たって力を発揮してくれた浜田安通君を初めとする，豊橋技術科学大学 建設工学系 地盤・防災講座 三浦研究室に所属する学生諸君には，雨中での調査にも献身的に協力していただきました。深く感謝の意を表します。

代表者 三浦 均也 記