

土 木 研 究 所 資 料

土木研究所における高密度強震観測システム

—— (2)焼津地区の観測システム ——

昭和 58 年 3 月

建設省土木研究所
地震防災部・振動研究室

Copyright ©1983 by P. W. R. I.

All rights reserved, No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

既往の強震観測の解析結果によれば、構造物の耐震設計に重要な0.1～2秒程度の周期範囲の地震動特性は、地震の発生機構、震源から観測地点までの伝播経路の特性および観測地点付近の局地的な(10m～1km程度の範囲)地形・地盤条件の3者に強く影響されることが明らかになっている。このうち、地震動におよぼす局地的な地形・地盤条件の影響の解明は、既往の地震被害が地形・地盤条件の変化部に多く発生している事実から工学的には、最も重要な研究課題の1つである。しかしながら、上記諸要因と地震動特性との関係を把握するためには、これまでのように散在する観測点による観測では、不十分であり、特定地域に多数の強震計を体系的に配置する高密度強震観測が必要とされている。これにより、今後建設予定の吊橋、沈埋トンネル等の長大構造物の設計地震力の評価を適切に行うとともに、道路施設、ライフライン施設等の耐震設計および耐震性評価手法の開発、マイクロゾーニング手法の開発等に大きく貢献すると考えられる。

このような背景のもとに、建設省土木研究所では、地震動におよぼす地形・地盤条件の影響の解明を目的として、昭和56年度を初年度とする4箇年で静岡県駿河湾に沿った相良地区、焼津地区、沼津地区、松崎地区の4箇所に高密度強震観測場を建設する計画を立て、現在までに相良地区(昭和56年度)、焼津地区(昭和57年度)の設置を完了した。

本報告は、昭和57年度に設置を完了した焼津地区における高密度強震観測システムの概要を紹介するものである。

昭和58年3月

建設省土木研究所 地震防災部振動研究室

室 長 荒 川 直 士

主任研究員 川 島 一 彦

研 究 員 田 村 敬 一

相 沢 興

高 橋 和 之

目 次

まえがき

1. 高密度強震観測	1
1.1 高密度強震観測の概要	1
1.2 高密度強震観測は我が国だけで行われているのか	1
1.3 我が国における高密度強震観測	2
1.4 土木研究所における高密度強震観測	2
2. 観測地点の概要	7
2.1 地形・地盤条件	7
2.2 観測網	7
3. 観測機器	22
3.1 基本設計	22
3.2 観測システム	23
4. 強震計の設置	30
4.1 観測小屋の概要	30
4.2 強震計の設置箇所	30
謝 辞	38
参考文献	39
付属資料	
I. 観測地点付近の平面図	41
II. ボーリング試料の室内土質試験結果	49
III. 愛鷹地区における観測記録例	61

1. 高密度強震観測

1.1 高密度強震観測の概要

各種公共施設を合理的に耐震設計したり、既存施設の耐震性評価や各種防災上の措置を講じるに際しては、当該地域で想定される地震動の強度および特性を正しく知ることが重要である。既往の被害経験によると、同一地震で震源から同程度の距離にある2点間でも地盤条件が違えば、ゆれ方に非常に大きな差が生じること、また、公共施設の被害はこのような地盤条件の変化部で著しいことがわかっている。しかしながら、このような地盤条件の変化部で地盤がどのように振動するかは、現在のところほとんどわかっていないのが実情である。

一方、現在までに建設された公共土木施設は一地点の地震動の性質によって耐震設計を行ってきたが、今後建設が計画されている長大吊橋、長大沈埋トンネル等のような大型構造物は長手方向に非常に長い構造物であるため、構造物の軸線に沿って地盤条件は一様ではない。したがって、従来のように一地点の地震動だけを考慮した設計では不十分であり、構造物の軸線に沿った平面的、立体的な位置関係の中での地震動の性質を正しく考慮した設計をすることが必要となってきた(図1.1参照)。

さらに、近年大都市の地震防災対策上クローズアップされつつある都市内の道路網、通信網、上下水道、ガス、電気、共同溝等のいわゆるライフライン施設は、いずれも細長い構造物であり、上記と同様に、平面的な位置関係の中での地震動の把握が必要である(図1.2参照)。また、このような構造物では、平面的な地震動の分布を考慮することによって、初めて単に個々の箇所を強くし、耐震上の配慮をするだけでなく、平面的に全体としてどれだけの被害が予測され、それに対してどのような防災上の措置を講ずるべきかといったことが明らかとなる。

上記の目的を達成するためには、従来のように各地に散在する観測にかかわって、特定地域に多数の強震計を系統的に配置し、当該地域の地震動を体系的に観測する必要性がある。これが高密度強震観測と呼ばれるものである。

1.2 高密度強震観測は我が国だけで行われているのか

高密度強震観測の必要性が取り上げられているのは我が国だけではない。すなわち1977年1月にインドにおいて国際地震工学会(I A E E)主催の第6回世界地震工学会議が開催されたが、この実行委員会において、ユネスコその他の機関の支援のもとに、高密度強震観測に関する国際作業部会を設置することが決議された。その後この決議が国際地震学地球内部物理学協会(I A S P E I)に伝わり、I A S P E Iも国際作業部会の主催者に加わることとなった。

高密度強震観測に関する国際作業部会は、世界16箇国からの参加者を得て、1978年5月米国ハワイ州のホノルルで開催された。国際作業部会においては、今後10年間に大地震発生の可能性が高い地域として、世界中から28箇所を選び出した。この中には、我が国の東北地方東部、駿河湾伊豆半島地区、中部地方西部の3地域が含まれており、中でも駿河湾伊豆半島地区は、上

記28箇所の中でも大地震発生の可能性が最も高い6地域に入っている。

1.3 我が国における高密度強震観測

我が国では、日本学術会議地震工学研究連絡委員会の高密度強震観測作業部会が中心となって、観測計画がまとめられている。この計画は以下の3項目より成っている。

- a) 高密度強震観測システムの開発
- b) 地震発生機構と伝播機構の影響解明のための高密度強震観測および解析
- c) 局地的な地形・地盤条件の影響解明のための高密度強震観測および解析

a) の課題は理学、工学両分野で、b) の課題は理学分野で、c) の課題は工学分野で担当することとしている。また、この計画には北海道大学工学部、東京大学地震研究所、東北大学、名古屋大学の各理工学部、京都大学防災研究所、北海道開発局土木試験所、気象庁気象研究所、科学技術庁国立防災科学技術センター、建設省土木研究所および建築研究所、運輸省港湾技術研究所が、それぞれ分担を定めて参加している。また、昭和55年4月24日に日本学術会議第79総会において「高密度強震観測の推進について」の勧告が提案・可決され、昭和55年5月12日に内閣総理大臣へ勧告が出された。

1.4 建設省土木研究所における高密度強震観測計画

このような背景のもとに、土木研究所では、図1.3に示すように静岡県の相良、焼津、沼津、松崎、関東地方の小田原、館山、大東崎、銚子、東北地方の仙台、古川の10地区で局地的な地形・地盤条件の影響解明のため高密度強震観測を担当しようとしており、この第1段階として昭和56年度を初年度とする4箇年間で、地震予知連絡会が指定した「観測強化地域」の1つである駿河湾沿岸の相良地区、焼津地区、沼津地区、松崎地区の4箇所に1箇所当たり約53,000千円、計約211,000千円をもって高密度強震観測場を建設する予定としている。このうち、相良地区における観測場は昭和56年度に設置を完了し、昭和57年2月24日から観測を開始している。

これらの各地区においては図1.4に示す観測システムを標準として、12台程度の高性能の強震計を配置して地震動の観測を行うよう計画している。観測では1地点につき東西、南北、上下の3成分の加速度を計測する。加速度は1/200秒間隔で数値情報に変換され、デジタルカートリッジに収録される。地震計内には精度が 10^{-7} の水晶時計が内蔵されており、これをNHKの時報により毎正時に校正することにより、更に精度を高めて、地震動の始まった正確な時刻を記録できるようになっている。したがって各地点ごとにこの時間を一致させれば、ある一瞬一瞬に観測地域がどのように運動し、変形したかがわかるようになっている。

本文は、昭和57年度に設置を完了し、58年3月9日から観測を開始した焼津地区の高密度強震観測場の概要をとりまとめたものである。

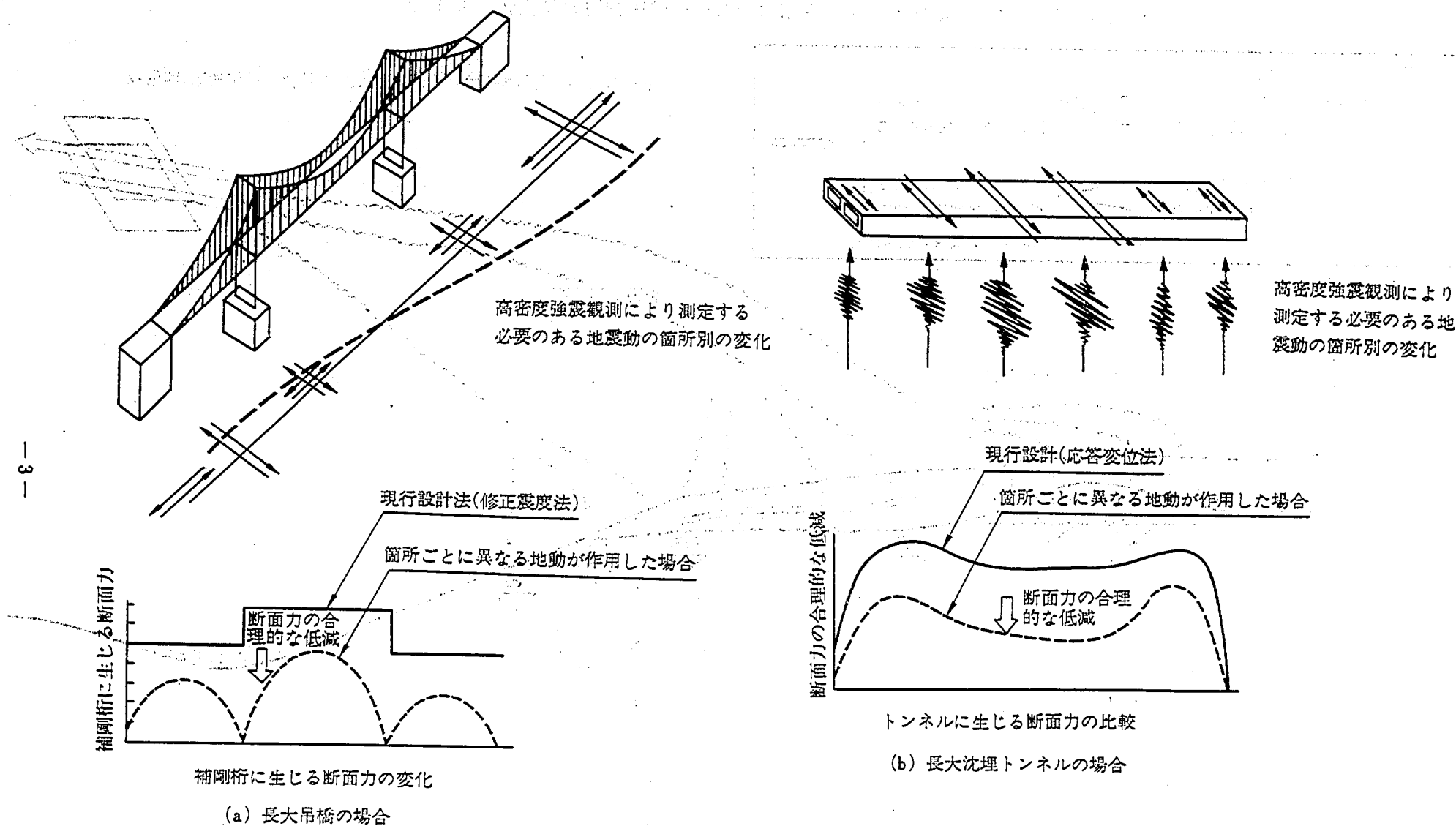


図 1.1 長大構造物の耐震設計合理化のために必要とされる地震動の箇所別の変化の測定

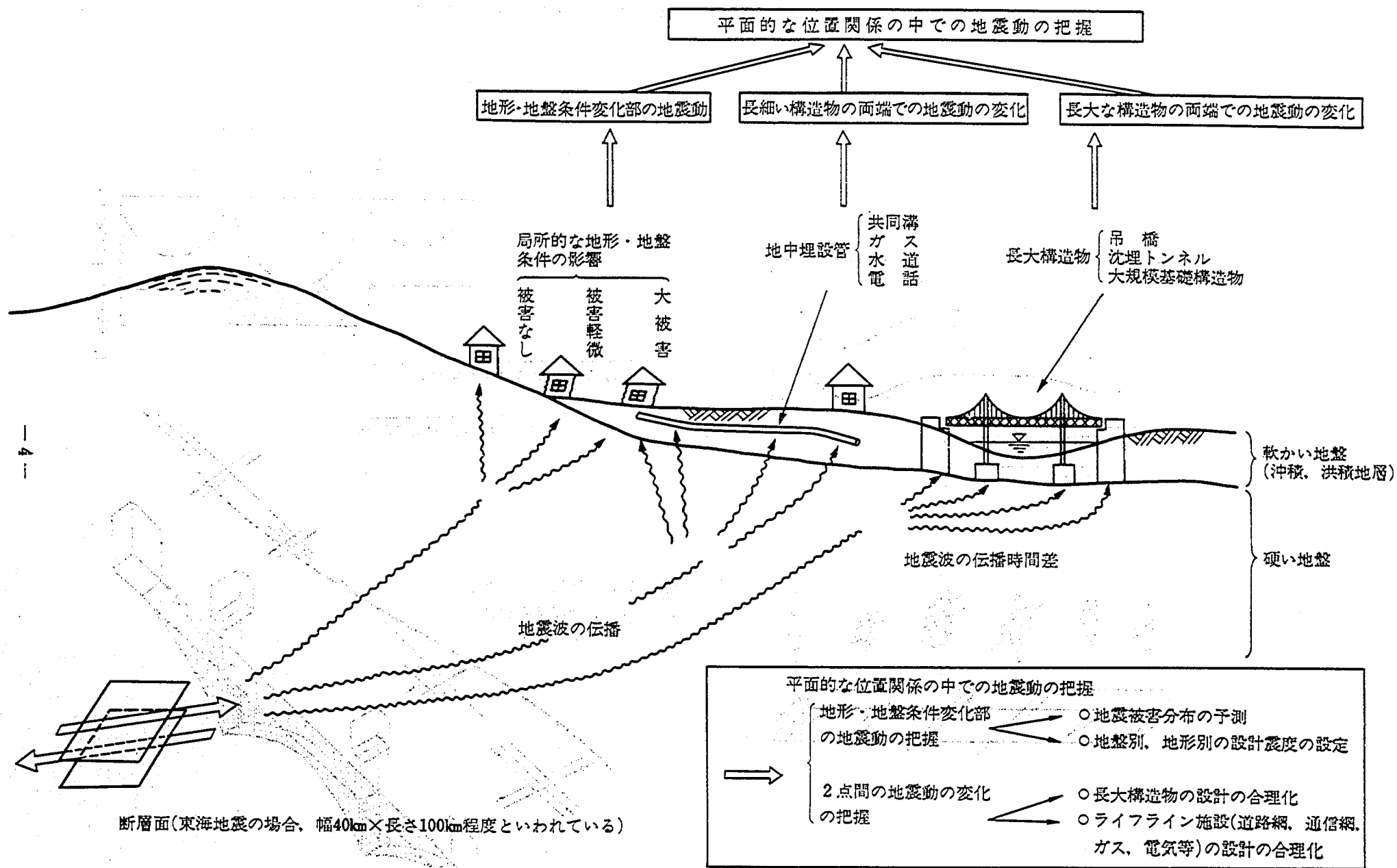


図 1.2 平面的な位置関係の中での地震動を観測するための高密度強震観測

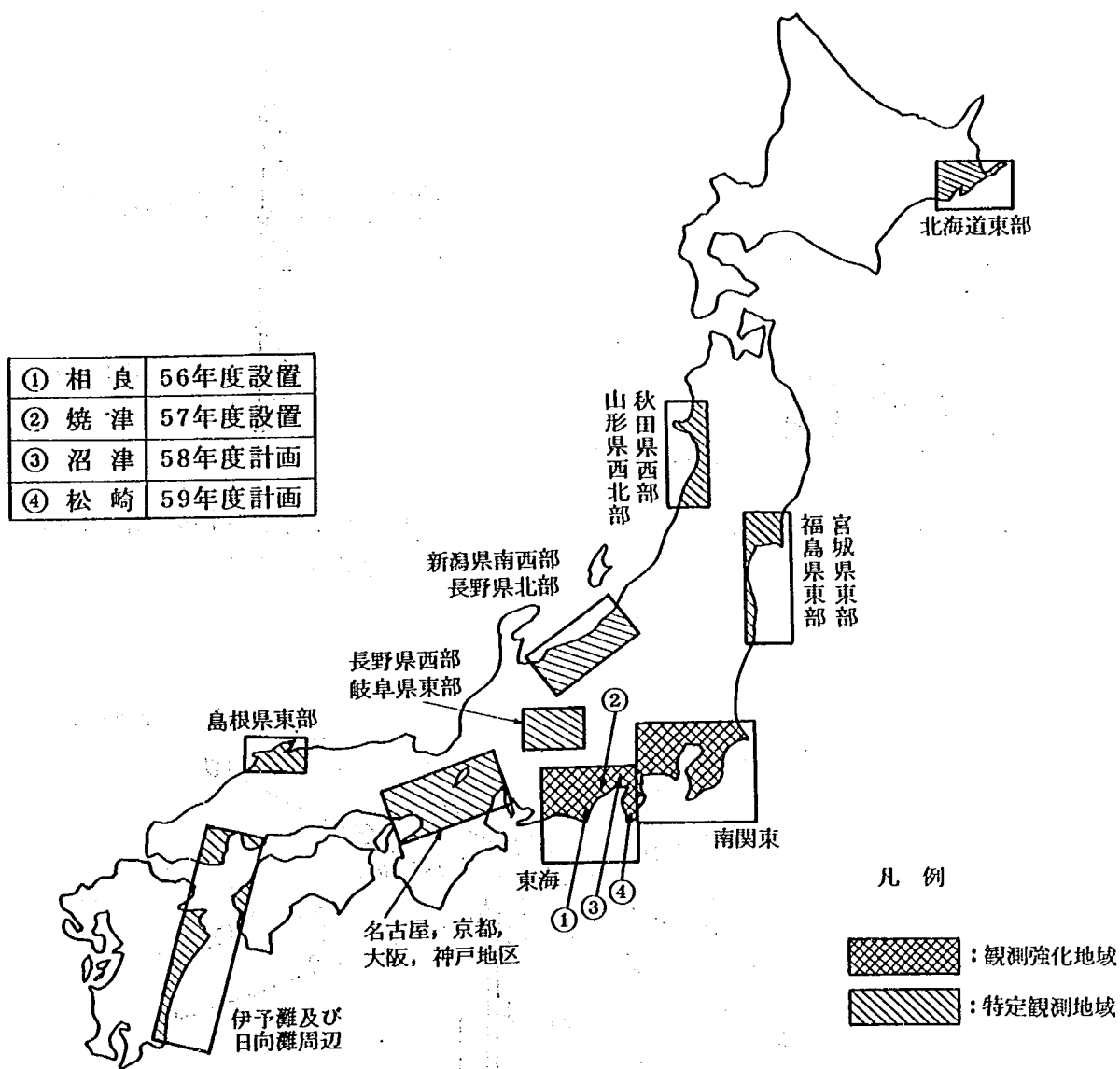
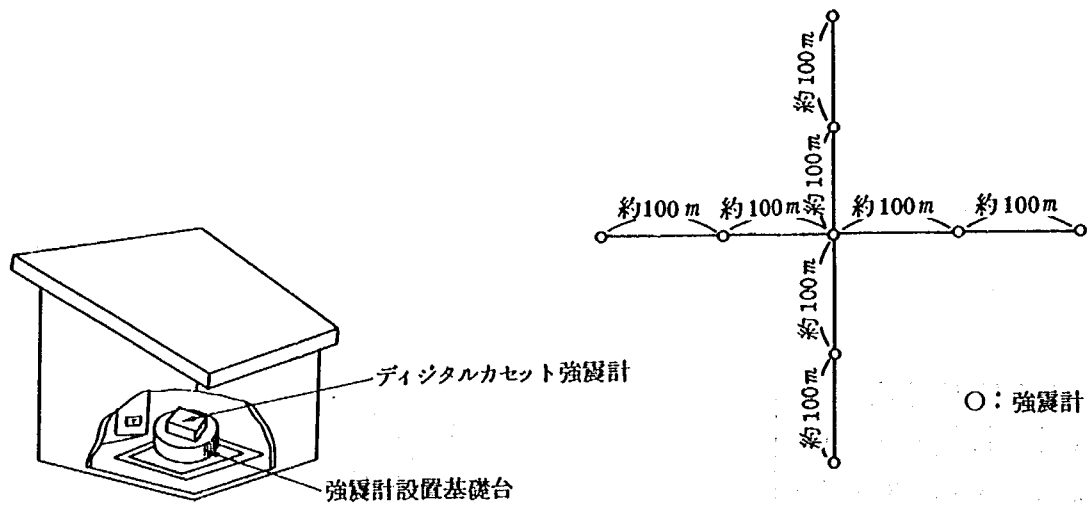
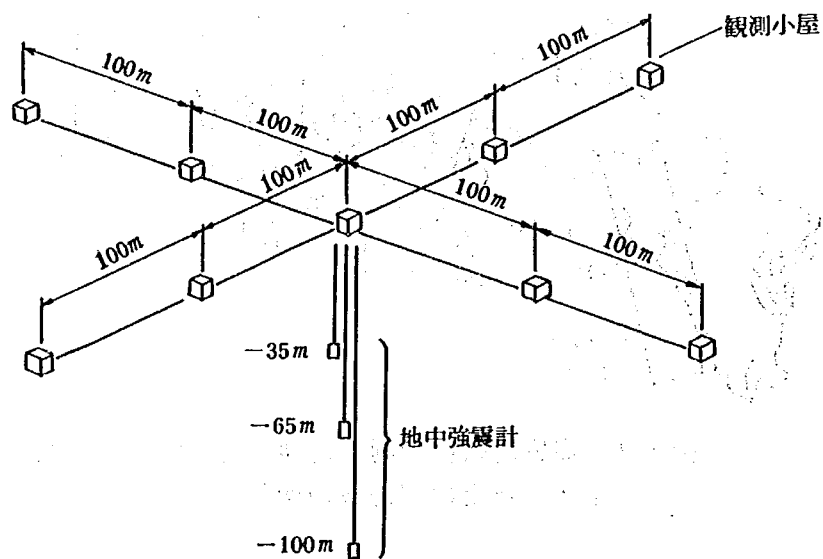


図 1.3 高密度強震観測実施地点と観測強化地域
および特定観測地域の関係



(a) 観測小屋設置状況図

(b) 高密度強震観測場における
強震計の配置



(c) 高密度強震観測場設置概状図

図 1.4 高密度強震観測システム

2. 観測地点の概要

2.1 地形・地盤条件

焼津地区における高密度強震観測場は、焼津市中里～石脇を中心とし、東名高速道路日本坂トンネルの焼津側出口一帯に展開されている（図2.1参照）。本地区は、瀬戸川、朝比奈川の三角州堆積物と後背湿地堆積物により形成され、海成砂層、シルト層が厚く（約100m）堆積した我が国でも有数の軟質地盤地域を含んでいる。また、砂礫層を主体とする大井川の扇状堆積物により形成された焼津市の中心部とは、瀬戸川を境として地盤条件を異にしている。

本地区の基盤は、図2.2に示すように新第3紀中新世高草山層群の上層部の大崩累層より構成されており、アルカリ質玄武岩及び粗面安山岩溶岩を主体としている。また、観測地点周辺における大崩累層上面の等深分布は図2.3に示すとおりであり、高草山の山裾から焼津市内に向って大崩累層は深くなり、焼津駅付近では地下約170mの深さに存在するとされている。

大崩累層の上層は、大井川の扇状地堆積物であり、主として砂礫層によって構成されている。砂礫層の最大層厚は200m以上に達するとされているが、砂礫層の発達は、ほぼ現在の瀬戸川の流路が北限とされており、それより北側では表層部を除いて泥質層が発達している。

