

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
——(1)相良地区の観測システム——

昭和57年7月

建設省土木研究所
地震防災部・振動研究室

Copyright © 1982 fiscal year 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ってはならない。

ま え が き

既往の強震観測記録の解析結果によれば、構造物の耐震設計に重要な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（10 m～1 km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系統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予定としている。

本文は、その初年度として設置を完了した相良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57年 7 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 高密度強震観測の背景	1
1.2 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	3
2.1 地形条件	3
2.2 地質条件	3
2.3 地盤条件	3
2.4 観 測 網	4
3. 観測機器	24
3.1 基本設計	24
3.2 観測システム	26
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

1. 高密度強震観測

1.1 高密度強震観測の背景

地震工学の分野においては、各種の構造物とその周辺地盤上に、工学的強震計を設置し、地震時におけるこれらの動的な振動応答を直接測定するために強震観測を行っている。工学的強震計のほとんどは加速度計で、 $\pm 0.5\text{ G} \sim \pm 1\text{ G}$ までの最大加速度を測定できるものが多い。工学的強震計が設置されたのは昭和30年代からであるが、昭和39年の新潟地震により、強震記録の有用性が認識されて以降急速に設置数を増し、現在では設置台数は1200台を越えている。

強震観測の一種には、特定地点の近傍で鉛直方向または水平方向に複数の地震計を展開する群列強震観測がある。我が国における群列強震観測の例は1934年にまでさかのぼることができるが、本格的に実施されたのは1959年以降であって、現在では約100地点で実施されている。これらは主として構造物の地震応答の観測を目的としたものであって、地震の発生機構、伝播経路、局地的条件が地震波形に及ぼす影響を観測することを目的としたものは少ない。

現在までの強震観測による記録の蓄積と、地震学、地震工学の発達とによって、地震動の特性が地盤により異なること、特に工学