なお、参考文献8により本地区の地盤をまとめると表2.1のようになる。

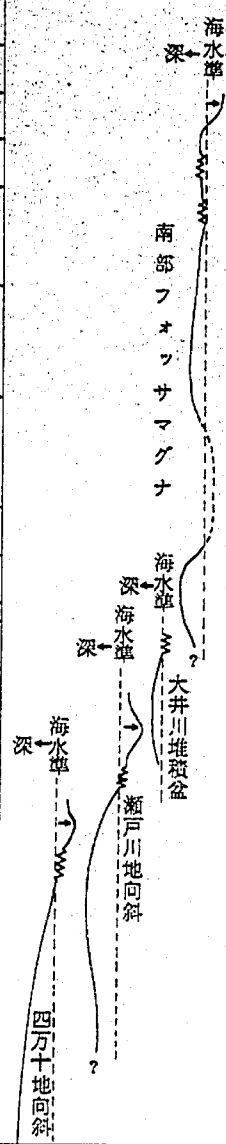
地中地震計の設置に伴い、今回、大崩累岩に達する2本のボーリング調査を実施したが、この他に静岡県地震対策課の協力を得て焼津市内の既往のボーリング資料を収集した結果、図2.4に示す26箇所においてボーリング資料を得ることができた。今回のボーリング調査はPS検層を含むものであり、その結果ならびに室内土質試験結果は、図2.5、図2.6に示すとおりである。また、図2.8は、図2.7に示したA-A'断面およびB-B'断面に沿う地質縦断図を参考文献9から示したものである。以上に示した既往の地質調査結果および今回実施したボーリング調査結果を総合して焼津地区の高密度強震観測場の立体的な地盤構成を示すと図2.9のようになる。

なお、焼津では、東海都市ガス（株）により天然ガス採取を目的とした深層ボーリングが多数実施されている。この一例として焼津港付近で行われた深さ1,000mに達するボーリング調査結果を示すと図2.10のようになるとされている。

2.2 観測網

焼津地区における高密度強震観測場の配置は図2.1および図2.11に示すとおりであり、高草山の山裾から朝比奈川・瀬戸川の左岸（北側の地区）に至る地盤変化部に地盤条件の変化する方向に平行方向（Na①，④，⑦，⑧，⑨，⑩，⑫）と、これに直交する方向（Na②，③，④，⑤，⑥）の2方向を中心とし、これにNa⑩を加えた合計12箇所に測線の形状がおおよそ十字型になるよう地震計を配置している。朝比奈川・瀬戸川の左岸部は、海底砂層、シルト層が厚く（約100m）堆積した我が国有数の軟弱地盤地域である。このうち、朝比奈川橋近くの観測点では、地表面だけでなく、地表面下30，63，112mの3箇所にも地震計を配している。これは地震動が

表 2.1 静岡図幅地域周辺の地質及び地史総括表（参考文献 8）による）

時 代	地 質 系 統	岩 質	地向斜・堆積盆の変遷	火 成 活 動		構 造	運 動
				噴 出 活 動	貫 入 活 動		
第 四 紀	完新世	扇状地及び堆積物、海浜堆積物、及び後背低地堆積物		● 軽石凝灰岩の噴出		赤石山地を中心とする隆起 北東-南西～北北東-南南西を軸方向とする有度丘陵の曲隆 北西-南東～南北を軸方向とする褶曲作用(F ₂) 東北東-西南西を軸方向とする褶曲作用(F ₃)	糸魚川-静岡構造線及び十枚山構造線に沿う逆断層運動 糸魚川-静岡構造線及び十枚山構造線に沿う左横ずれ断層運動
	更新世	陶器田礫層 小泉礫層 草薙泥層 久能山礫層 根古屋層					
	鮮新世						
	後期中新世	静岡層群 谷津山累層					
第 三 紀	中期中新世		南部フォッサマグナ 海水準 大井川堆積盆 駿河川堆積盆 四万十地向斜	● 安山岩質凝灰岩の噴出	粗面岩の貫入 アルカリドレライト及びアルカリ斑れい岩の貫入 石英閃緑岩の貫入	南部フォッサマグナ地域の隆起(堆積の中断)? 北東-南西を軸方向とする褶曲作用(F ₂) (大井川褶曲帯の形成)	笹山構造線に沿う逆断層運動 笹山構造線に沿う左横ずれ断層運動
	前期中新世	高草山群 大崩累層 竜爪山累層					
	中期中新世	大井川群 野田累層 中ノ合累層 志太累層					
	漸新世	瀬戸川群 吉津累層 滝沢累層 逆川累層					
古 第 三 紀	始新世		海水準 四万十地向斜	粗面安山岩質凝灰角礫岩及び珪長質凝灰岩の噴出 アルカリ玄武岩溶岩の噴出 珪長質凝灰岩の噴出	超苦鉄質岩質の貫入 (家山図幅地域)	瀬戸川褶曲帯の隆起 北東-南西を軸方向とする褶曲作用(F ₁) (瀬戸川褶曲帯の形成) 四万十褶曲帯の隆起 東北東-西南西を軸方向とする褶曲作用(F ₀) (四万十褶曲帯の形成)	糸魚川-静岡構造線に沿う逆断層運動 糸魚川-静岡構造線に沿う左横ずれ断層運動
	白亜紀	三倉層群					

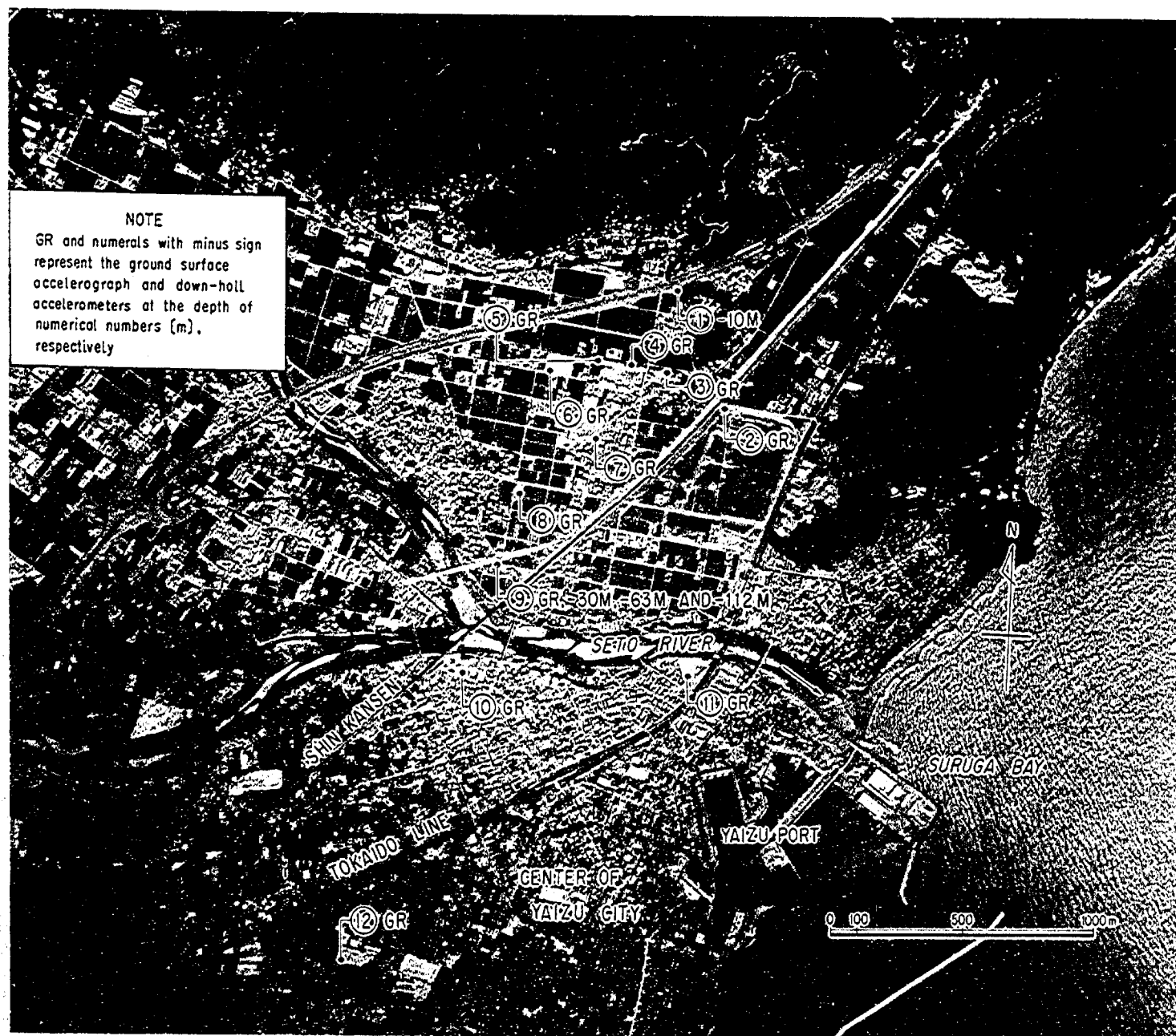
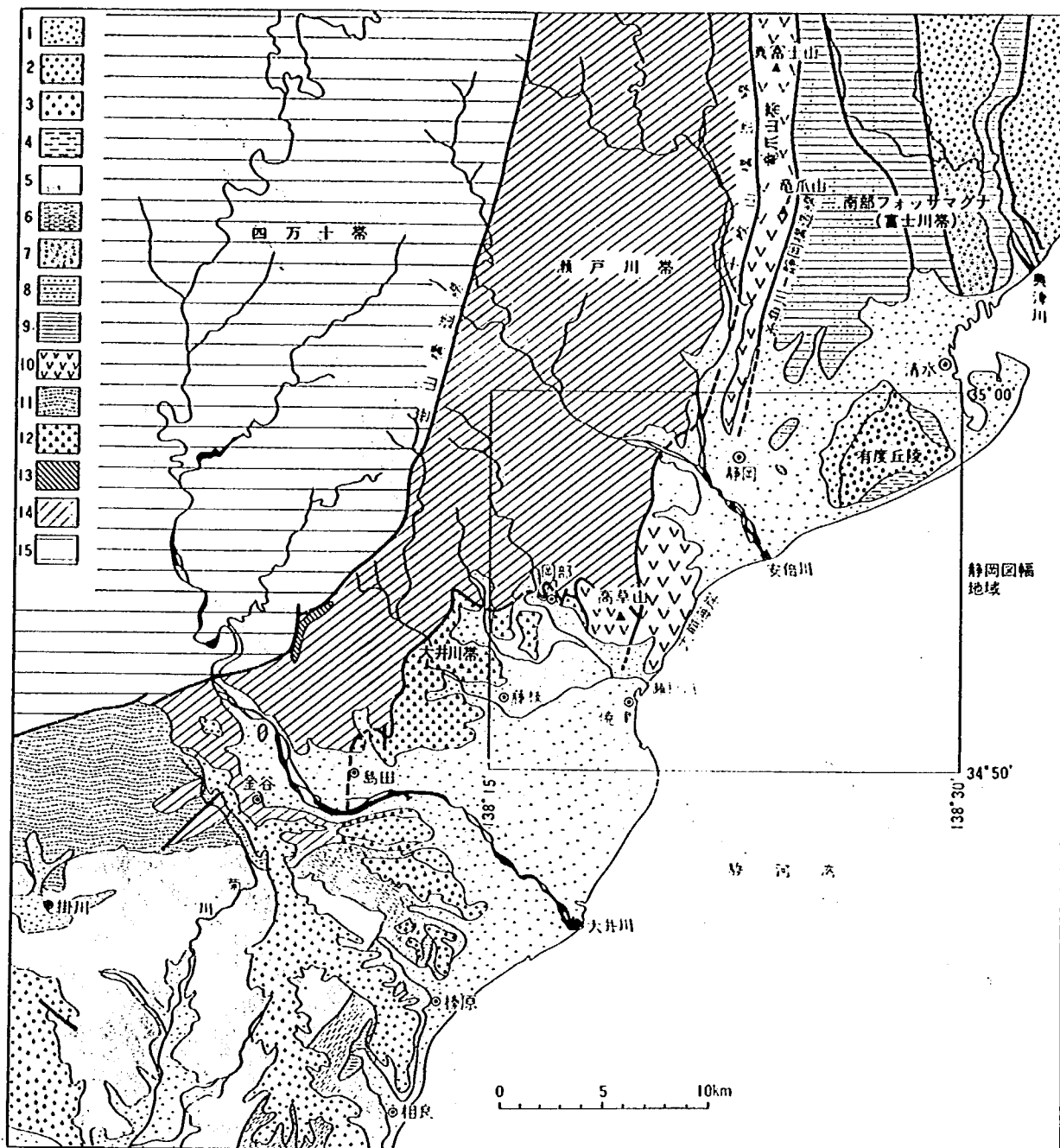


図 2.1 焼津地区の高密度強震観測場



(広川ほか(1976), 杉山(1980)及び杉山(1981)による)

1: 沖積層 2: 中位段丘堆積物(牧ノ原礫層, 小笠原礫層など) 3: 高位段丘堆積物(小笠山礫層, 久能山礫層など) 4: 根古屋累層(下部更新統?) 5: 掛川層群及び曾我層群(鮮新統一下部更新統) 6: 相良層群(上部中新統一下部鮮新統) 7: 清見寺層群及び浜石岳層群(鮮新統) 8: 静岡層群・和田島層群及び小河内層群(上部中新統一下部鮮新統) 9: 女神層(下部中新統) 10: 高草山層群(下部中新統) 11: 三笠層群(下部中新統) 12: 大井川層群(下部中新統?) 13: 相賀層(下部中新統) 14: 瀬戸川層群(古第三系一最下部中新統) 15: 三倉層群(白亜系一古第三系)

図 2.2 静岡県中部地域の地質概略図(参考文献 8)による)

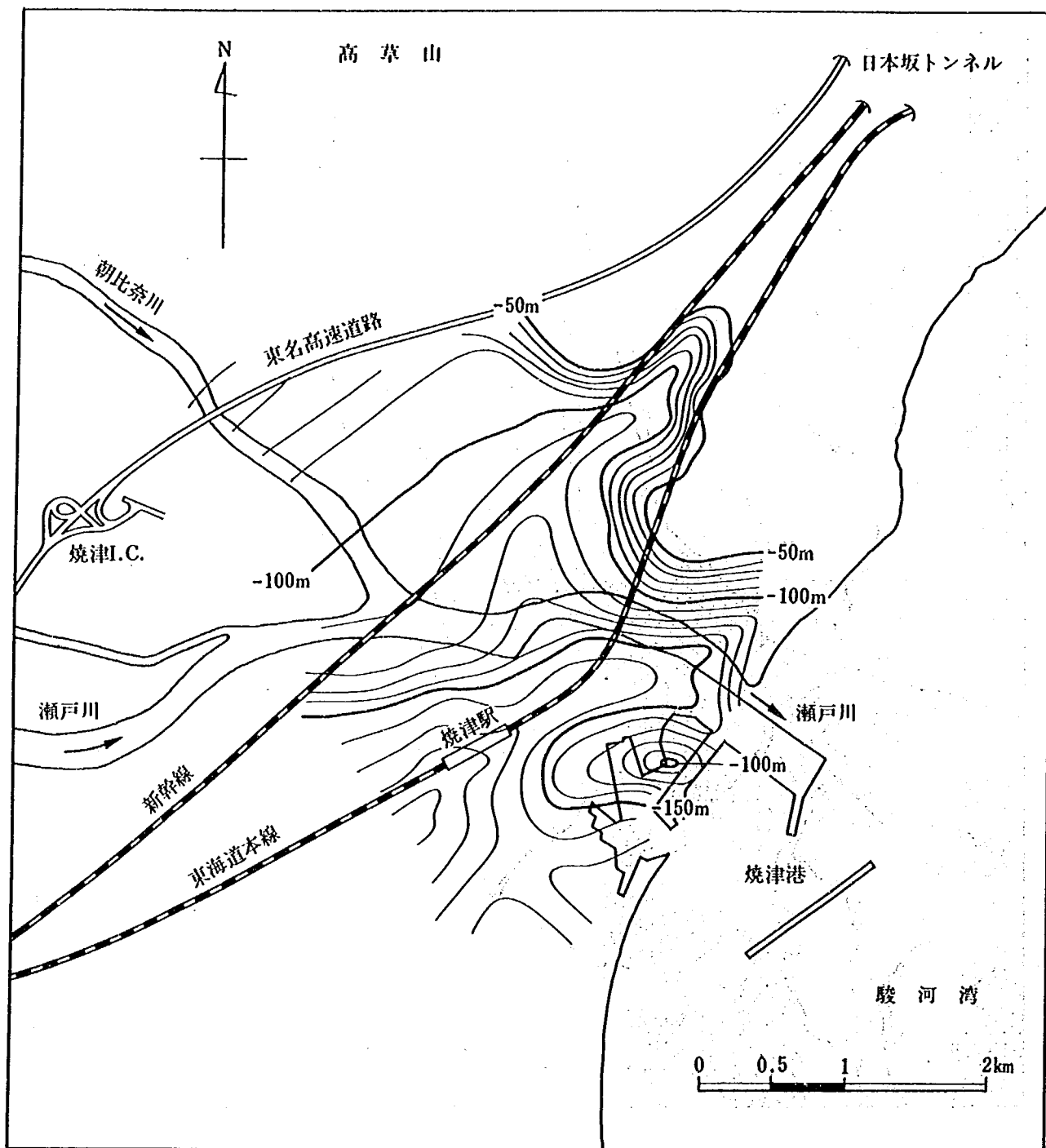
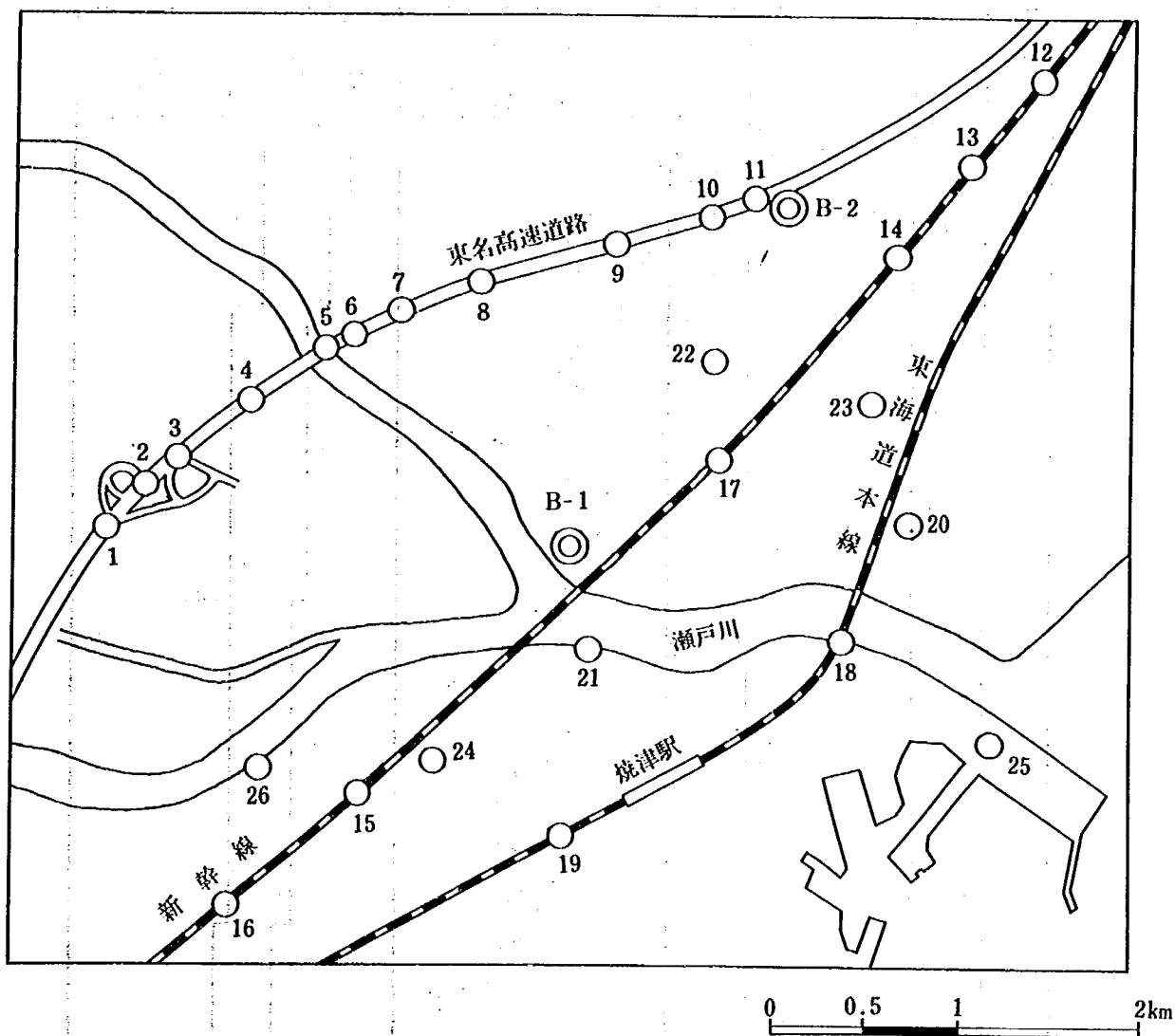


図 2.3 焼津地区高密度強震観測場周辺の基盤深度分布



No	標高(m)	深度(m)	位 置	No	標高(m)	深度(m)	位 置
1	6.40	57.0	東名高速ボックス	18	2.50	15.0	東海道本線橋台
2	6.00	60.8	橋脚基礎	19	3.70	20.0	橋脚
3	5.30	70.4	橋脚基礎	20	2.40	19.6	静岡県地震対策基礎調査
4	5.00	48.0	ボックス	21	5.65	20.3	150 BP 橋台
5	4.00	67.3	橋台基礎	22	2.53	30.0	東益津小学校
6	4.70	63.6	ボックス	23	2.50	31.3	サッポロビール工場
7	4.10	52.9	橋台基礎	24	3.60	30.0	国鉄焼津変電所
8	3.80	54.5	橋台基礎	25	2.80	14.9	焼津漁港管理事務所
9	3.80	46.4	橋台基礎	26	4.80	25.0	新大村橋
10	1.60	54.6	橋台基礎				
11	3.00	28.0	橋台基礎	B-1		112.0	今回実施したボーリング
12	2.73		新幹線ボックス	B-2		10.0	橋脚
13	2.24		橋脚				
14	6.22		橋脚				
15	5.06		橋脚				
16	6.06		橋脚				
17	2.53		橋脚				

図 2.4 焼津地区高密度強震観測場周辺の既往ボーリング位置

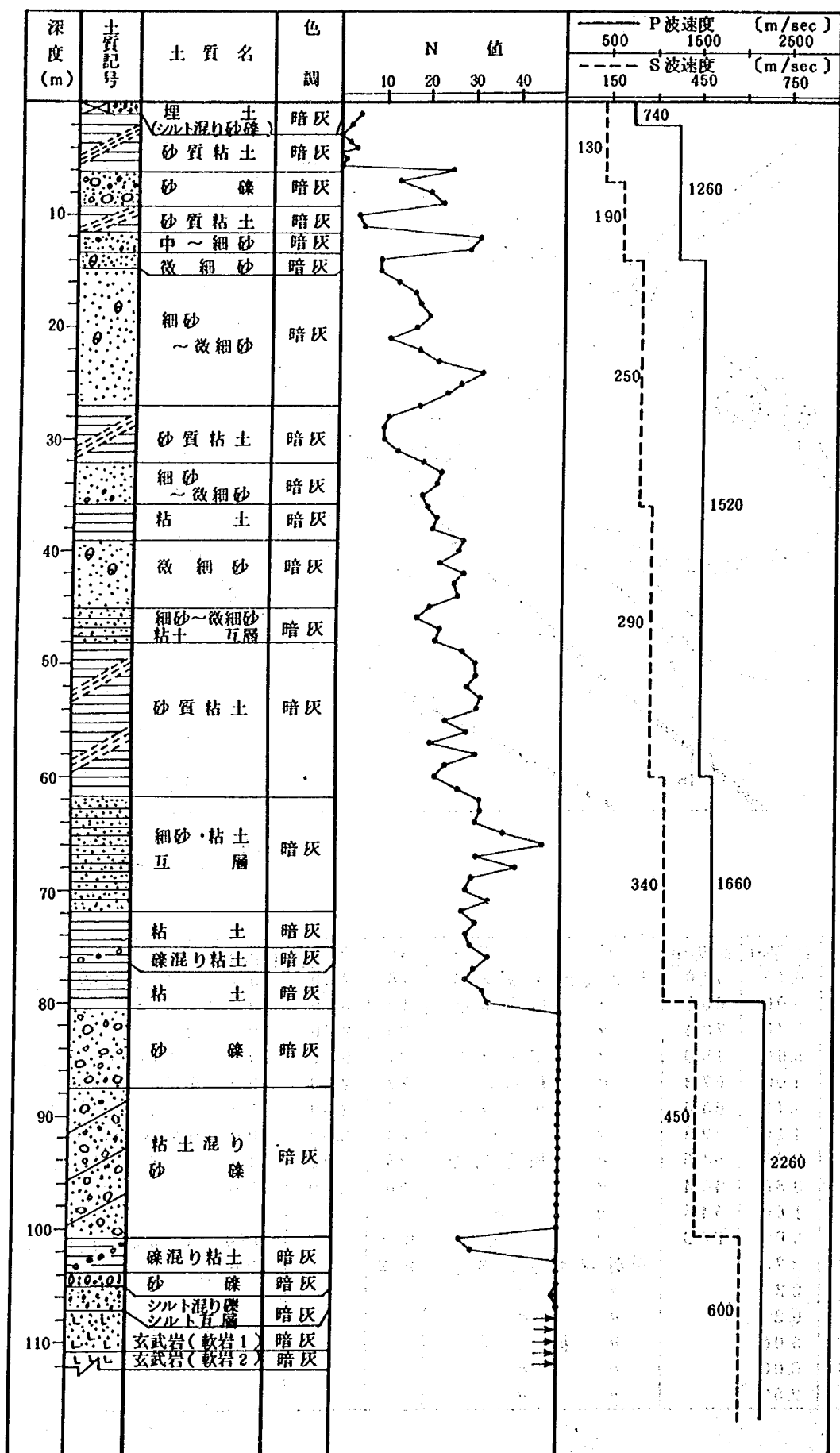


図 2.5 (a) No.9 地点 (朝比奈川橋) の総合柱状図

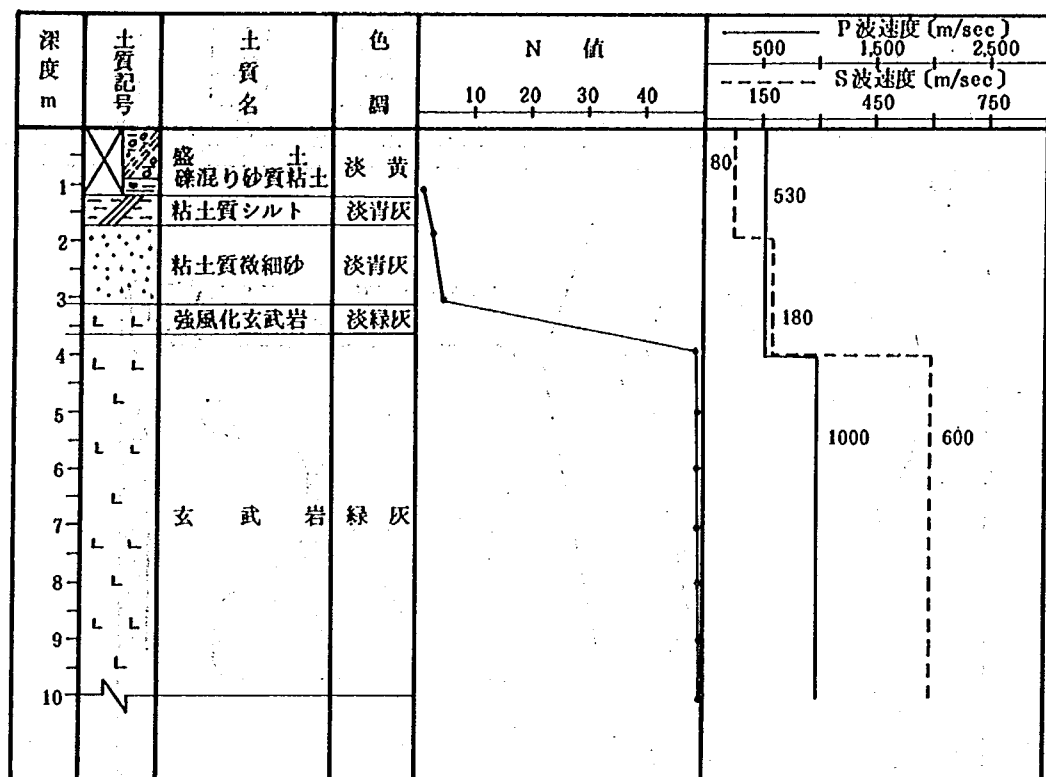


図 2.5 (b) No 1 地点 (石脇下区有地) の総合柱状図、

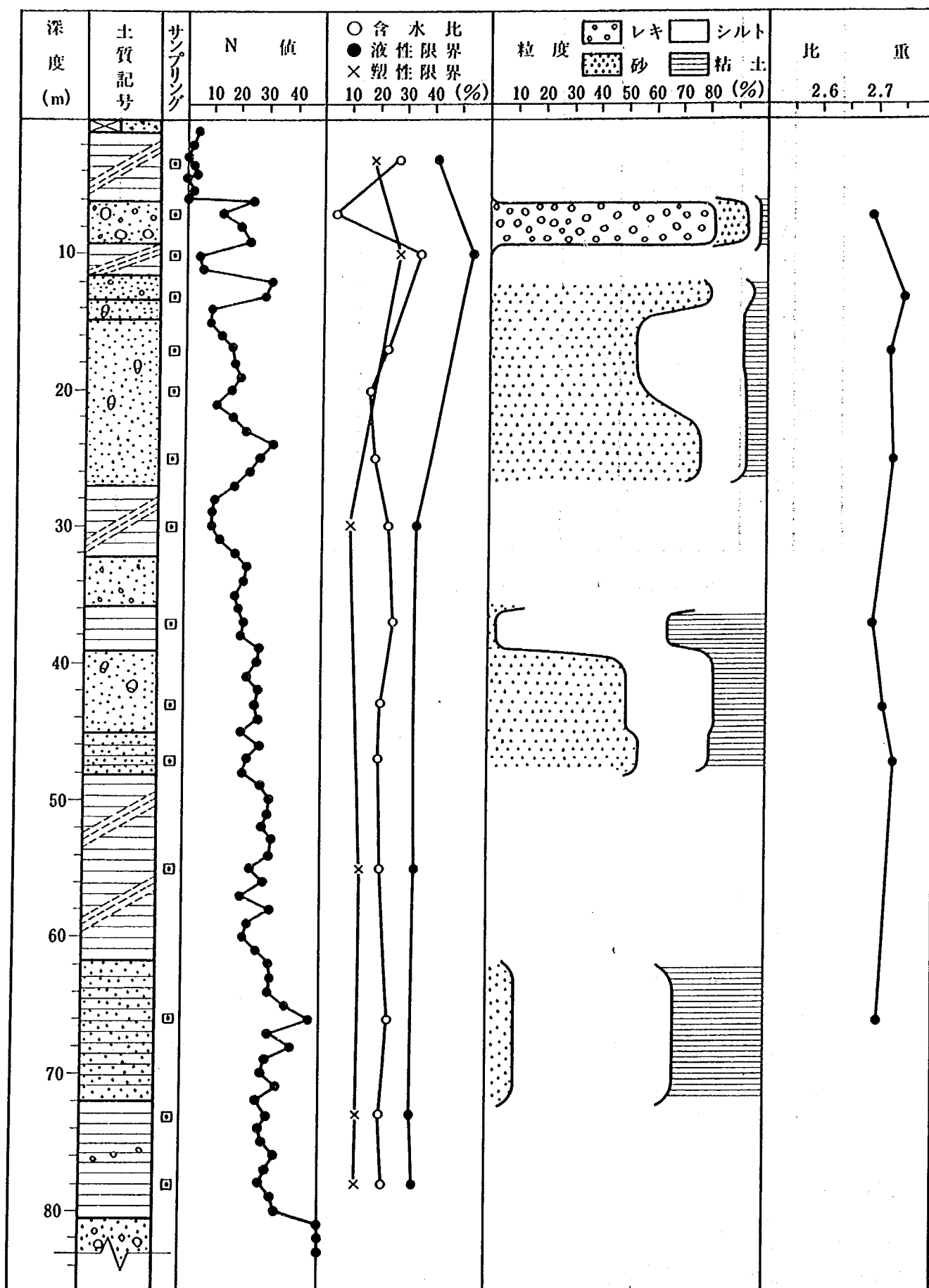


図 2.6 No. 9 地点 (朝比奈川橋) のボーリング試料の室内土質試験結果

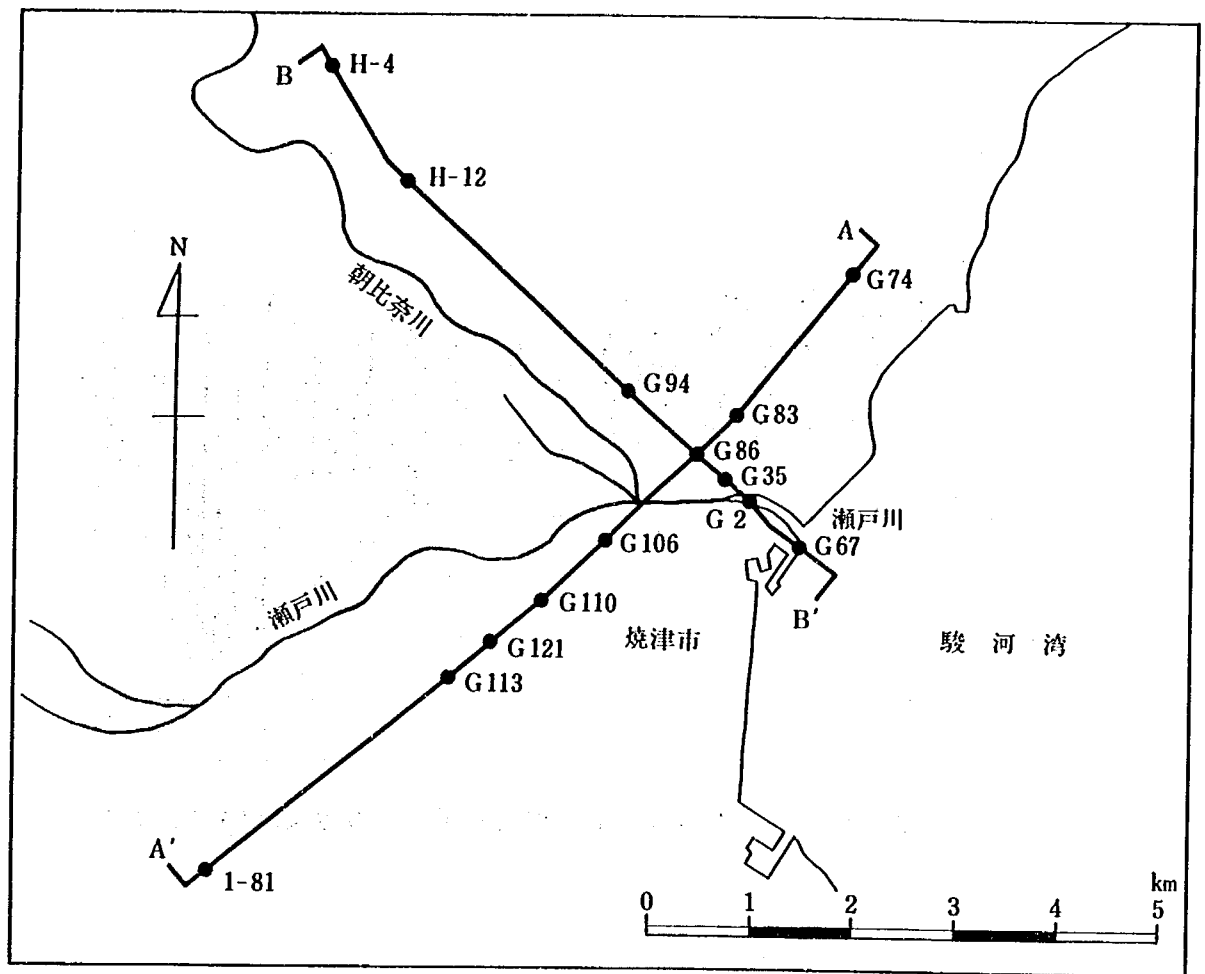


図 2.7 焼津市周辺の地質縦断面図の測線

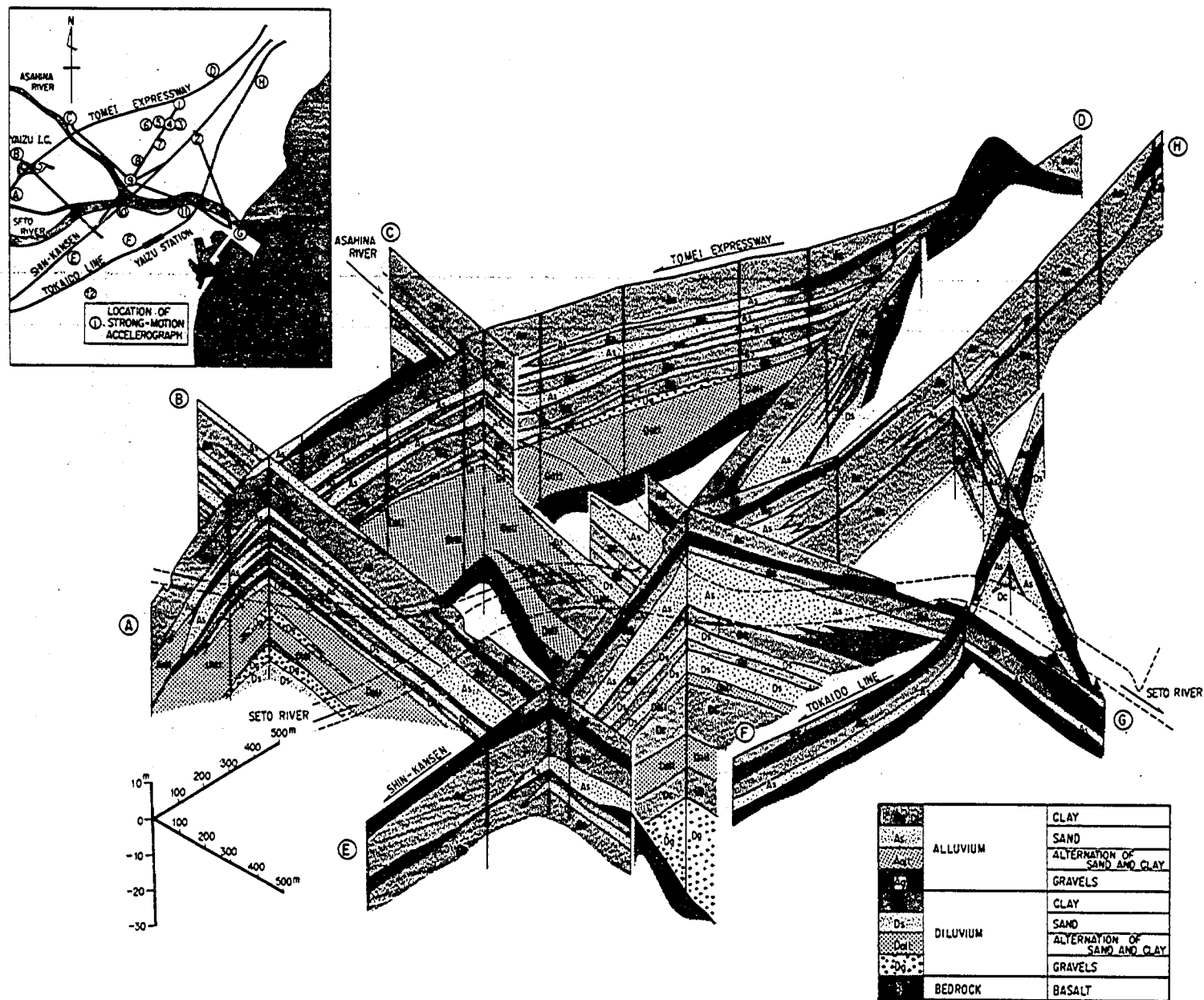


図 2.9 焼津地区の地盤構成

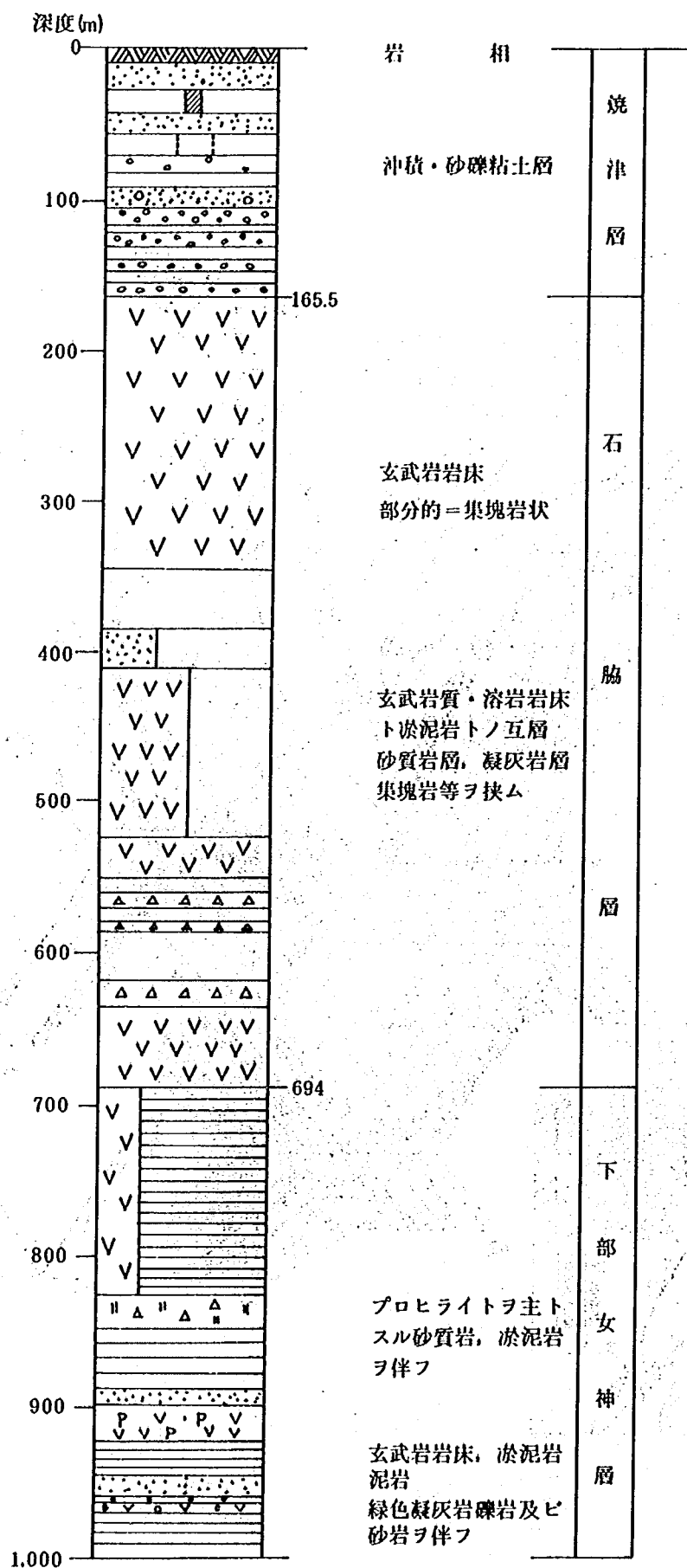


図 2. 10 焼津港付近の深層ボーリング結果 (東海ガス (株) による)

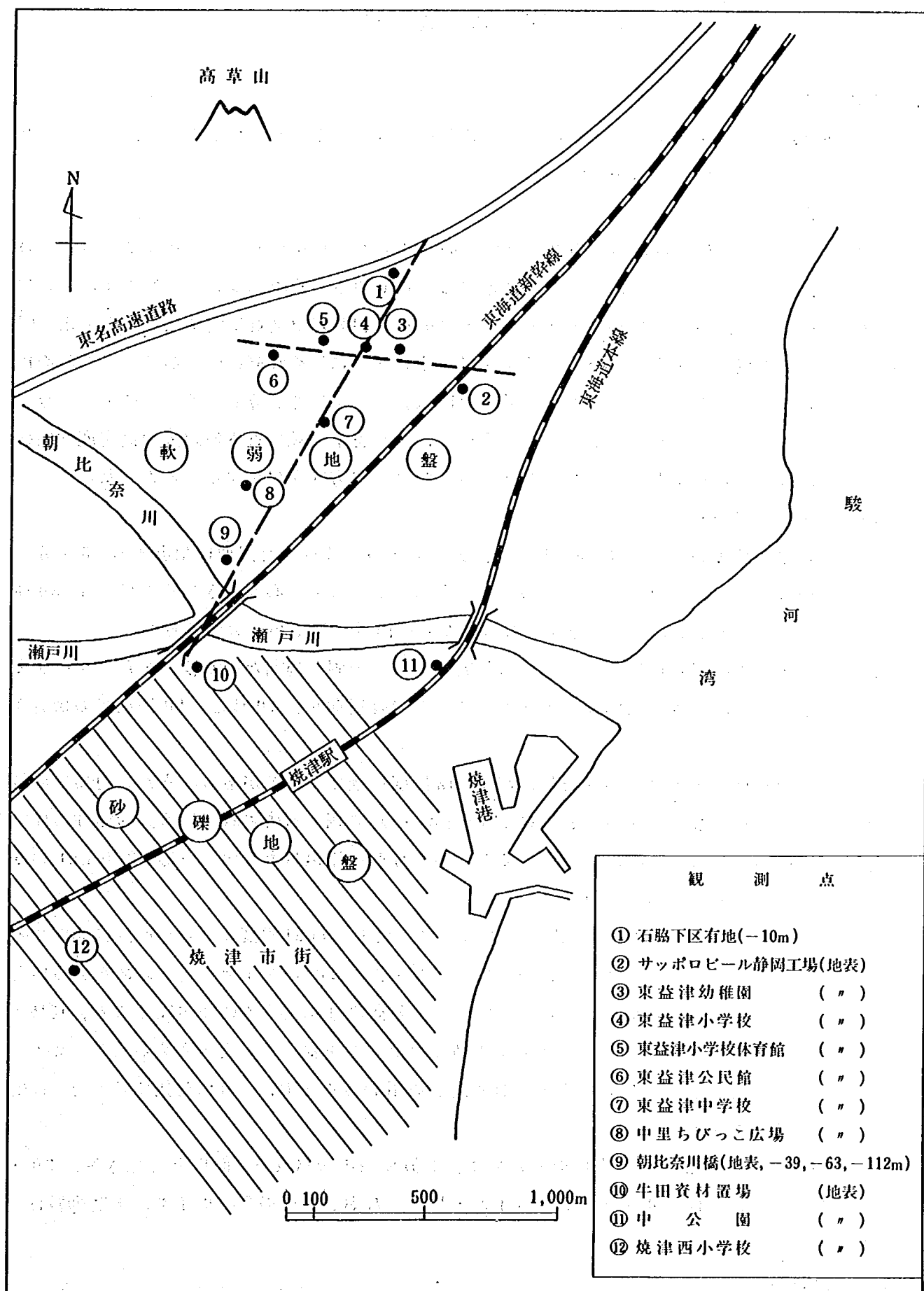


図 2.11 焼津地区高密度強震観測場

3. 観 測 機 器

3.1 基本設計

高密度強震観測計の仕様を決定するに際して考慮した事項は以下のとおりであり、これらの点に基づき、次節に示す観測機器を選定した。

(1) 記録方式

高密度強震観測では、観測点相互間で時間軸のそろった記録を得ることが必要である。このためには、記録部は各観測点に対して共通とする方式（以下、集中記録方式と呼ぶ）と、観測・記録は個々の観測点ごとに独立であるが、それぞれの観測点で絶対時間を知ることにより同期をとる方式（以下、個別記録方式と呼ぶ）がある。両者にはそれぞれ得失があり、これを比較検討したのが表 3.1 である。しかし、最終的には、1) 記録部を分散することにより、全く記録が得られないといった状態を避けられること、2) 将来増設される他地区の高密度強震観測計との記録の相互利用が可能となることから、個別記録方式を採用することとした。

(2) 周期範囲および分解能

地震動には、数 KHz の非常に高い振動数成分から地球の 1 次固有周期に相当する 53.5 分の超長周期成分までが含まれている。このうち、土木工学の分野で必要とされるのは、1/30 秒（30 Hz）～10 秒程度の範囲と考えられる。この理由は、以下のとおりである。

1) 長大吊橋の 1 次固有周期をみると、関門橋のタワーの固有周期が約 6 秒、また、現在建設中の明石海峡大橋（本州四国連絡橋）のタワーの固有周期が約 10 秒と、10 秒程度の構造物が存在する。

2) 構造物の部材の中には、固有振動数が 30 Hz 程度に達するものがある。また、地震動の最大加速度は、現在までに断層直近では 1000 gal を超す例も報告されている。海洋性の横ずれタイプの地震では、震源直上であっても、ある程度の距離はあるが、一応 1000 gal 程度は見込む必要があると考えられる。

また、周期 10 秒の地震動を考慮するためには、最小 0.1 gal 程度までの加速度は測定する必要があると考えられる。従って、観測には少なくとも 10^4 のダイナミックレンジが必要となる。ただし、自動感度切替は、切替の確実さ（耐久性）に対する疑問が残ること、切替の瞬間のゼロドリフトが生じ、全体としての精度は必ずしも高くないと考えられることから、採用しないこととし、16 ビットの AD 変換器を用いることで、これに対処することとした。

(3) サンプルングタイプ

30 Hz までの地震動を確実に取るために、1 波長内の記録数を 7 回以上と見込み、 $30 \times 7 = 210 \simeq 200$ Hz をサンプルングタイムとした。なお、この場合のナイキスト振動数は 100 Hz となる。

(4) 記録時間

本震の前の前震で記録紙を消耗してしまい、肝心の本震の記録が取れなかった例もあるの

で、1回の記録時間を2分と見込み、 $2\text{分} \times 15\text{回} = 30\text{分}$ を一応の記録時間とした。ただし、群発性地震が発生した場合には、これでも対処できないため、こまめにテープを取りかえる必要がある。

(5) 同期時間の精度

いま、強震計間の最小間隔を50mとし、基盤でのせん断弾性波の速さで地震動が水平方向に伝播するとする。せん断波の速度を3km/sec程度と見込むと、伝播に要する時間は、 $50\text{m} / 3000\text{m/sec} = 1/60\text{秒}$ となる。この程度の時間差を検出するためには、同期の精度はサンプリングタイム、すなわち、 $1/200\text{秒}$ 程度でなければならない。

NHKの時報により時刻較正を行うとすれば、深夜0時から朝5時までの5時間を除けば、毎1時間ごとに較正が行われる。従って、最も長く時刻較正が行われない5時間を考えると、この間における複数の強震計間の相対的な時計精度を $1/200\text{秒}$ 以下に保つためには、個々の強震計の時計精度はこの半分、すなわち、 $1/400\text{秒}$ 以下でなければならない。

$$5\text{時間} \times 3600\text{秒/時間} \times \text{精度} < 1/400\text{秒}$$

従って、精度 1.4×10^{-7} 程度の水晶時計を用いる必要がある。

(6) 防水ケース

長期間の現場観測に耐えるために、強震計のケースは防水・防塵性の高いものでなければならない。また、これにより、海岸近くの観測においても耐蝕性を高めることができる。

3.2 観測システム

以上のような考え方にに基づき、建設省建設技術評価制度「普及型強震計の開発」において評価を受けた強震計を検討した結果、その一つを上記基本仕様に合うように手を加え、これを高密度強震観測に用いることとした。

本強震計の特性は、以下に示すとおりである。

(1) 強震計本体

強震計本体は、換振器から3成分の信号を受け、これをAD変換器により数値化した後、自動時刻較正されたタイムコードとともにデジタルカードリッジに記録するものである。AD変換は、逐次比較方式の16ビットAD変換器を用いて、 $1/200\text{秒}$ 間隔で行う。

時刻較正は、公称精度 10^{-7} （日差0.01秒）の水晶時計を毎正時にNHKの時報で自動較正することにより行う。なお、時刻較正の際の誤差は高々 $1/200\text{秒}$ である。

また、商用電源の切断に備えるために、強震計の電源には、フローティングバッテリーを使用した。バッテリーの容量は、電源の切断後24時間の待機後に、60分間の記録が可能となるように定めた。さらに浸水や塵埃の侵入による強震計内部の腐食を防止するために、強震計は2気圧の完全防水アルミダイキャスト製の密閉ケースに収納した。なお、主要な特性は表3.2に、また、外観は写真3.1に示すとおりである。

起動は上下方向加速度が 3 gal (可変) 以上になった瞬間にかかり、水平方向加速度の 5 秒間における平均値が 5 gal 以下になり、かつ上下方向加速度が起動レベル以下になった後、15 秒後に自動停止するようになっている。

(2) 地上用換振器

地上用換振器は、地上部における水平 2 成分、鉛直 1 成分の加速度を電気信号として検出するものであり、強震計内に設置されている。換振部は速度帰還型サーボタイプ加速度計を使用しており、測定加速度範囲は公称±1000 gal である。

なお、主要な特性は、表 3.3 に示すとおりである。

(3) 地中用換振器

地中用換振器は、ボーリング孔内に設置し、地中における水平 2 成分、鉛直 1 成分の加速度を電気信号として検出するものである。地中用換振器と強震計間は、専用のキャプタイヤケーブルで接続されている。換振部の特性は地上用換振器と同一であるが、地中用換振器は地中に設置されるために十分な耐水性を有していなければならない。このため、設置に先立ち、耐圧水槽を用いて、地中用換振器およびキャプタイヤケーブルが 30 気圧の水圧に 1 時間耐えられることを確認している。なお、主要な特性は、表 3.4 に示すとおりである。

(4) 強震計の振幅および位相特性

換振器から A/D 変換器に至るまでの回路構成は、図 3.1 に示すとおりであり、これに従い各段階における振幅特性および位相特性について以下に示す。

1) 換振器

換振器の構成は、図 3.2 に示すとおりである。地動加速度と出力電圧 E_s との振幅特性 $A_1(\omega)$ および位相特性 $\phi_1(\omega)$ は、それぞれ次式で与えられる。

$$A_1(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1-u^2}{2hu}\right)^2}} \quad (1)$$

$$\phi_1(\omega) = \tan^{-1}\left(\frac{2hu}{1-u^2}\right) - \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

ここで、

$$u = \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 31.4 \text{ (1/sec)}$$

h : 減衰定数 ($h = 240$)

f_0 : 振子の固有振動数 ($f_0 = 5 \text{ Hz}$)

2) ドリフト除去用ハイパスフィルター

強震計の傾斜等による長周期のドリフトを除去するため図 3.3 に示すハイパスフィルターを用いている。入力電圧 E_s と出力電圧 E_u との振幅特性 $A_2(\omega)$ 、および位相特性 $\phi_2(\omega)$

は、それぞれ次のように与えられる。

$$A_2(\omega) = \frac{1}{1 + \frac{1}{(\omega CR)^2}} \quad (3)$$

$$\phi_2(\omega) = -\tan^{-1} \frac{1}{\omega CR} \quad (4)$$

ここで、

$$C = 10 (\mu F)$$

$$R = 1 (M\Omega)$$

なお、式(4)の符号がマイナスであることは、出力電圧 E_u の位相が入力電圧 E_s の位相に対して進むことを意味している。

3) エリアジングフィルター

エリアジングフィルターは、図 3.4 に示す RC 2 次ローパスフィルターであり、入力電圧 E_u と出力電圧 E_a との振幅特性 $A_3(\omega)$ および位相特性 $\phi_3(\omega)$ は、それぞれ次式で与えられる。

$$A_3(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1 - u_c^2)^2 + \left(\frac{u_c}{Q}\right)^2}} \quad (5)$$

$$\phi_3(\omega) = \tan^{-1} \frac{\frac{u_c}{Q}}{1 - u_c^2} \quad (6)$$

ここで、

$$u_c = \frac{\omega}{\omega_c}$$

$$\omega_c = 347 (1/sec)$$

$$Q = 0.73 (1/sec)$$

4) 強震計の振幅および位相特性

式(1)~(6)より、強震計の総合的な振幅特性 $A(\omega)$ および位相特性 $\phi(\omega)$ は、それぞれ次のようになる。

$$A(\omega) = A_1(\omega) \cdot A_2(\omega) \cdot A_3(\omega) \quad (7)$$

$$\phi(\omega) = \phi_1(\omega) + \phi_2(\omega) + \phi_3(\omega) \quad (8)$$

また、式(7)、(8)による $A(\omega)$ および $\phi(\omega)$ を示すと、図 3.5 のようになる。

表 3.1 記録方式の比較

方 式	方 式 の 説 明	長 所	短 所
集中記録方式	複数の換振器からの信号を同一の記録装置に入力する方式	1) 複数観測点間の記録の完全同期および起動時間の同期をとることができる。 2) 観測小屋の設置が1箇所ですむ。	1) 観測小屋と各換振器間にケーブルを敷設しなければならない。ケーブル敷設用の用地、費用およびその維持保守、さらには地震時の破断等に問題がある。 2) 記録部が故障すると全観測点の記録がとれない。
個別記録方式	個別に時刻校正機能付の水晶時計で、絶対時間を記録する方式	1) 観測点間の距離がはなれていても問題ない。 2) 将来、観測場を増設する場合、それぞれの観測場内の時間の同期をとるのみならず、観測場間の同期をとることもできる。 3) 1台の記録器の故障が全体の記録の収録不能とはならない。	1) 絶対時間を正しくキャッチするため、自動時刻校正装置が必要であるが、この精度が各強震計間でどの程度確保できるかが問題である。 2) 観測点ごとに観測小屋が必要とされる。
	テレメタリングシステムを利用し、親時計の時間を子時計に電送する方式	1) 複数観測点間の子時計の時間信号を同一にできるため、時間の同期を完全にとることができる。 2) 10km程度の範囲で、障害物がなければ、観測点間の距離は任意にとることができる。	1) 有線の場合には専用回線（公社回線）が必要となり、無線の場合は電波管理局の免許が必要となる。

表 3.2 強震計の主要特性

成 分	4 チャンネル（データ 3，タイムコード 1）
測定 加 速 度 範 囲	± 1000 gal
測定 振 動 数 範 囲	0.1 ~ 30 Hz
記 録 方 式	ディジタル
A D 変 換	16 ビット AD 変換器
サンプリングタイム	1/200 秒
最 大 記 録 時 間	約 30 分（使用テープ：3M，DC 300XL）
遅 延 メ モ リ ー	5 秒
水 晶 時 計	月，日，時，分，秒，表示
時 刻 校 正	NHK の時報による自動校正
時 計 精 度	公称 10^{-7}
ケ ー ス	2 気圧の水圧に対して 24 時間以上にわたり耐水性のある防水構造
内 蔵 バ ッ テ リ ー	電源切断後 24 時間後において約 60 分の記録が可能
ト リ ガ ー	鉛直方向加速度により行い，1 ~ 10 gal の範囲で設定可能

表 3. 3 地上用換振器の主要特性

成 分	3 成分 (水平 2 成分, 上下 1 成分)
型 式	速度帰還型サーボタイプ加速度計
固 有 振 動 数	5 Hz
減 衰 定 数	240
測定加速度範囲	± 1000 gal
測定振動数範囲	0.1 ~ 30 Hz (フラット)
最 小 分 解 能	0.001 gal
横 感 度	3 % 以下
直 線 性	0.3 % 以下

表 3. 4 地中用換振器の主要特性

成 分	3 成分 (水平 2 成分, 上下 1 成分)
型 式	速度帰還型サーボタイプ加速度計
固 有 振 動 数	5 Hz
減 衰 定 数	240
測定加速度範囲	± 1000 gal
測定振動数範囲	0.1 ~ 30 Hz (フラット)
最 小 分 解 能	0.001 gal
横 感 度	3 % 以下
直 線 性	0.3 以下
耐 水 性	30 気圧の水圧に対して 1 時間以上の耐水性

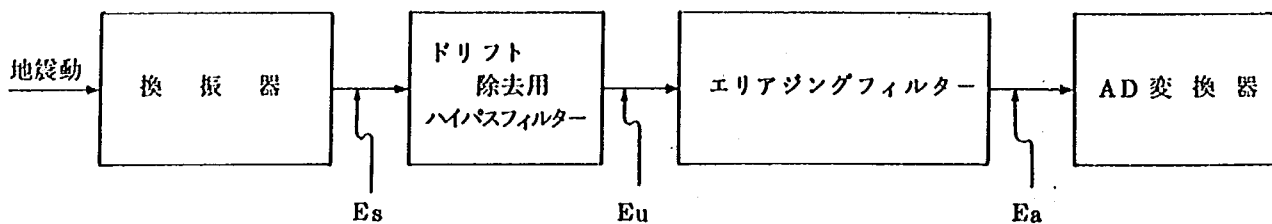


図 3.1 換振器からAD変換器に至るまでの構成

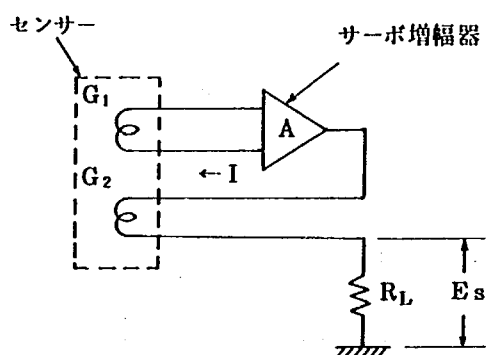


図 3.2 換振器の構成

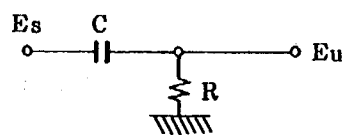


図 3.3 ドリフト除却用ハイパスフィルターの構成

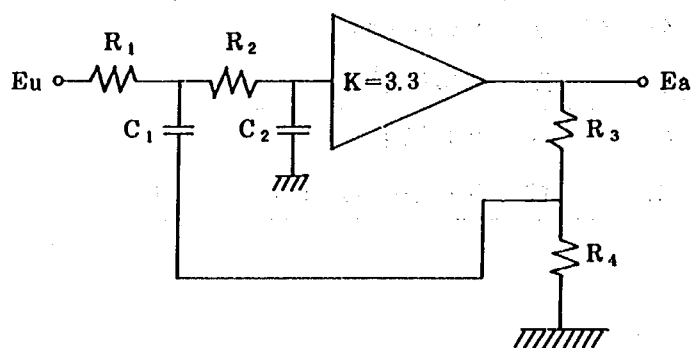
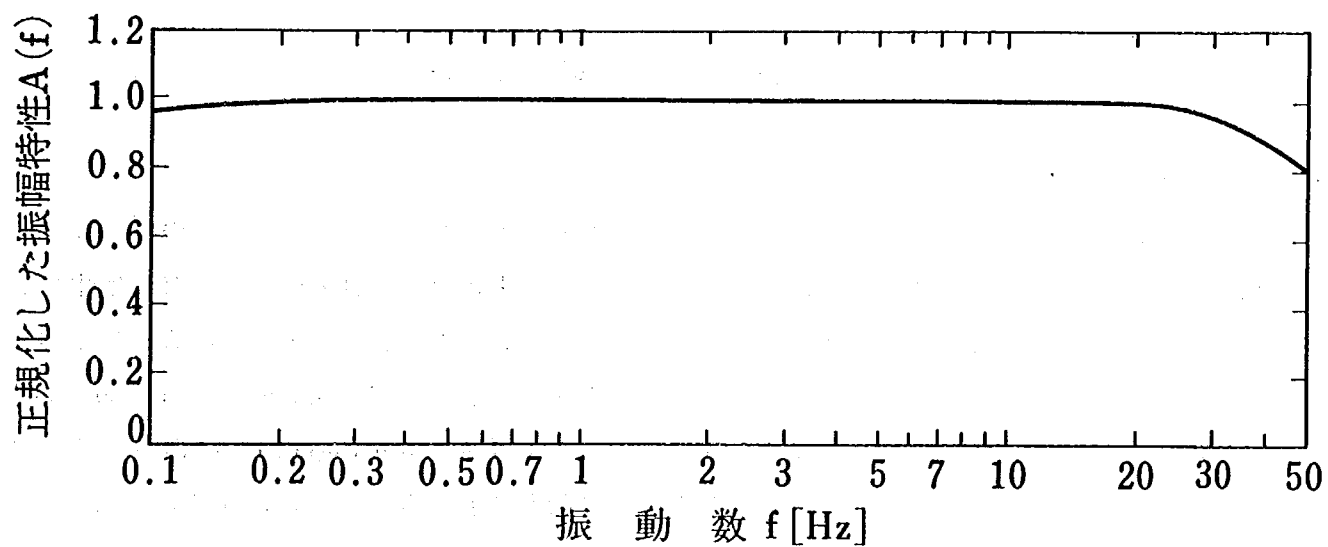
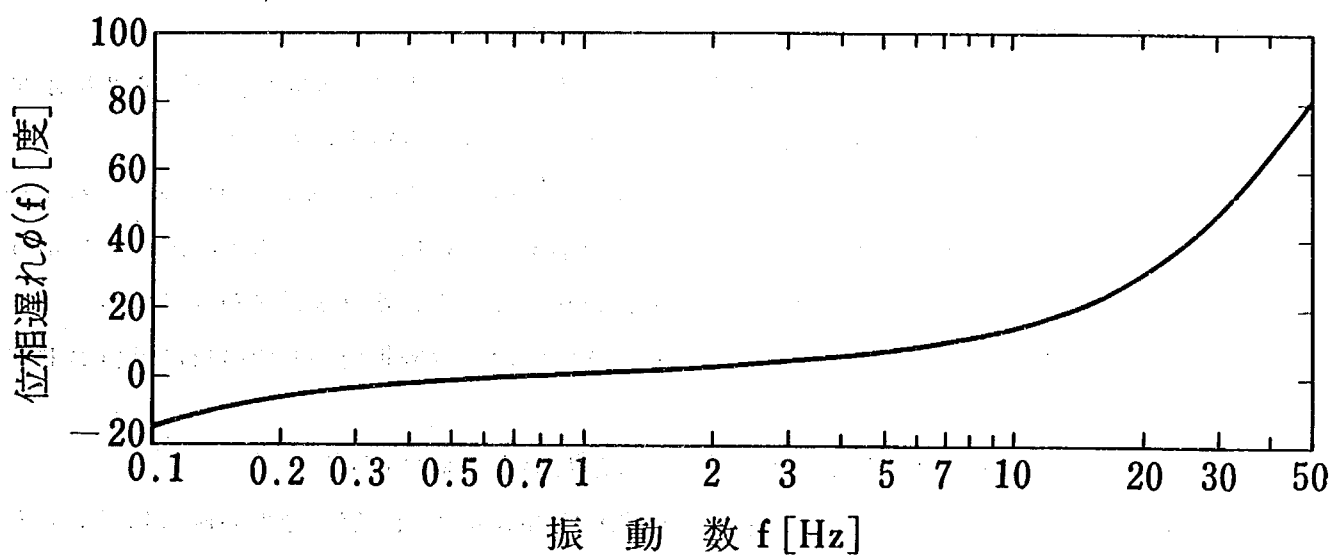


図 3.4 エリアジングフィルターの構成



(a) 振幅特性 $A(f)$



(b) 位相特性 $\phi(f)$

図 3.5 強震計の振幅および位相特性

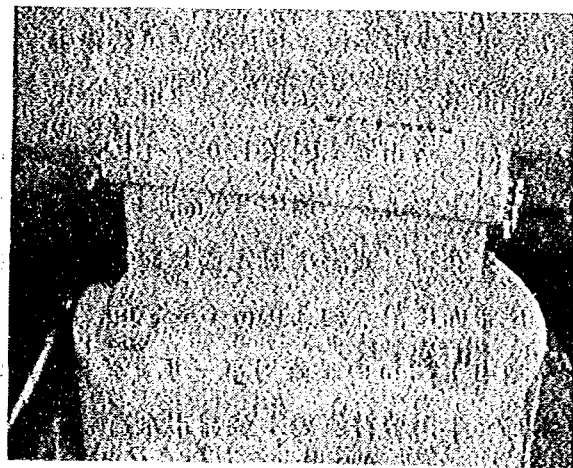
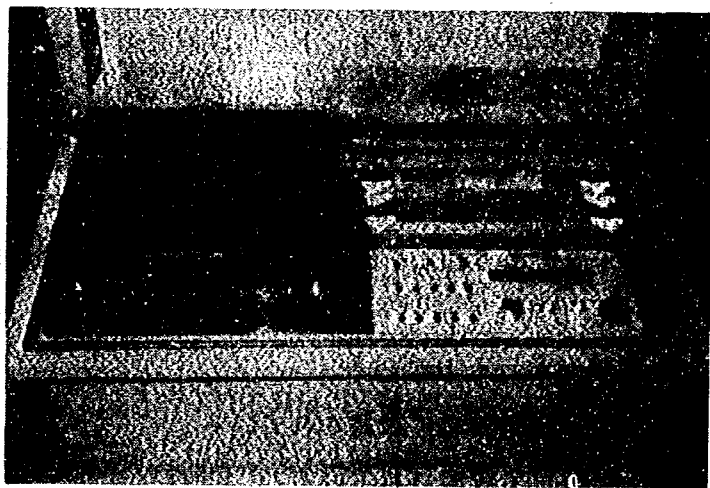


写真 3.1 強震計の外観

4. 強震計の設置

4.1 観測小屋の概要

強震計は、図 4.1 に示すような高さ 2.3 m、幅 2.1 m、奥行 2.1 m の観測小屋の中に直径 7.0 cm、水切高 35 cm のコンクリート製取付台を設け、この上に設置されている。ただし地中地震用の強震計本体は、換振器がボーリング孔中に埋設されているため、観測小屋内に設置棚を設け、この上に据え付けている（写真 4.1）。コンクリート製取付台の基礎（1.2 m × 1.2 m × 0.3 m）は、地震時に地盤と一体に振動するよう、9 本の松丸太（長さ 1.5 m、直径 12 cm）を打ち、この上に設けられている。また、この際、観測小屋の振動が影響しないように、取付台の基礎とは縁を切っている。観測小屋は RC 構造とし、強震時にも破壊しない構造とした。

4.2 強震計の設置箇所

強震計を設置したのは、図 2.1 に示した 12 箇所である。観測小屋の外観は、写真 4.2 に示すとおりである。また、参考のために観測小屋付近の平面図を付属資料 I に示した。

- 1) 石脇下区有地：焼津市第 15 自治会の石脇下区有地内の地下 10 m（基岩中）に設置されている。地中用換振器を設置したボーリング孔は、観測小屋正面に向って右手側の小屋背面に沿う約 1 m の位置にある。また、設置用ボーリング孔を利用して地盤調査が行なわれている。
- 2) サッポロビール静岡工場：サッポロビール（株）の静岡工場敷地内の北側の角に設置されている。
- 3) 東益津幼稚園：焼津市立東益津幼稚園の北側東端に設置されている。
- 4) 東益津小学校：焼津市立東益津小学校校庭の北側東端にある交通安全施設の西端に設置されている。
- 5) 東益津小学校体育館：焼津市立東益津小学校体育館とプールの間の北端に設置されている。
- 6) 東益津公民館：焼津市東益津公民館のグラウンド南側西端の植込みの中に設置されている。
- 7) 東益津中学校：焼津市立東益津中学校校庭の南側東端のバックネット裏に設置されている。
- 8) 中里ちびっこ広場：焼津市立中里ちびっこ広場の南側東端に設置されている。
- 9) 朝比奈川橋：国道 150 号バイパスの朝比奈川橋から、左岸側へ約 50 m 程離れた交差点近くの地盤上および、地中 30 m、63 m、112 m に設置されている。地中用換振器を設置したボーリング孔は、観測小屋正面に向って左手側の小屋背面に沿う約 1.5 m（－112 m）、左手側の小屋正面に沿う約 3.0 m（－30 m）、および右手側の約 1.5 m（－63 m）の位置にある。また、地中 112 m の設置用ボーリング孔を用いて地盤調査が行われている。
- 10) 牛田資材置場：焼津市水道局の牛田資材置場の南側西端に設置されている。
- 11) 中公園：焼津市中公園の西側の公衆便所に隣接して設置されている。
- 12) 焼津西小学校：焼津市立焼津西小学校校庭の南側西端に設置されている。

強震計による加速度の測定方向は図 4.2 に示すとおりであり、全観測点において、X 方向（図 4.2 参照）が北になるように設置されている。観測小屋の向きと方位は、図 4.3 に示すとおりである。なお、図中には地中用換振器を設置したボーリング孔の位置も合わせて示してある。また、地中用換振器を設置したボーリング孔から観測小屋内に至るケーブルの配線は、図 4.4 に示すとおりである。

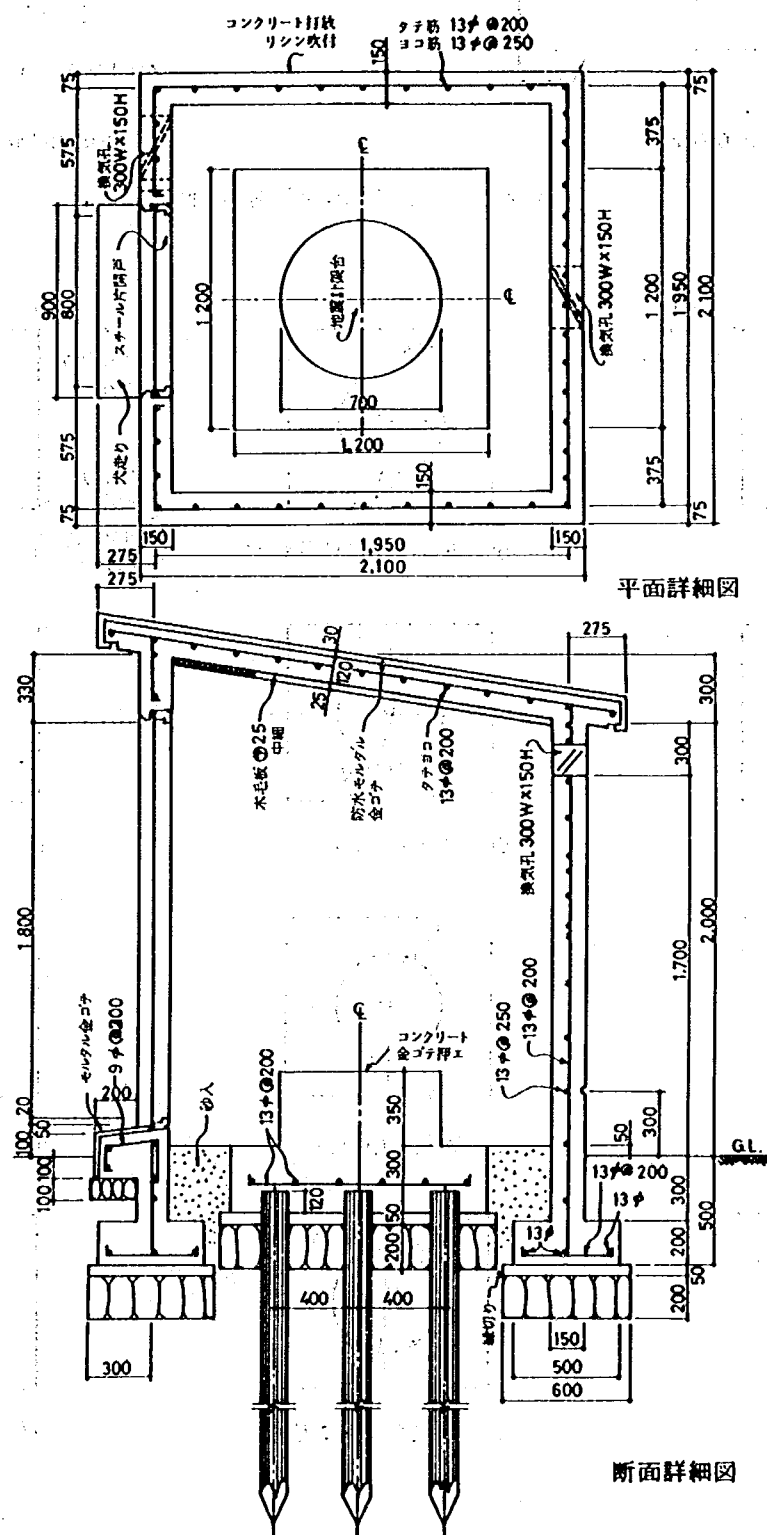


図 4.1 観測小屋断面図

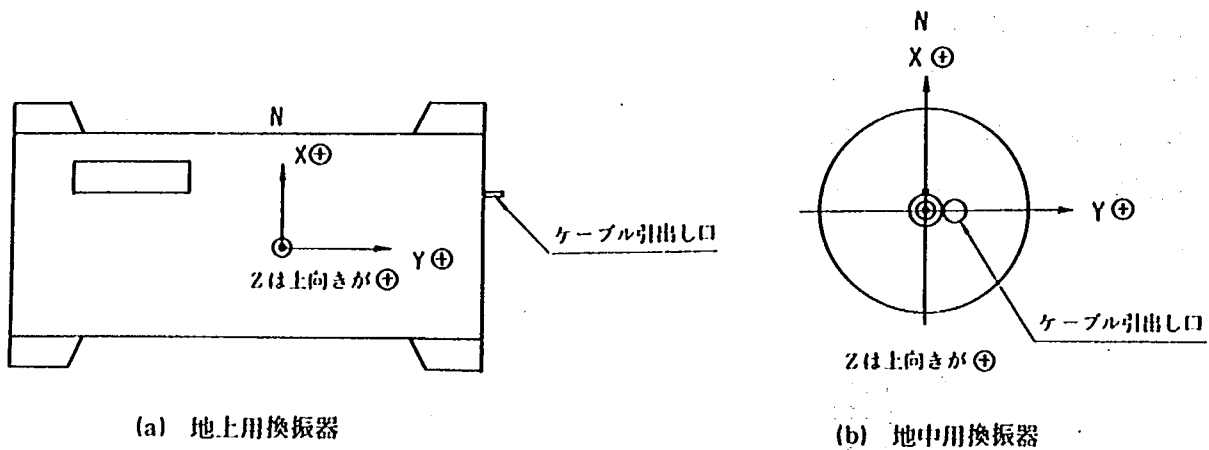


図 4.2 強震計の観測方向

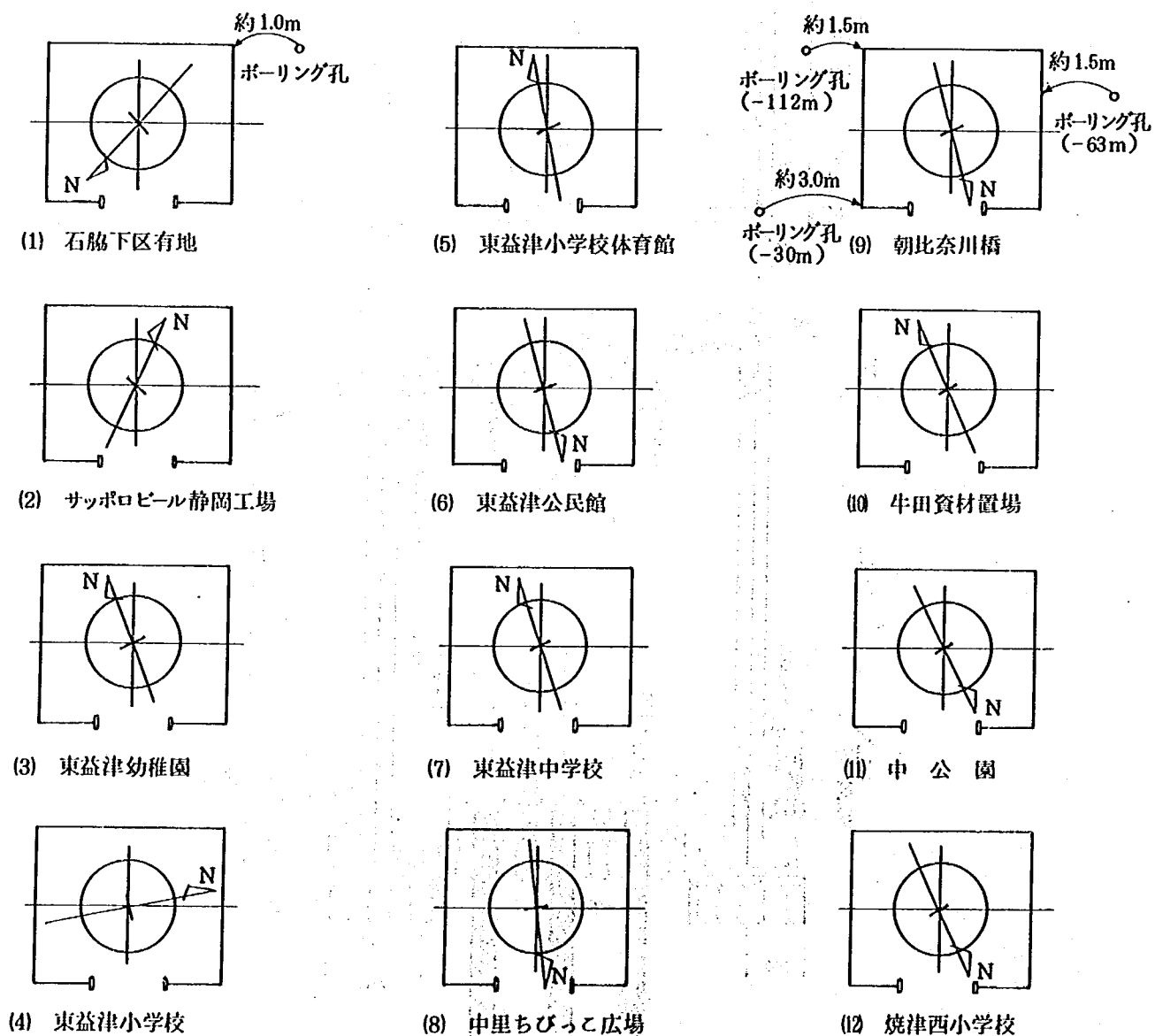
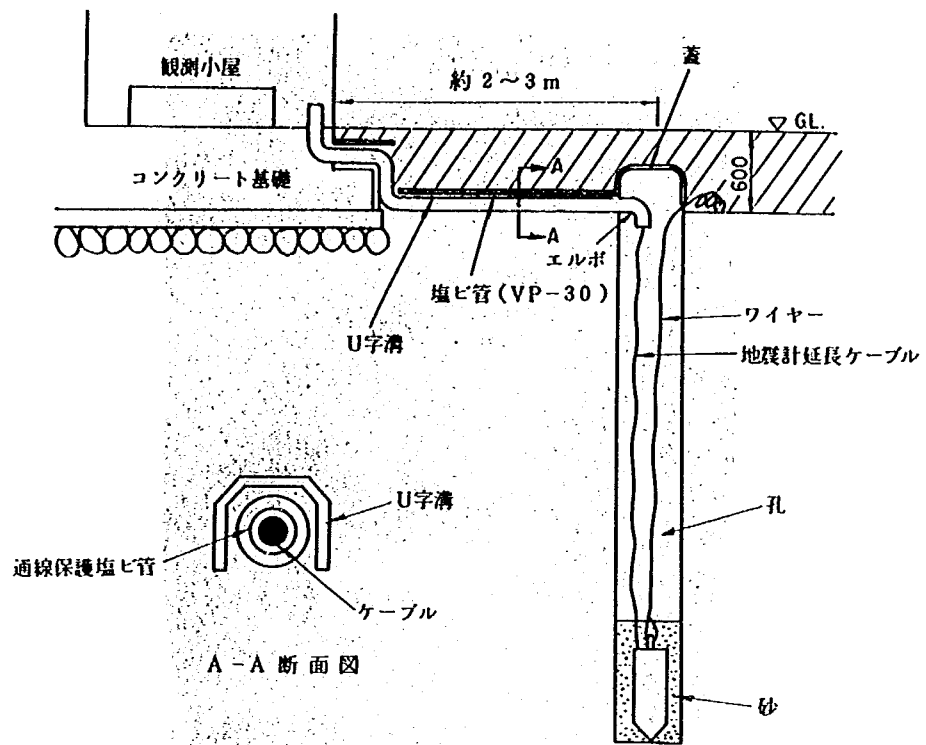
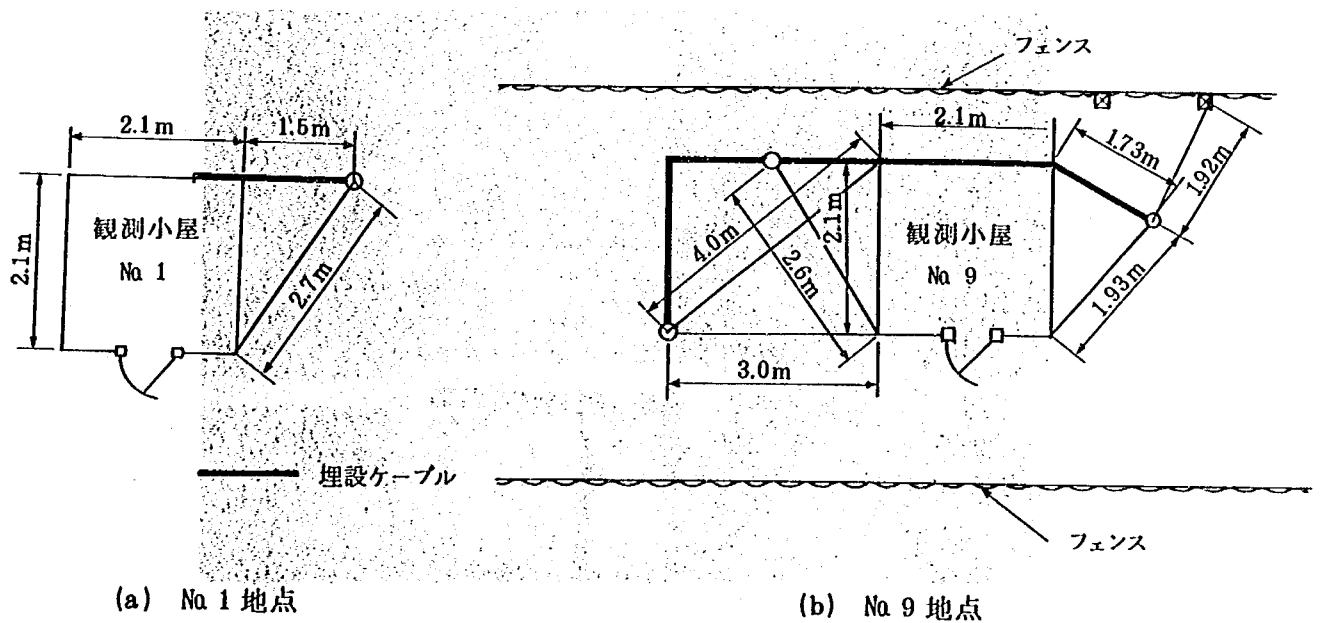


図 4.3 観測小屋の方向および地中地震計を設置したボーリング孔の位置



(1) 標準断面図

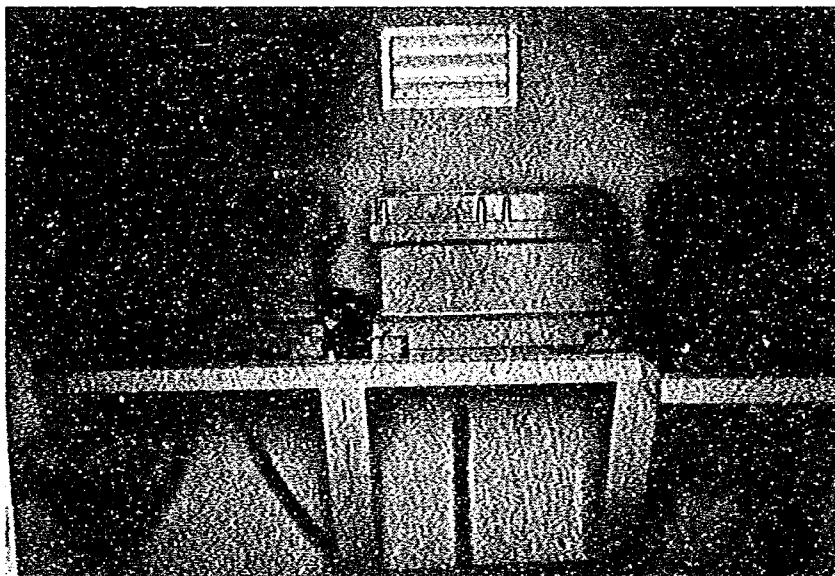


(2) 平面図

図 4.4 地中用換振器からのケーブルの配線図



(a) 地上用強震計

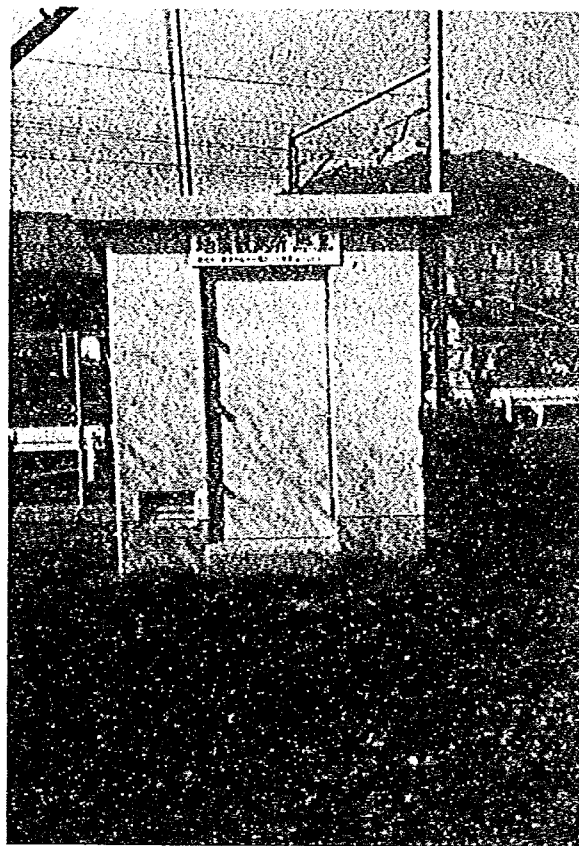


(b) 地中用地震計

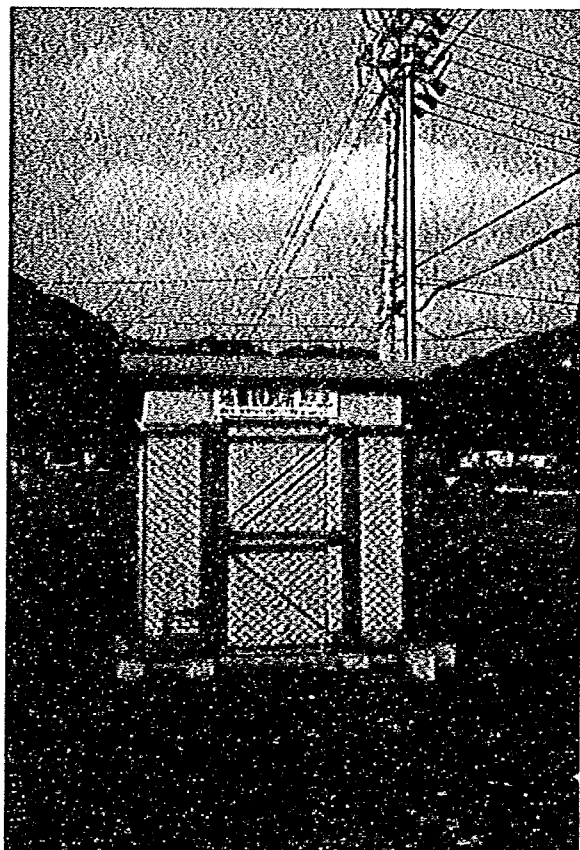
写真 4.1 強震計設置状況



No 1 石脇下区有地



No 2 サッポロビール静岡工場

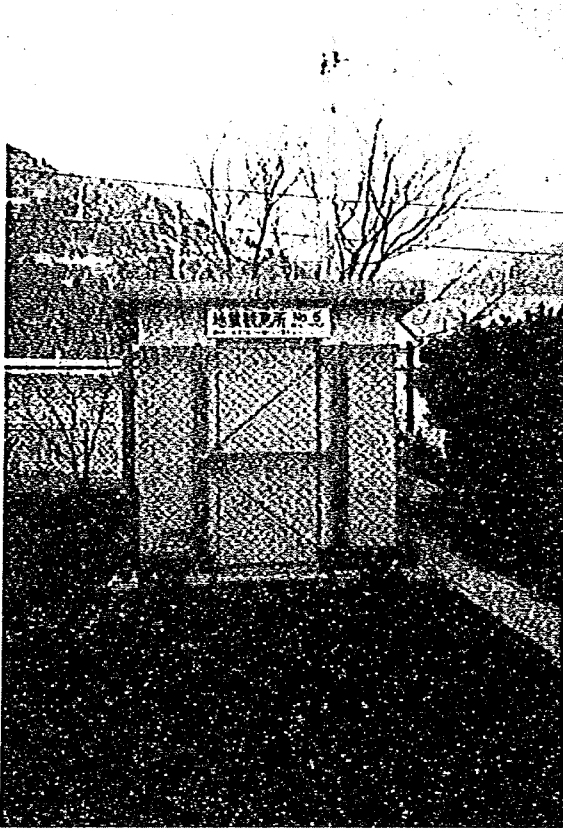


No 3 東益津幼稚園

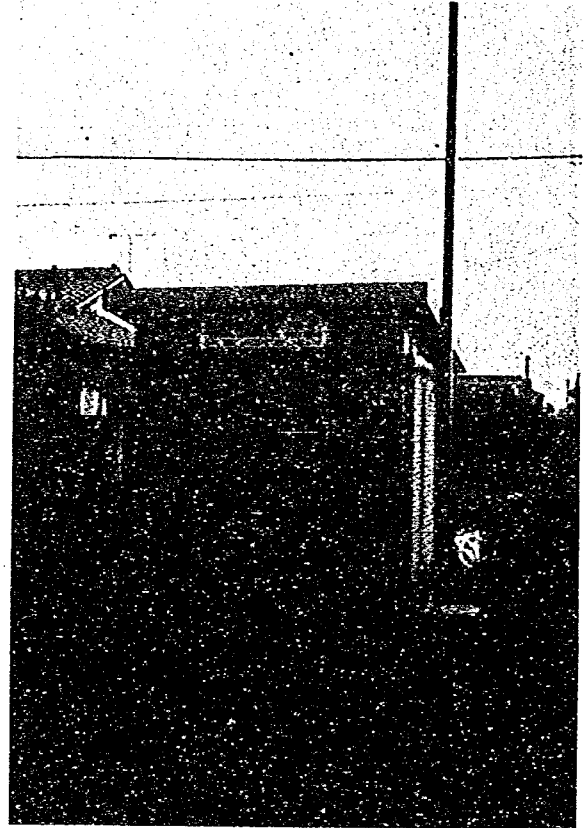


No 4 東益津小学校

写真 4.2 (1) 観測小屋 外観



№ 5 東益津小学校（体育館）



№ 6 東益津公民館

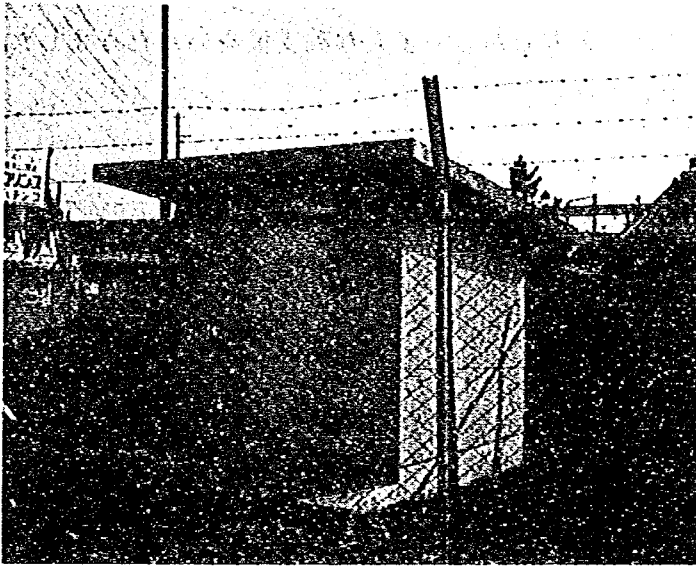


№ 7 東益津中学校

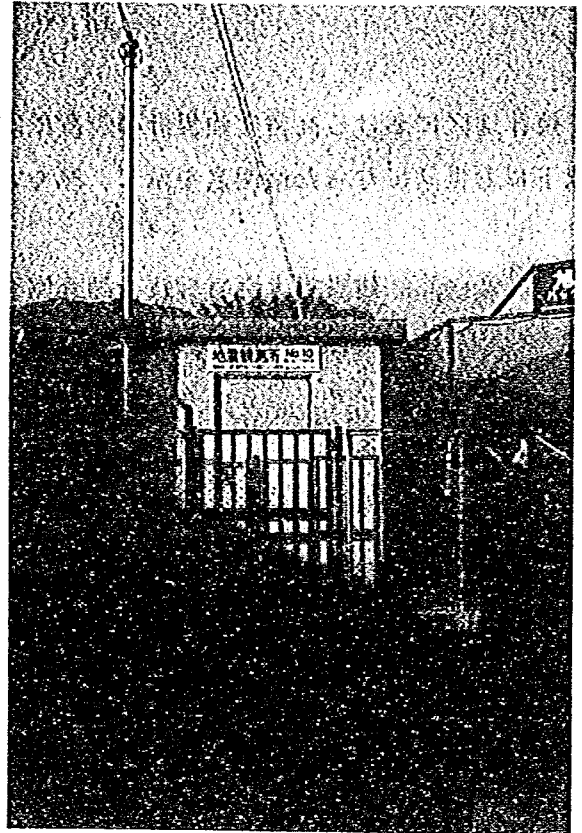


№ 8 中里ちびっこ広場

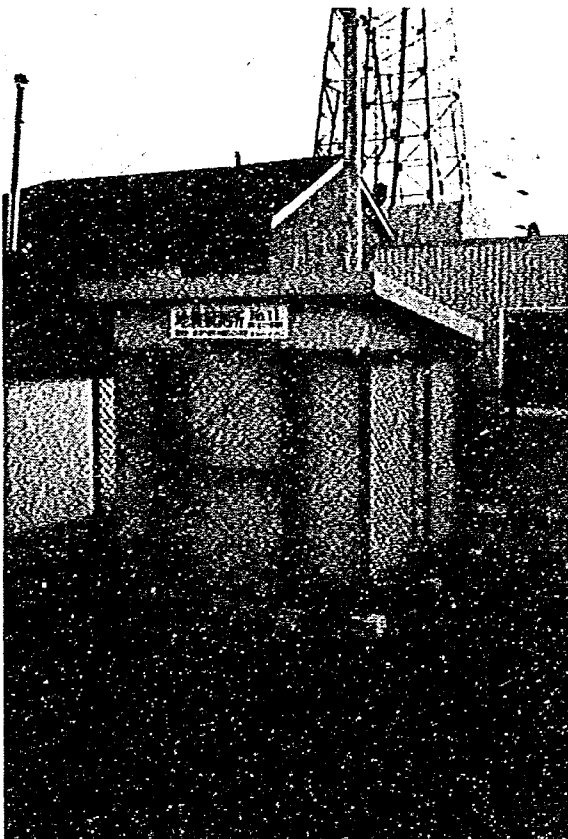
写真 4.2 (2) 観測小屋外観



No 9 朝比奈川橋



No 10 牛田資材置場



No 11 中公園



No 12 焼津西小学校

写真 4.2 (3) 観測小屋外観

謝

辞

焼津地区における高密度強震計の設置に関しては、各方面からの多大な御支援をいただきました。
以下にお世話になった機関名を示し、厚くお礼申し上げます。

建設省大臣官房技術調査室

〃 中部地方建設局企画部企画課

〃 〃 静岡国道工事事務所

静岡県総務部地震対策課

〃 土木部道路建設課

〃 〃 道路維持課

〃 藤枝土木事務所

〃 教育委員会

焼津市長

焼津市総務部地震防災対策室

〃 教育委員会

焼津市立東益津幼稚園

〃 東益津小学校

〃 東益津中学校

〃 焼津西小学校

焼津市第15自治会

〃 第16自治会

サッポロビール㈱ 静岡工場

参 考 文 献

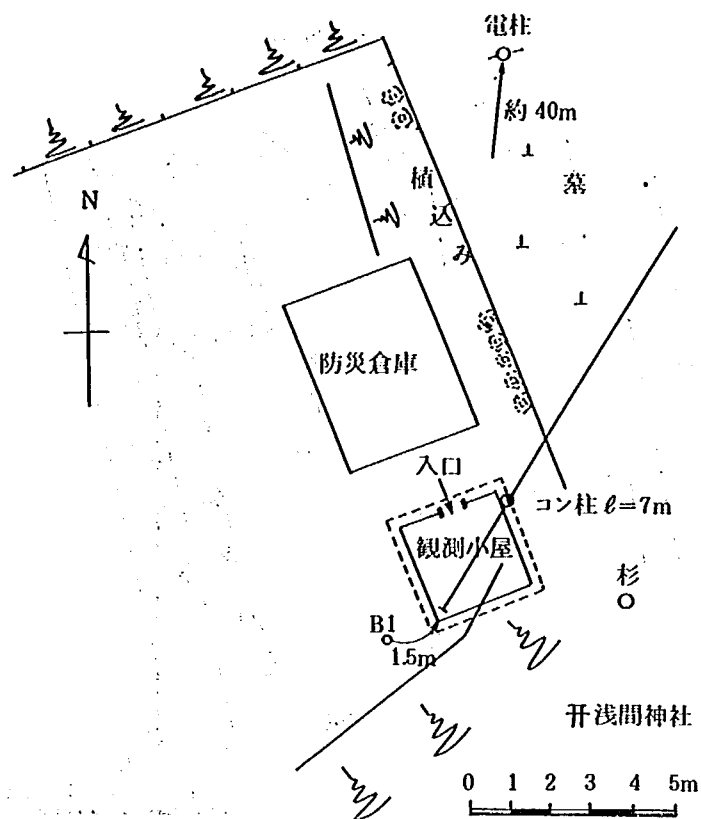
- 1) 日本学術会議：高密度強震観測の推進について（内閣総理大臣あて），昭和55年5月12日
- 2) 大久保忠良：高密度強震観測計画について，土木技術資料，22-4，昭和55年4月
- 3) 大久保忠良，岩崎敏男，川島一彦：土木研究所における高密度強震観測計画および記録の解析，日米天然会議耐風耐震構造専門部会，第13回合同部会，昭和56年5月
- 4) 大久保忠良，荒川直士，川島一彦：土木研究所における高密度強震観測および記録の解析，日米天然会議耐風耐震構造専門部会，第14回合同部会，昭和57年5月
- 5) International Association for Earthquake Engineering : Strong-motion Earthquake Instrument Arrays, Proc. of the International Workshop on Strong-motion Earthquake Instrument Arrays, Edited by Iwan, W.D., 1978, Honolulu, Hawaii, U. S. A.
- 6) 建設省土木研究所：土木構造物に対する強震観測，土木研究所資料，第1734号，昭和57年6月
- 7) 榎山次郎，森下 晶，糸魚川淳二：日本地方地質誌，中部地方，朝倉書店，昭和50年
- 8) 杉山雄一，下川浩一，坂本 亨，秦 光男：静岡地域の地質，地域地質研究報告，東京(8)第98号，昭和57年3月
- 9) 静岡県地震対策室：静岡県地震対策基礎調査（地質断面図），地震対策資料（地盤-1）No5-1978，1978年3月。
- 10) 建設省土木研究所：土木研究所における高密度強震観測システム—(1) 相良地区の観測システム—，土木研究所資料，第1847号，昭和57年7月
- 11) 佐藤和夫，荒川直士，川島一彦，田村敬一：建設省土木研究所における高密度強震観測，土木学会年次講演会，昭和58年9月

付 属 資 料 I

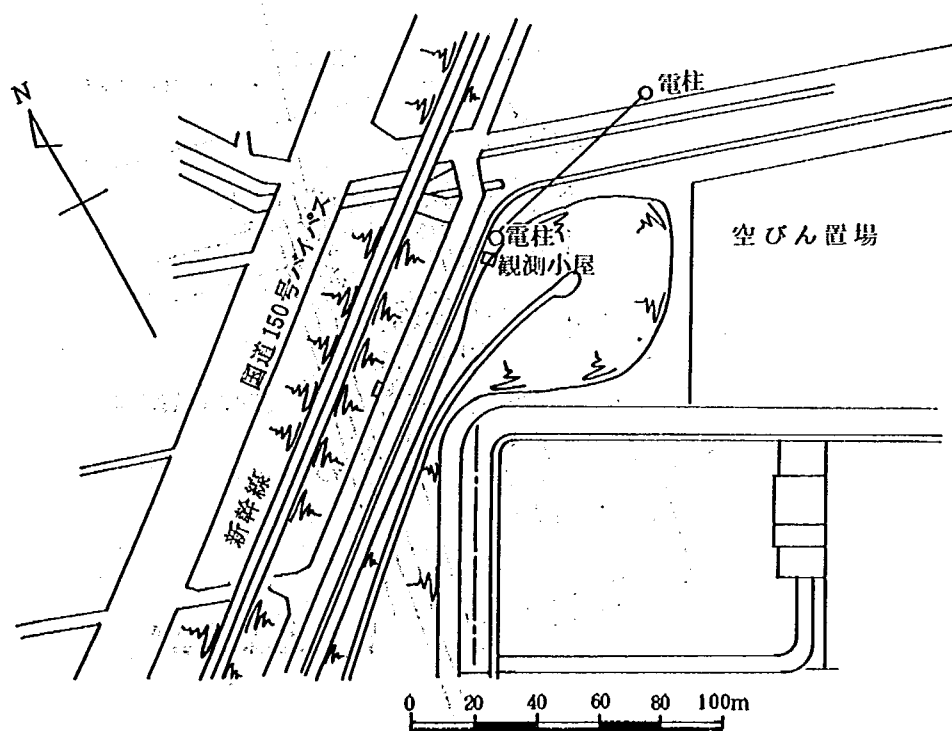
観 測 小 屋 周 辺 の 平 面 図

一、經 典 文 學

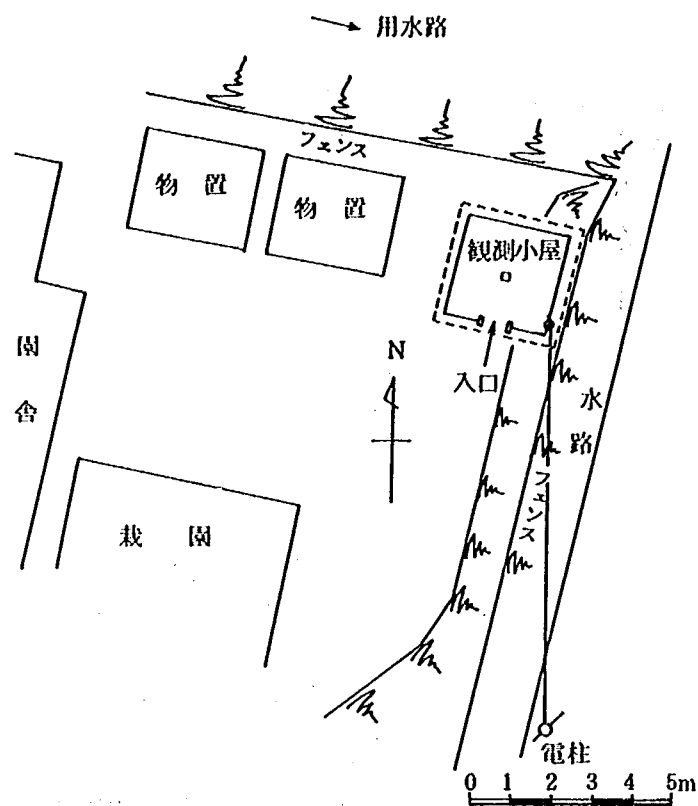
1. 國 語 文 學 與 國 語 文 學



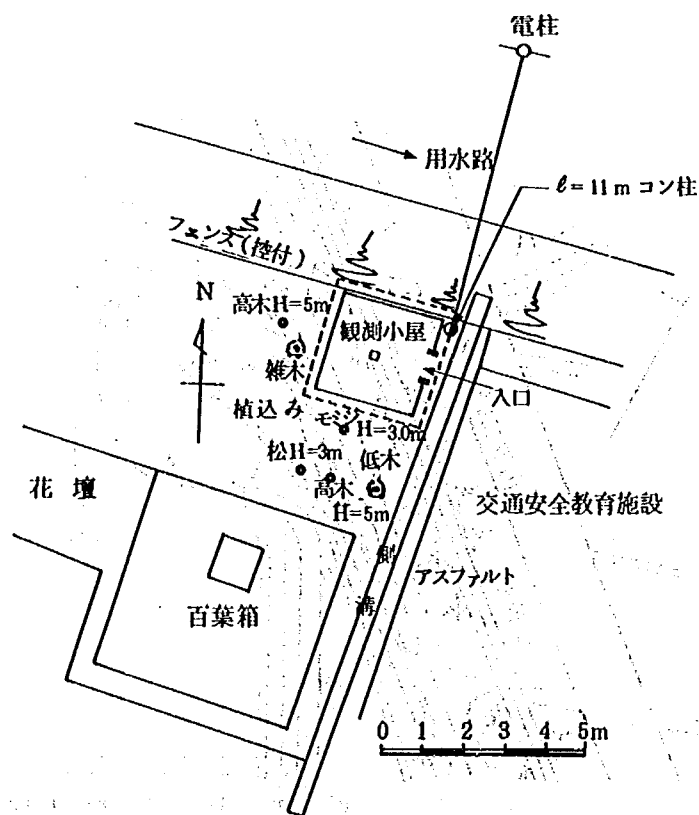
付図 I - 1 Na 1 石脇下区有地



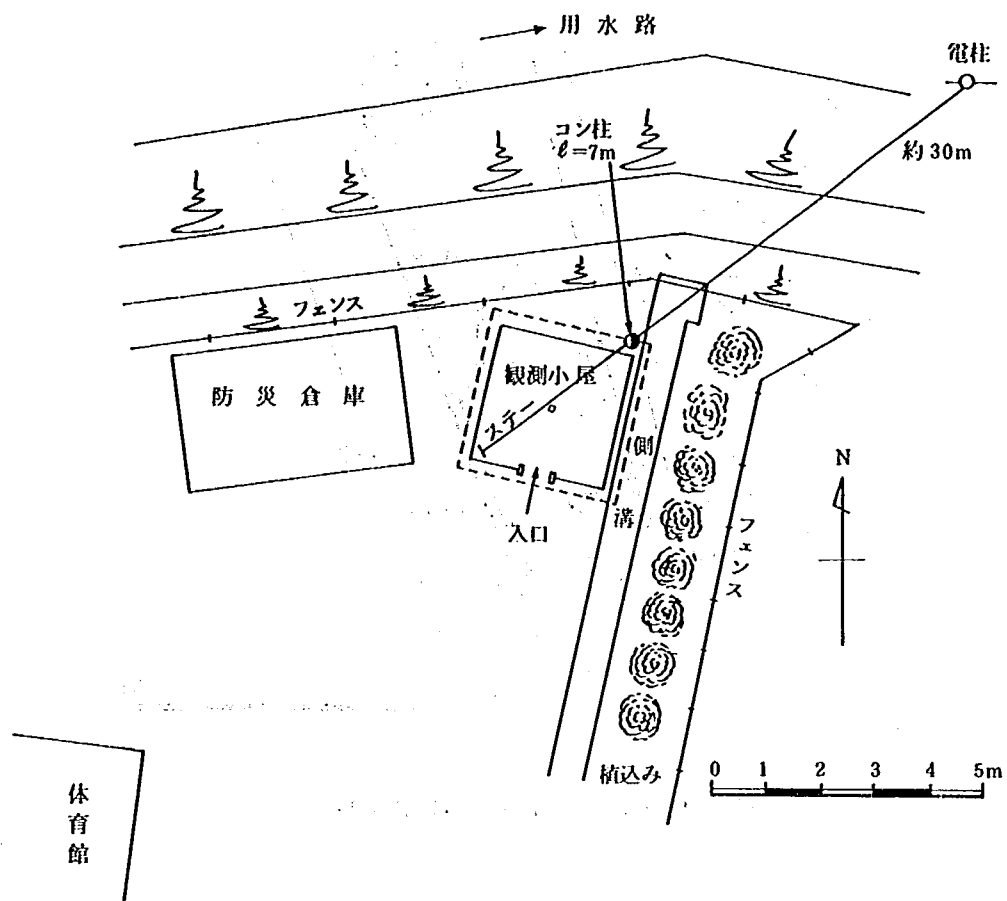
付図 I - 2 Na 2 地点 サッポロビール静岡工場



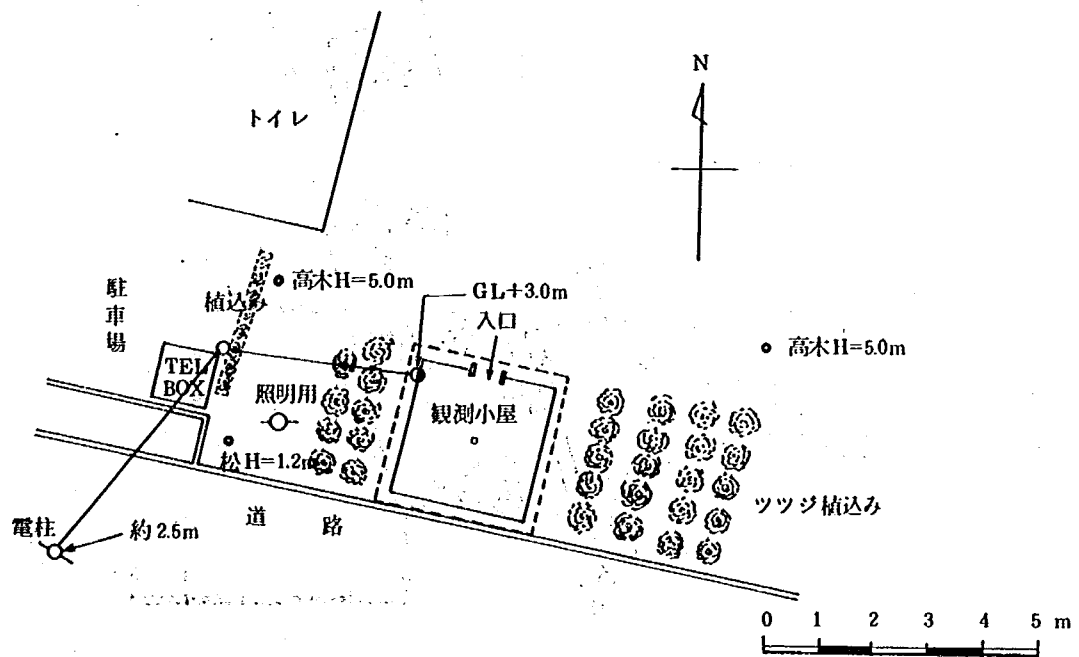
付図 I - 3 No. 3 東益津幼稚園



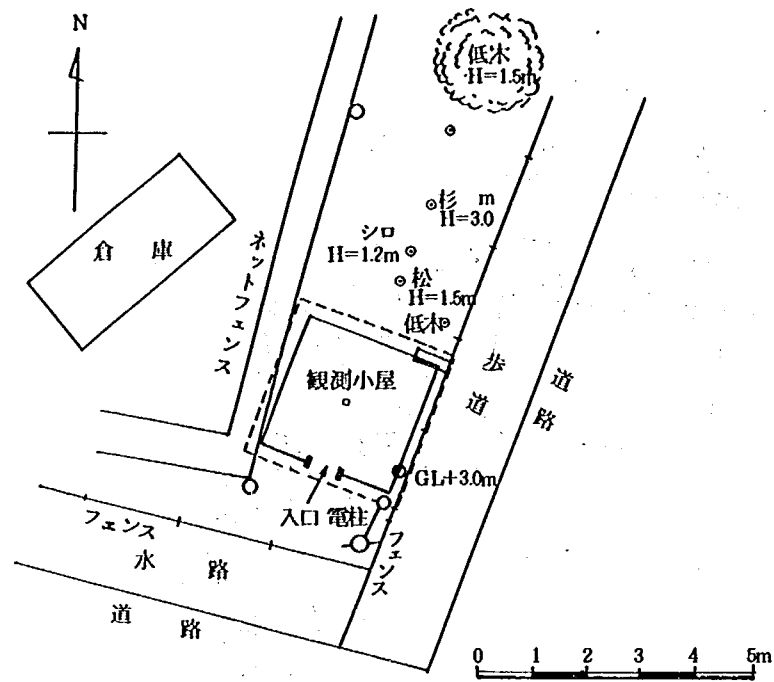
付図 I - 4 No. 4 東益津小学校



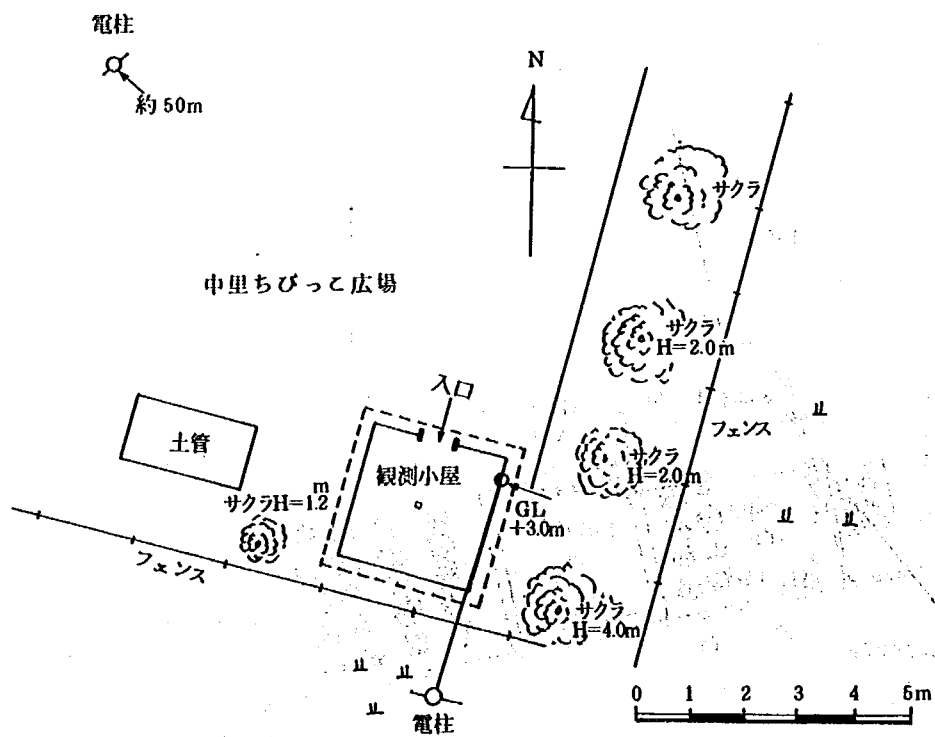
付図 I - 5 No 5 東益津小学校 (体育館)



付図 I - 6 No 6 東益津公民館

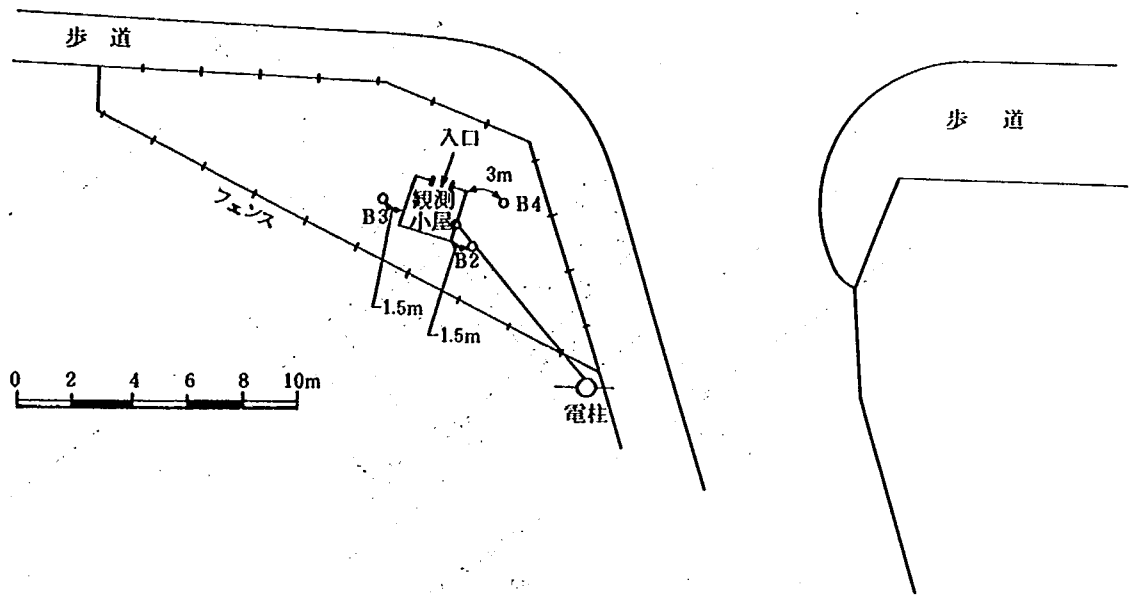


付図 I - 7 Na 7 東益津中学校

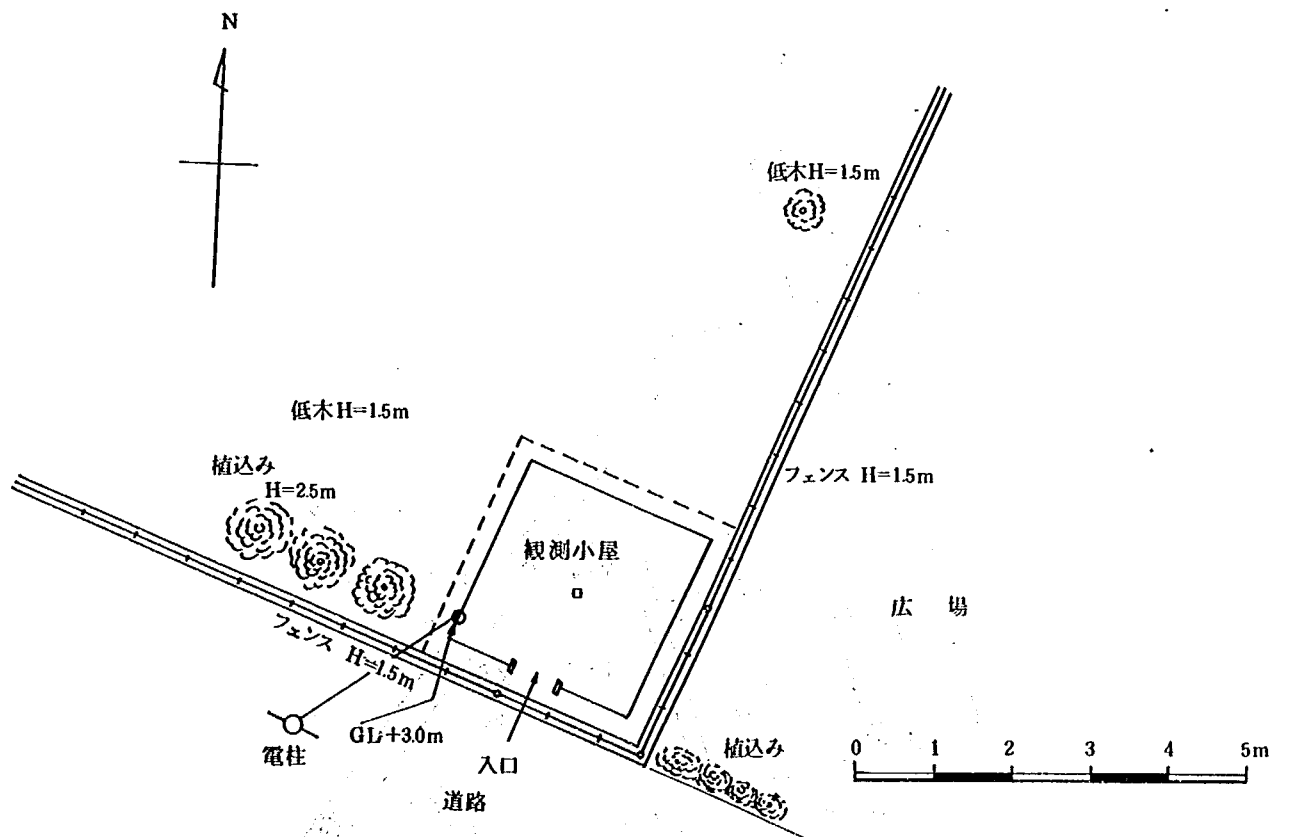


付図 I - 8 Na 8 中里ちびっ子広場

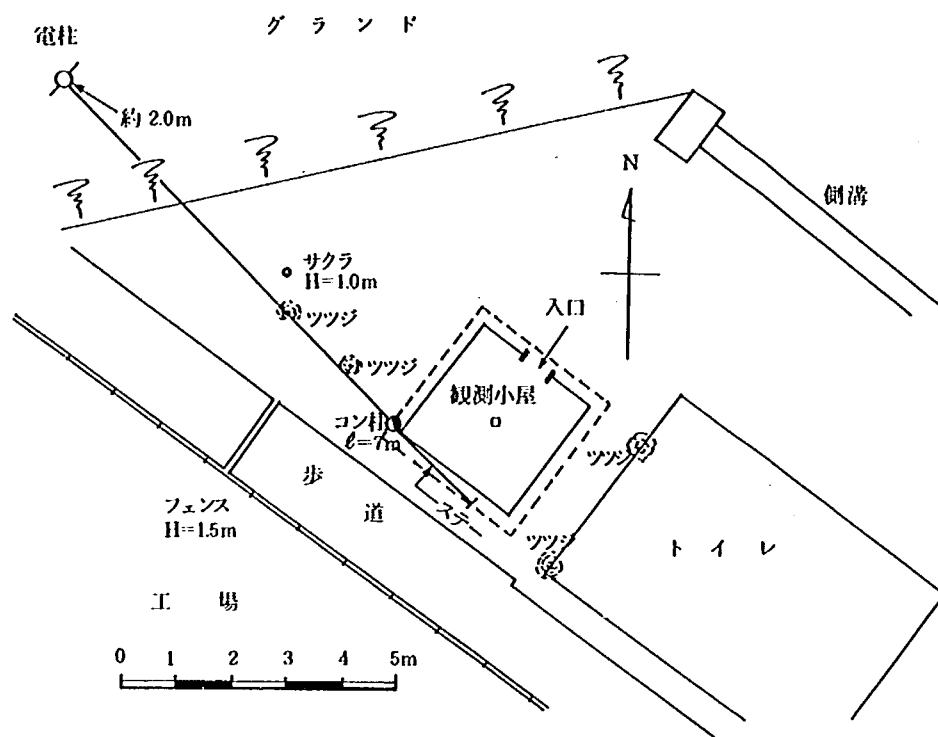
国道150号バイパス



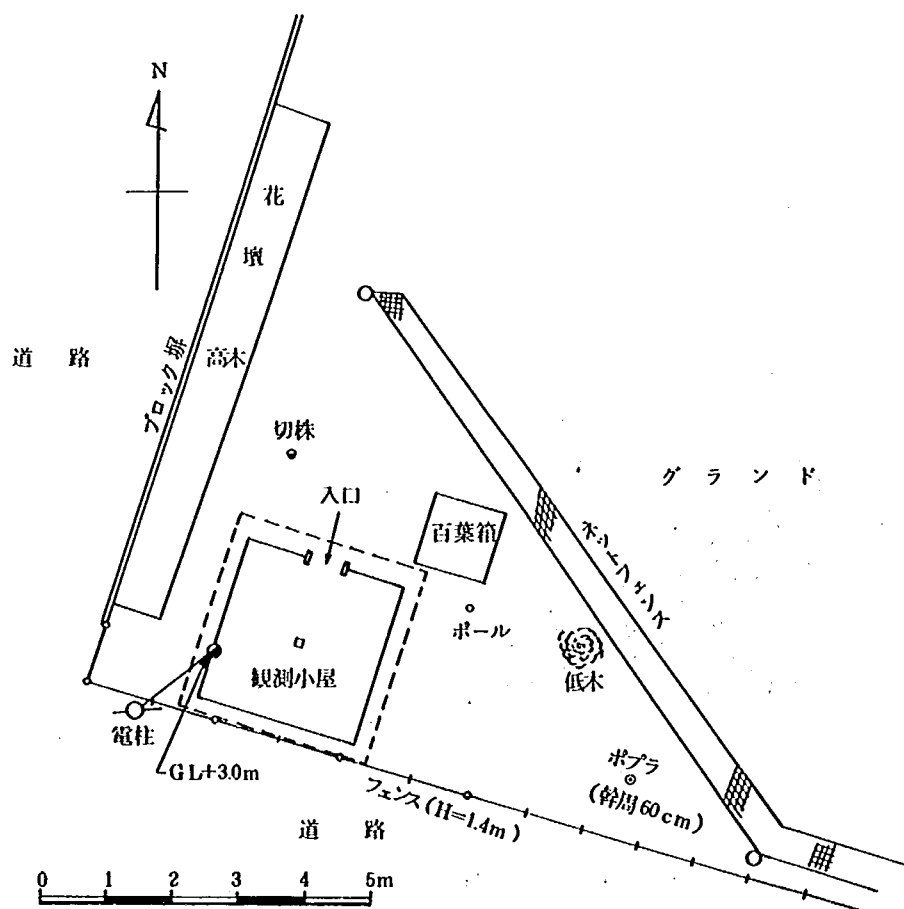
付図 I - 9 Na 9 朝比奈川橋



付図 I - 10 Na 10 牛田資材置場



付図 I - 11 No 11 中公園



付図 I - 12 No 12 焼津西小学校

付 属 資 料 Ⅱ

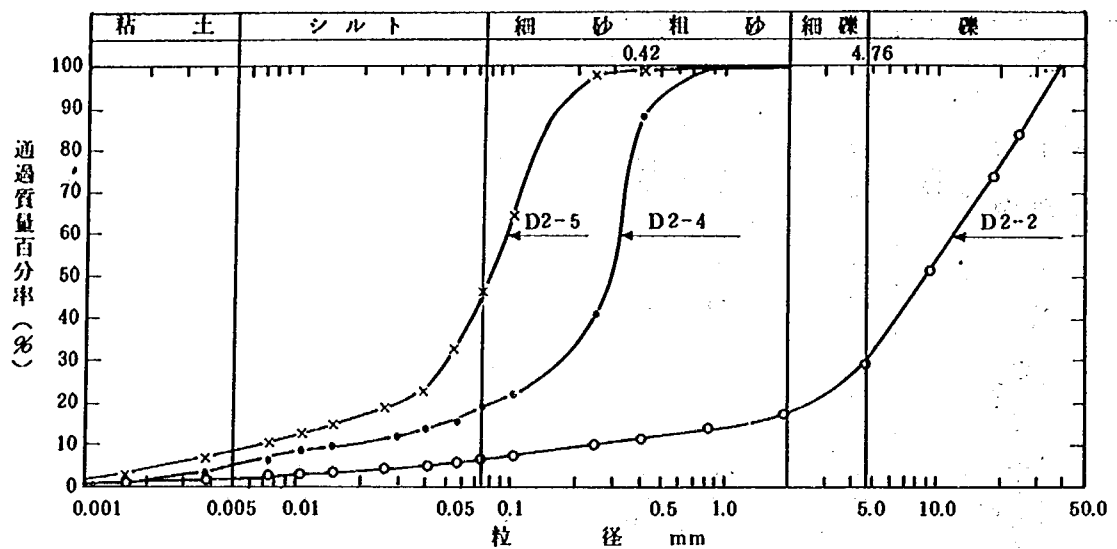
ボーリング試料の室内土質試験結果

目錄

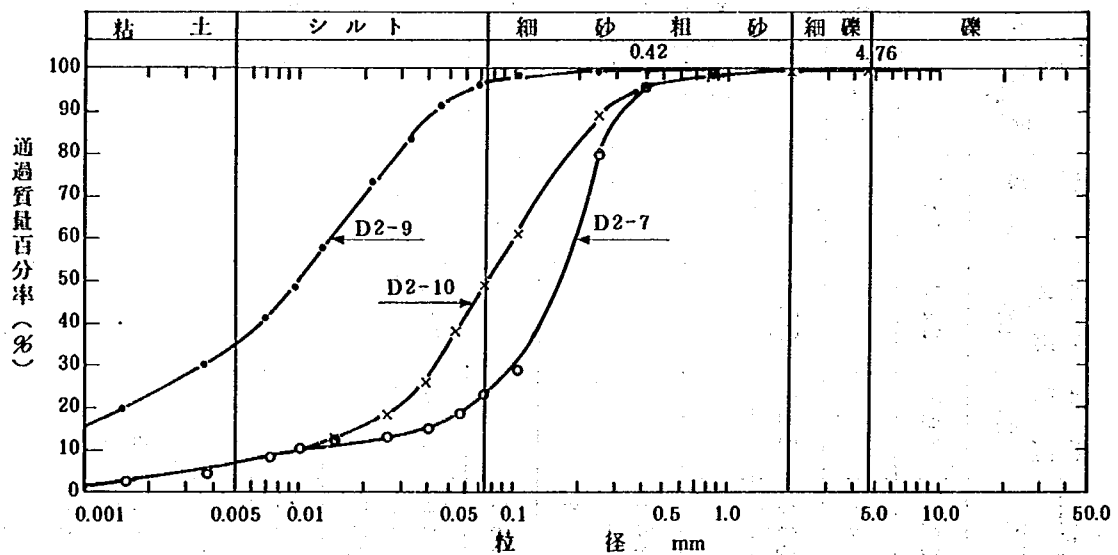
第一章 緒論

付表Ⅱ-1 物理特性試験結果一覧表

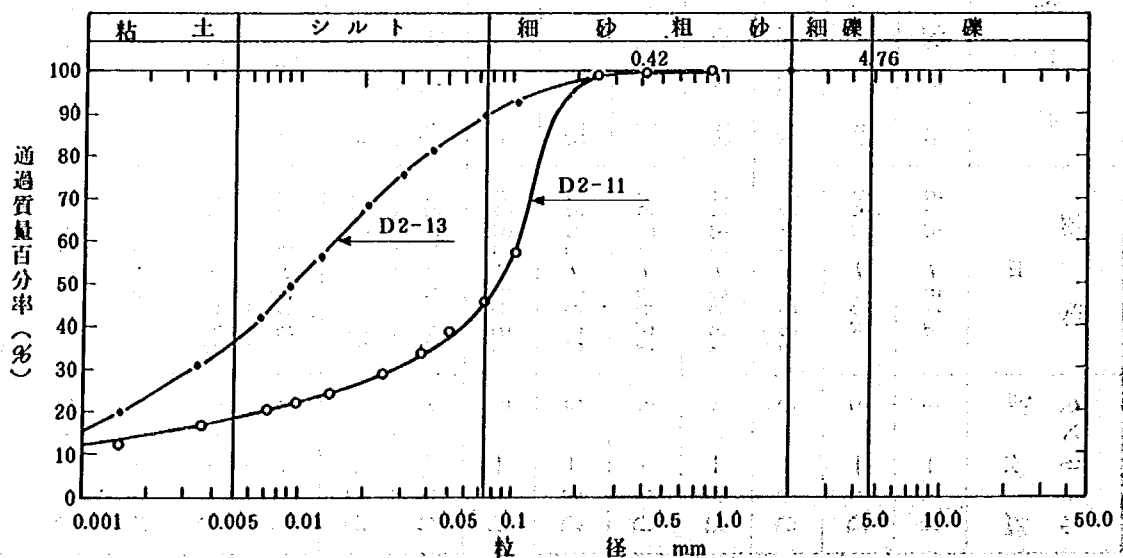
ボーリング 試料 No.	深 度 m	土 質 名	含水比 (%)	液 性 限 界 (%)	塑 性 限 界 (%)	塑 性 係 数	粒 度				比 重	日 本 統 分 類	備 考
							礫 分 (%)	砂 分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)			
D2-1	3.15~3.45	砂質粘土	27.1	40.7	22.3	18.4						CL	
D2-2	7.00~7.30	砂 礫	3.9				82.0	11.0	5.0	2.0	2.69	G-M	
D2-3	10.00~10.30	砂質粘土	33.4	54.1	25.4	28.7						CH	
D2-4	13.00~13.30	細 - 中 砂					0.0	80.5	14.0	5.5	2.75	SM	
D2-5	17.00~17.30	細 砂	23.3				0.0	53.0	38.5	8.5	2.72	SM	
D2-6	20.00~20.30	細 砂	17.4										
D2-7	25.00~25.30	細 砂	18.9				0.0	76.0	17.0	7.0	2.73	SM	
D2-8	30.00~30.30	砂質粘土	24.6	33.6	23.3	10.3						CL	
D2-9	37.00~37.30	粘 土	25.7				0.0	3.0	62.0	35.0	2.69		
D2-10	43.00~43.30	微 細 砂	22.2				0.5	50.0	42.5	7.0	2.71	SM	
D2-11	47.00~47.30	微 細 砂	20.9				0.0	54.5	26.5	19.0	2.73	SM	
D2-12	55.00~55.30	砂質粘土	21.9	33.9	20.2	13.7						CL	
D2-13	66.00~66.30	細砂・粘土層	24.9				0.0	10.5	53.0	36.5	2.70	M	
D2-14	73.00~73.30	粘 土	22.1	32.6	19.6	13.0						CL	
D2-15	78.00~78.30	粘 土	23.2	34.1	21.3	12.8						CL	



(a) D 2 - 2, 4, 5 のボーリング試料の粒径加積曲線



(b) D 2 - 7, 9, 10 のボーリング試料の粒径加積曲線



(c) D 2 - 11, 13 のボーリング試料の粒径加積曲線

地中地震計設置用ボーリング 地質柱状図 (NO. B-2)
および地盤調査

調査地点 静岡県焼津市
調査年月日 昭和57年11月29日～11月30日

標高 _____ m
自然水位 _____ m

標高 m	深さ m	層厚 m	柱状 図	色調	地質 名	観察	相対 密度	相対 稠度	標準貫入試験						採取 方法	採取 深度 m
									深さ m	N 値 g	10cmの 打撃回数 g	10 g	20 g	30 g		
1	1.20	1.20	X	淡黄	盛土 (礫混り砂質粘土)	10～40%程度の円レキ混入。 腐植物混る。			1.00	1/31	1/31					
	1.70	0.50	二	淡青灰	粘土質シルト	腐植物あり。旧表土と思われる。			4.31	2/36	1/20	1/16				
2				淡青灰	粘土質微細砂	全体に非常にゆるい。 不均質である。			2.36	5/30	1/11	1/9	3/10			
3	3.13	1.43		淡緑灰	強風化玄武岩	粘土化している。			3.30	48	20	18	10			
	3.63	0.50	L						4.00	50/6						
4			L			風化著しくコアー礫状化している。			5.06	50/4						
5			L						6.00	50/2						
6			L						6.04	50/3						
7			L		緑灰 玄武岩	535m～545m } 区間は 865m～885m } 風化著 920m～930m } しくや や軟か い。			7.00	50	(反発)					
8			L						7.02	50	(反発)					
9			L						8.00	50	(反発)					
10	10.00	6.35	L						9.00	50	(反発)					
11			L						10.00	50	(反発)					

(注) 1. 試料採取方法の記号 (記号の右の数字は試料番号)

- ①-1 シンウォールサンブラーによる試料
- ①-2 デニソンサンブラーによる試料
- ①-3 貫入試験器による試料
- 4 コアー試料

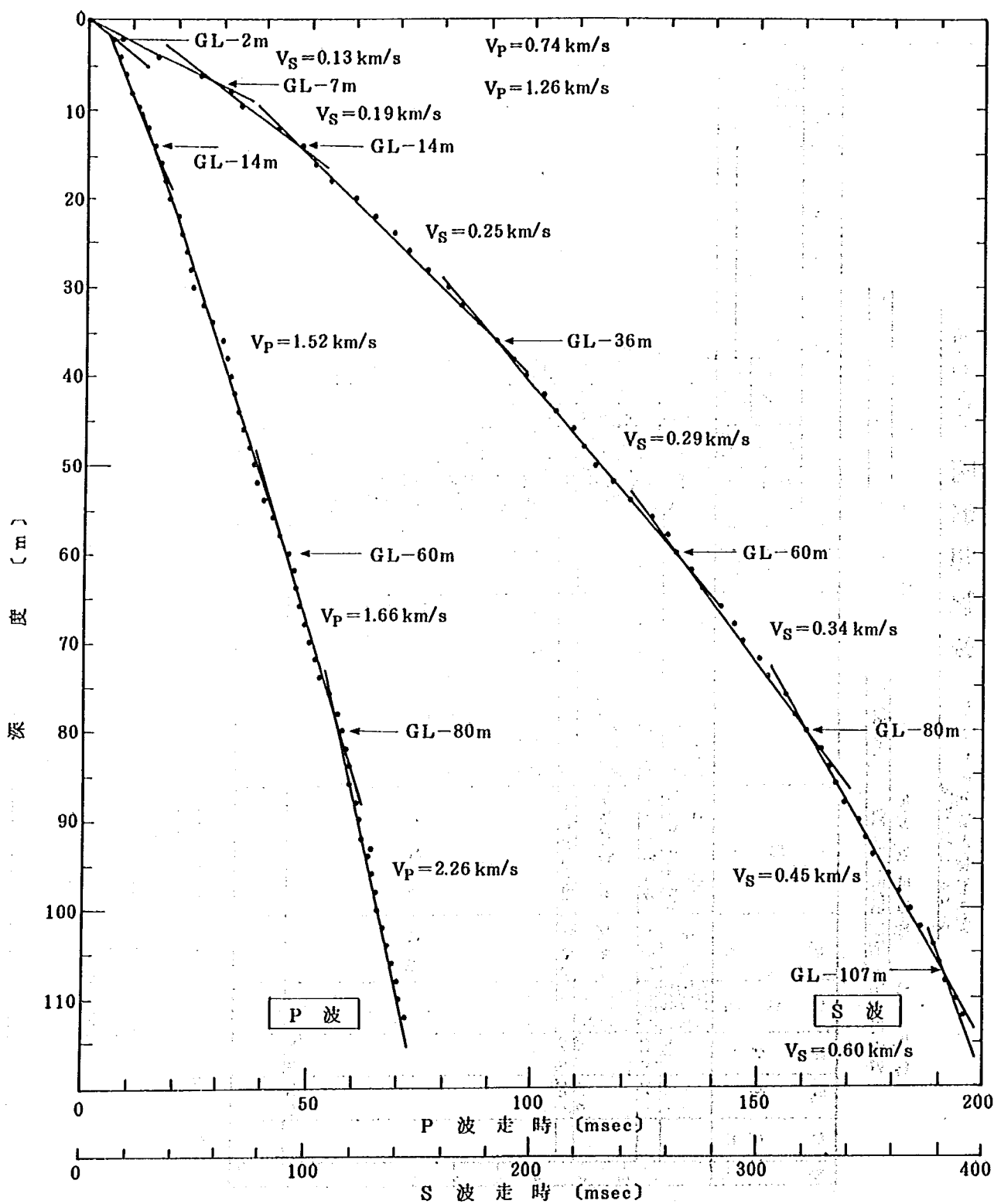
2. 試料採取深度と回収比

3.02 3.70 は試料採取深度 (m)
45/50 45/50 は回収比 (50cm:貫入深さ, 45cm:試料長さ)

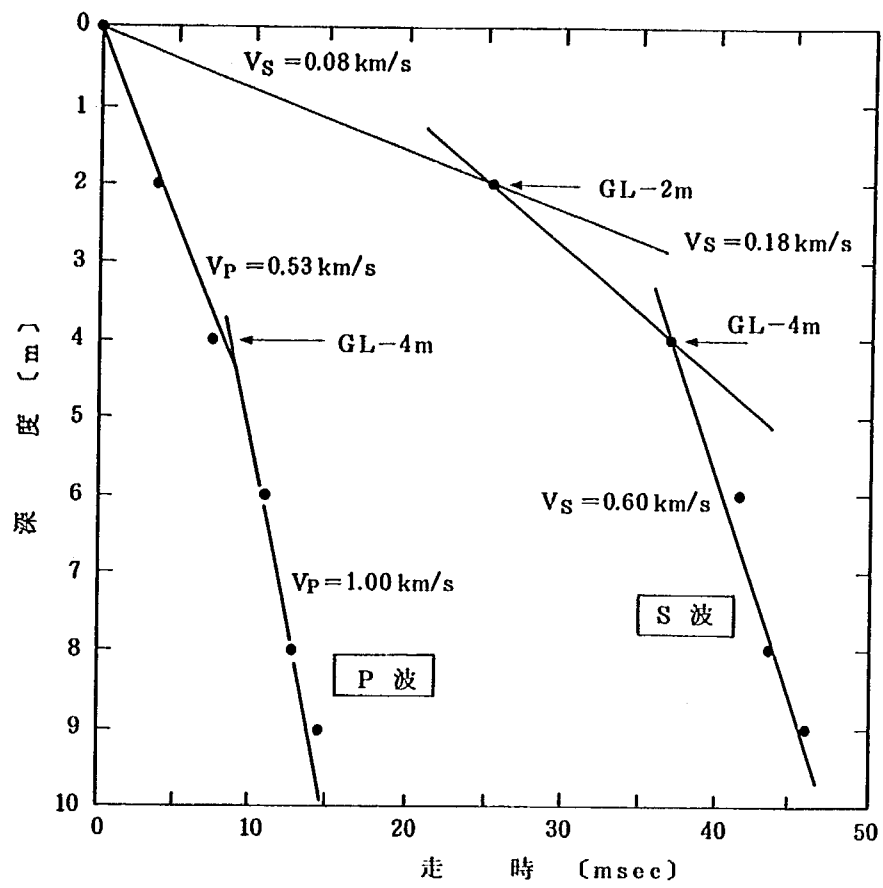
3. 標準貫入試験の項で 10cm毎の打撃回数とは最初の 10cm貫入に要した打撃回数, 10cm～20cmの間で要した打撃回数, 20cm～30cmの間で要した打撃回数をそれぞれしめたものである。

4. ∇ 自然水位をあらわす

付図Ⅱ-3 No.1地点(石脇下区有地)のボーリング柱状図



付図Ⅱ-4 Na 9 地点 (朝比奈川橋) における P S 検層による走時曲線



付図Ⅱ－5 No 1 地点（石脇下区有地）におけるPS検層による走時曲線

付 属 資 料 Ⅲ

愛 鷹 地 区 に お け る 強 震 観 測 記 録 例

(1980年6月29日伊豆半島東方沖地震 M=6.7, 深さ45km)

目錄

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

愛鷹地区においては駿河湾に沿って東西に細長く伸びる愛鷹地区浮島ヶ原を南北に横断して Simple Extended Array を構成するように5台の強震計が設置されており（付図Ⅲ－1参照），①，②，③，⑤地点は昭和54年4月から，④地点は昭和55年10月から観測を行っている。設置点に沿うボーリング資料に基づいた地質縦断図は付図Ⅲ－2に示す通りであり，北端は愛鷹山山麓，南端は千本松原の砂州・砂丘，その中間に浮島ヶ原が広がっている様子を示している。この地区には海岸から順に，国道1号線，東海道線，国道1号線沼津バイパス，東海道新幹線と我が国を代表する重要幹線が通っている。

昭和55年6月29日に伊豆半島川奈崎沖においてマグニチュード6.7の地震が発生したが，これによる地震動を付図Ⅲ－2に示す①，②，③および⑤地点において記録することができた。なお，この時点では，まだ④地点には強震計が設置されていなかったため，この点での記録はない。川奈崎沖地震は非常に浅い位置に発生した地震で，観測地点からの震央距離は約45kmである。観測された加速度記録は付図Ⅲ－3に示す通りであり，これより計算で求めた速度および変位の波形はそれぞれ付図Ⅲ－4および付図Ⅲ－5に示す通りである。ここで，速度および変位の計算に際して用いた周波数応答関数 $F_c(f)$ は次のとおりである。

$$F_c(f) = \begin{cases} 1.0 & \dots\dots\dots 0.1 \leq f \leq 20 \text{ Hz} \\ 0 & \dots\dots\dots f < 0.1 \text{ Hz}, f > 20 \text{ Hz} \end{cases} \quad (\text{Ⅲ}-1)$$

なお，本地震により，震源の伊豆東部地区では，多少のかけ崩れ等が生じたが，愛鷹地区では全く被害は生じていない。

地震動の記録波形は，観測地点ごとの地盤条件の違いを反映して相互に著しく違っている。付図Ⅲ－6は，これを絶対応答加速度スペクトル（減衰定数 $h=0.05$ ）により示したものであり，また，付図Ⅲ－7は観測地点間の周波数伝達関数（絶対値）により示したものである。後者の場合には，①地点が地盤条件から比較的増幅度が小さいと考えられたため，この地点を基準として，他の観測地点に至る伝達関数を計算している。

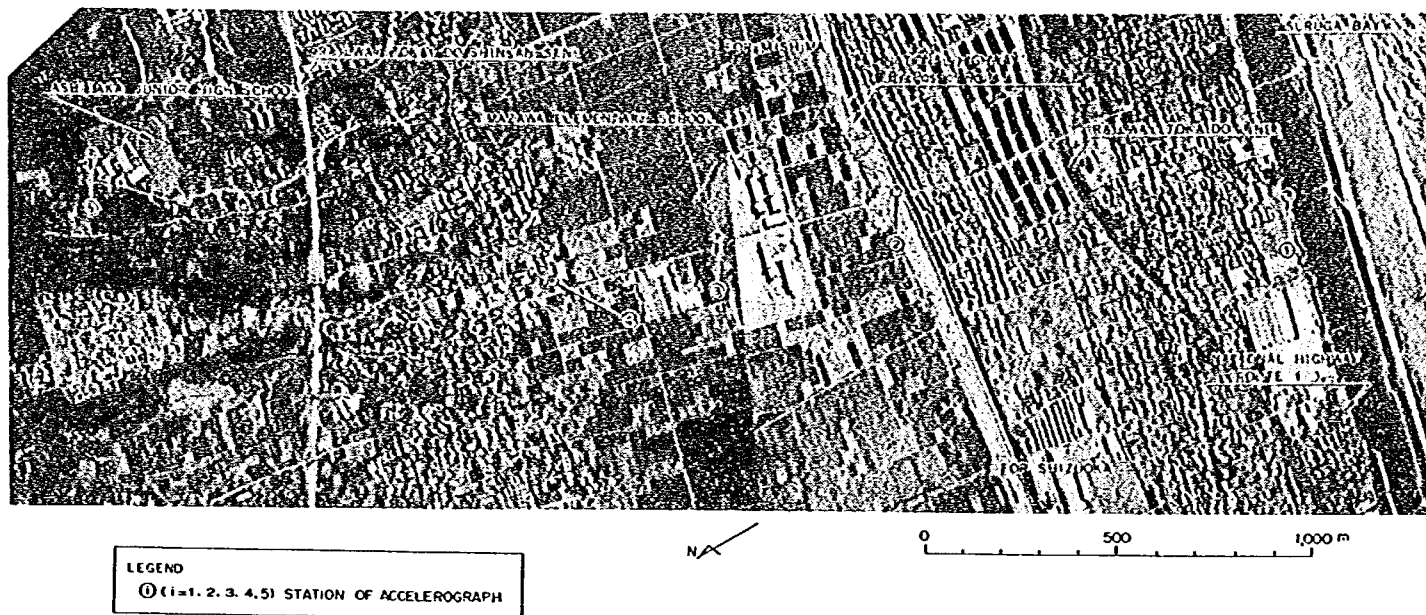
これらの結果から，以下の事項が指摘できる。

- (1) NS方向の最大加速度値に着目すると，この値は，4箇所の観測地点ごとにほとんど変化していない。これに対して，EW方向の最大加速度値は，地盤の軟質な②および③地点では，①および⑤地点に比較して2倍程度大きくなっている。この傾向は速度においてより顕著であり，②および③地点の最大速度応答値は①および⑤地点の2～3倍となっている。ただし，上下方向の速度応答の最大値は，4地点間でそれほどの違いはない。最大加速度の生じる時間は，最大速度の生じる時間とおおむね同じか，もしくはやや早くなっている。
- (2) 最大変位の値は4地点ともほぼ同程度である。また，最大変位の生じる時間は最大加速度の生じる時間よりもかなり遅い。
- (3) 付図Ⅲ－6に示した加速度応答スペクトルを見ると，水平方向の成分については，4地点とも全体としてよく似た特性を有している。しかしながら，これらをよく見ると地盤の軟質な②およ

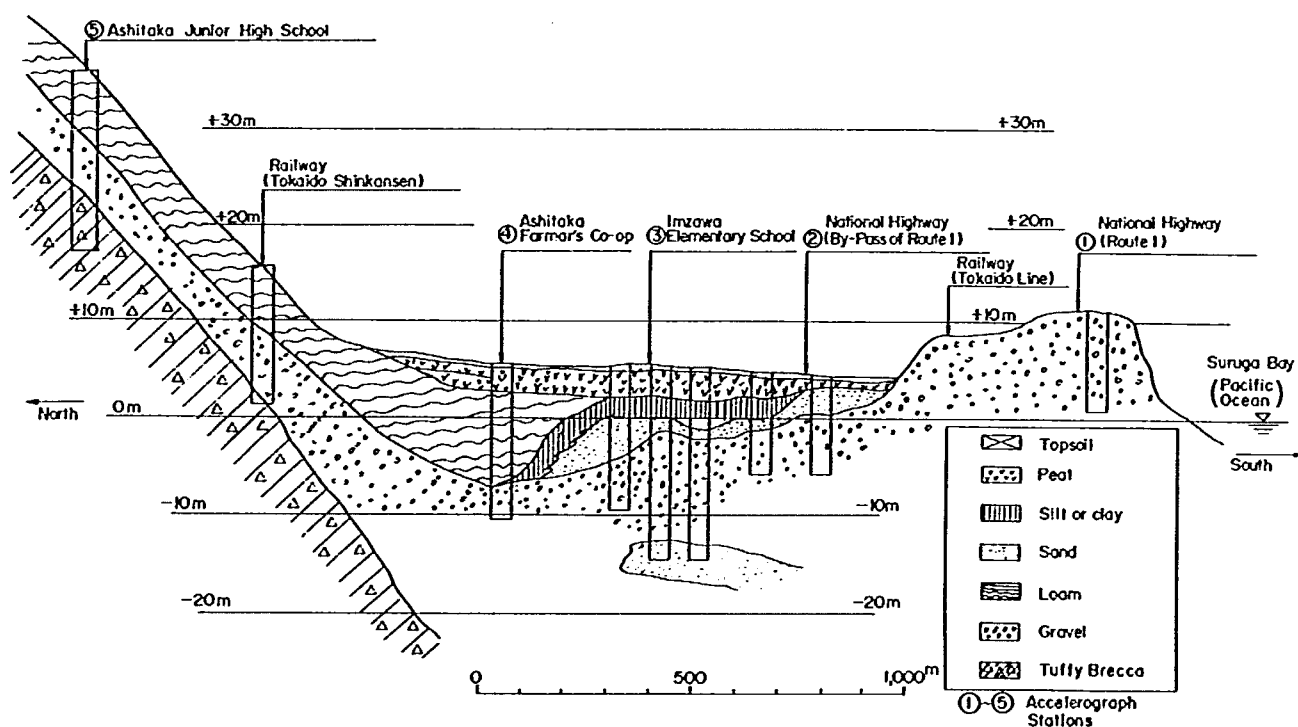
び③地点の応答レベルは、地盤条件の比較的良好な①および⑤地点に比較し、0.2～0.9秒の周波数範囲において3～5倍になっている。応答スペクトルがピークをとる周期は、①および⑤地点が0.1～0.5秒であるのに対し、②および③地点では0.2～0.4秒である。

(4) 上下動に対する加速度応答スペクトルのレベルは、水平動に対する値と比較して、4地点とも小さい。また、応答スペクトルがピークをとる周期は、上記(3)の水平動の応答スペクトルの場合よりも短い。

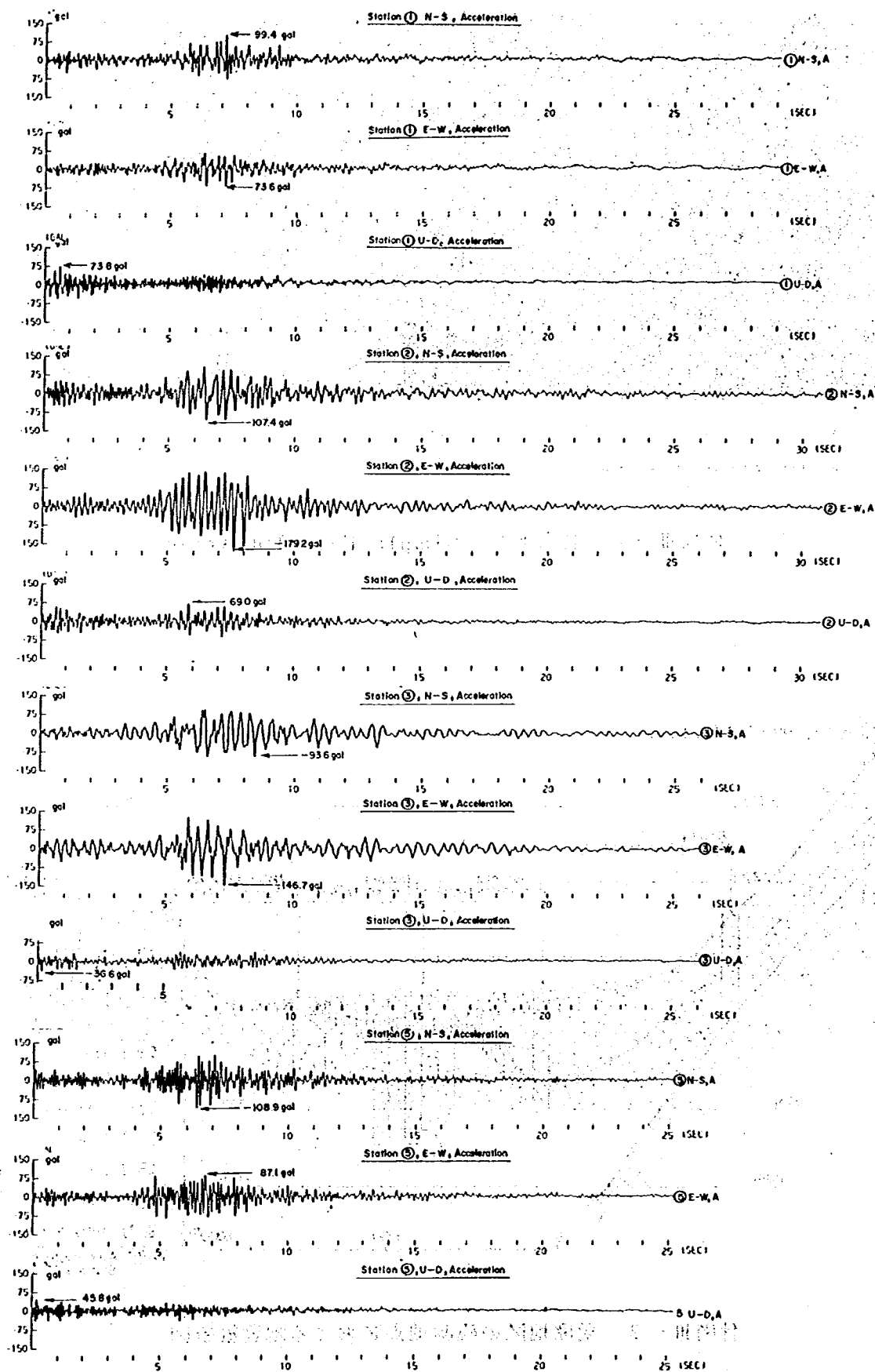
(5) 付図Ⅲ－7に示した周波数伝達関数では、②および③地点に対する結果と、⑤地点に対する結果が大きく異なっている。すなわち、前者では、1～4 Hz および7 Hz 付近に比較的是っきりした増幅率のピークがあるのに対して、後者の場合には、増幅率は1～6 Hz 程度の範囲ではおおむね1であり、それ以上の振動数ではやや大きくなる傾向にある。



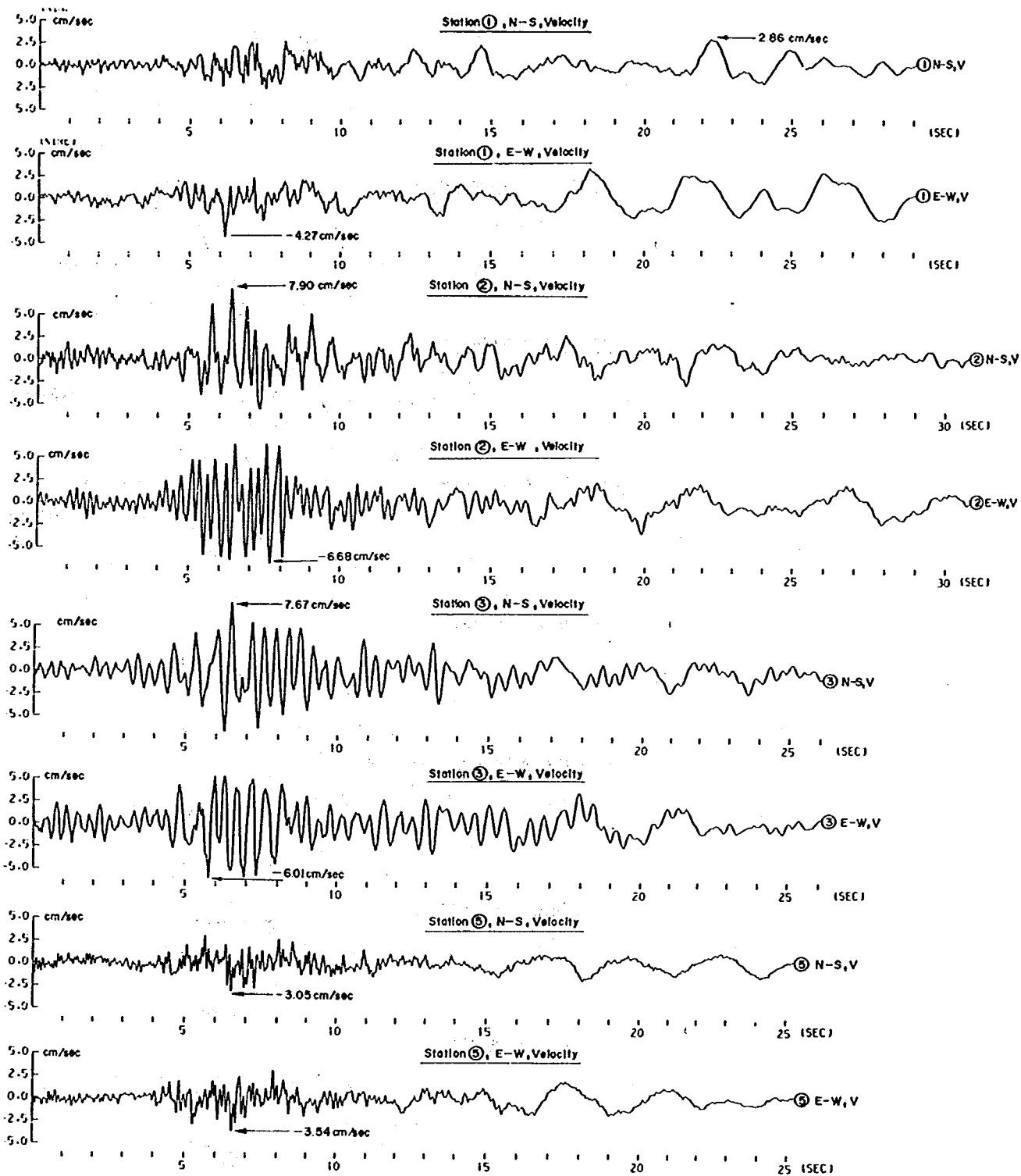
付図Ⅲ－１ 愛鷹地区の Simple Extended Array



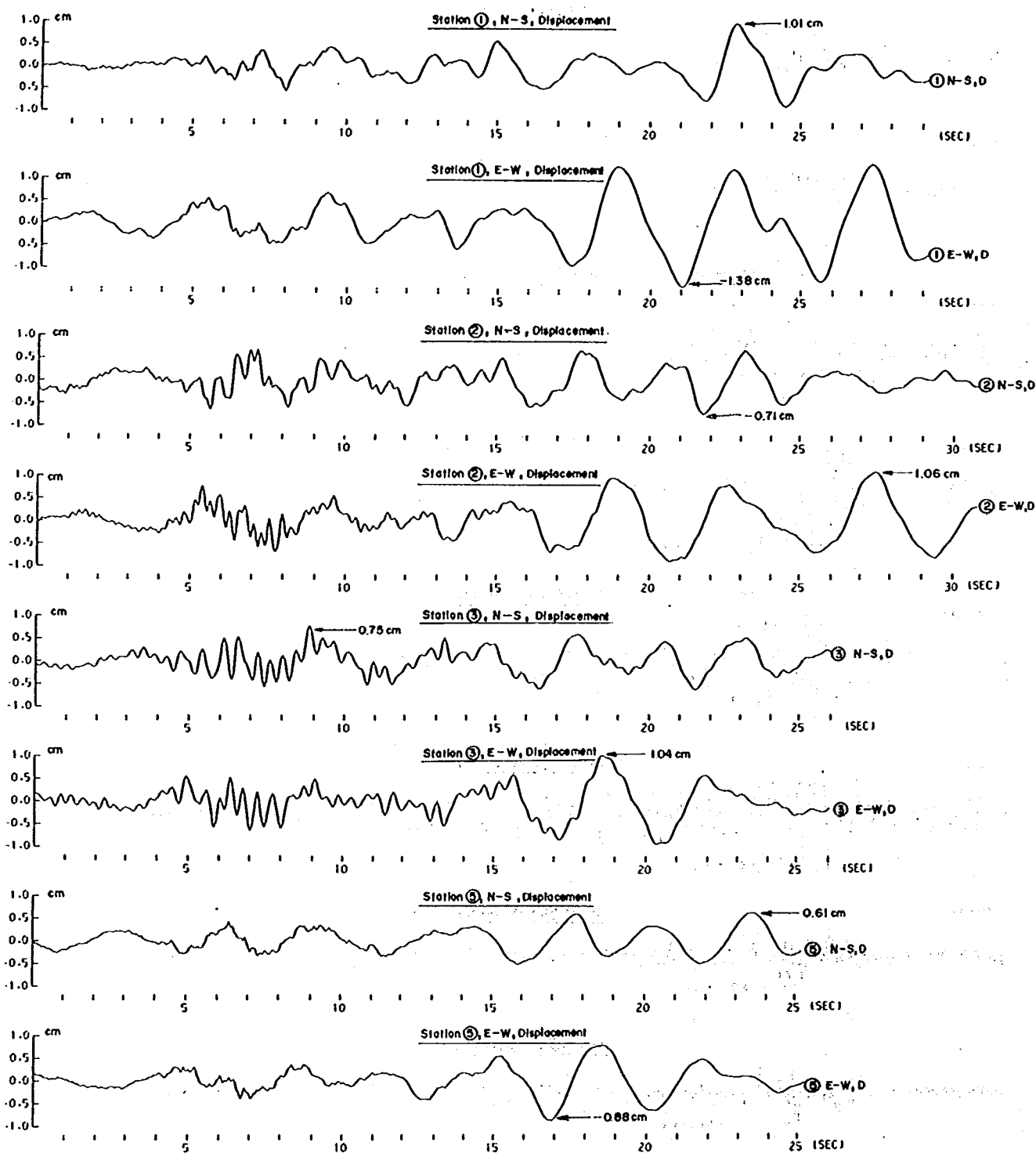
付図Ⅲ－２ 愛鷹地区の観測地点における地質縦断図



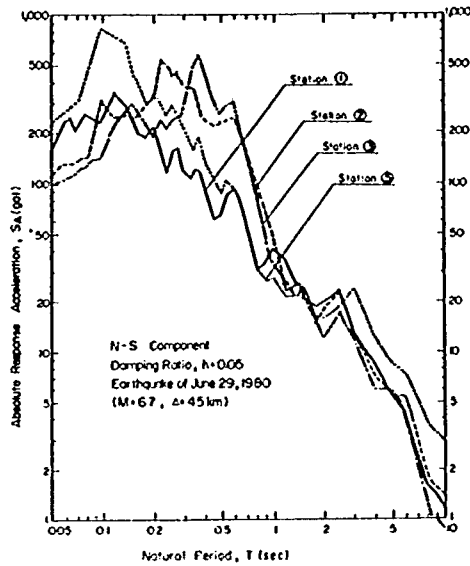
付図Ⅲ-3 1980年6月29日伊豆川奈崎沖地震による加速度記録



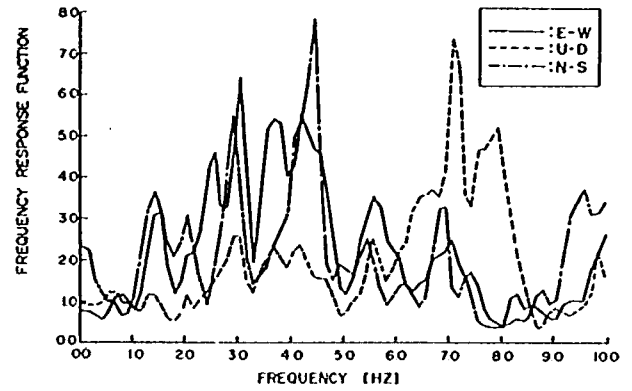
付図Ⅲ-4 付図Ⅲ-3の加速度記録を積分して求めた速度波形



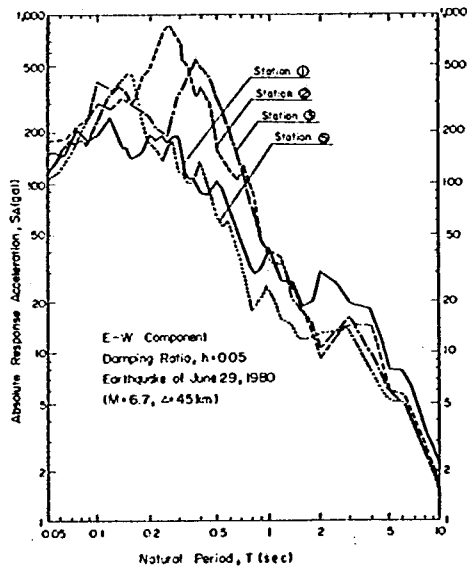
付図Ⅲ-5 付図Ⅲ-3の加速度記録を積分して求めた変位波形



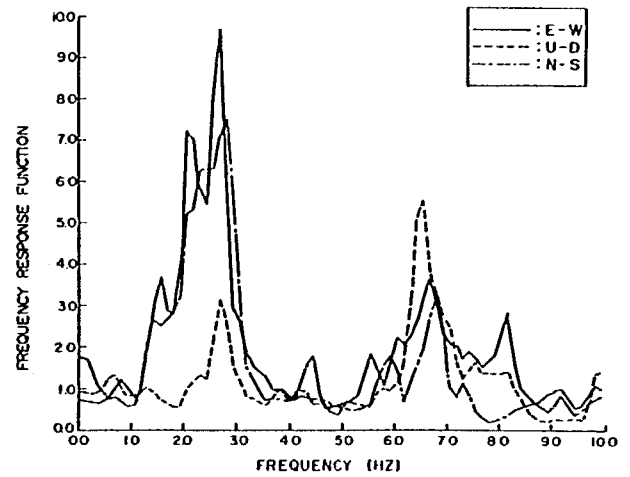
(1) 南北方向



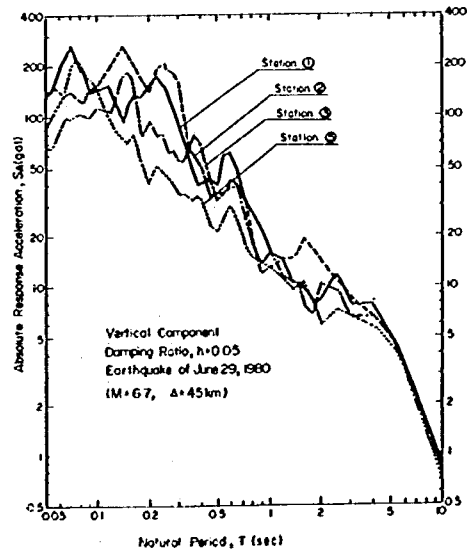
(1) No 2 観測点



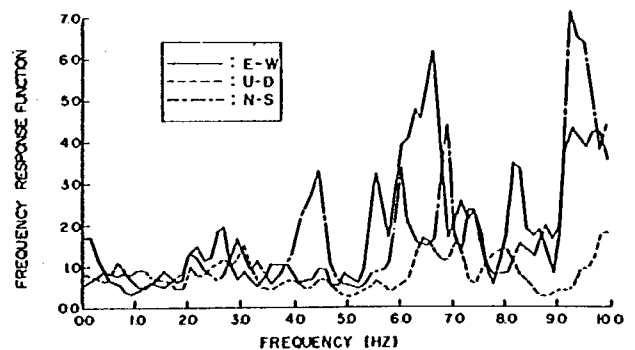
(2) 東西方向



(2) No 3 観測点



(3) 上下方向



(3) No 5 観測点

付図Ⅲ-7 No 1 観測点に対するNo 2, 3, 5 観測点の伝達関数(増幅率)

付図Ⅲ-6 加速度応答スペクトルの比較

土木研究所における高密度強震
観測システム

— (2) 焼津地区の観測システム —

I S S N 0 3 8 6 - 5 8 7 8

土木研究所資料第 1994 号

昭和 5 8 年 3 月 (1983 年)

土彦一興之
直一敬和
川島村沢橋
荒川田相高

キーワード 高密度強震観測

要 旨

本資料は、焼津地区における高密度強震観測システム
の概要をとりまとめたものである。



郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十円切手
をはって下
さい

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所
振動研究室 御中

No. 160

No. 160

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1994号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印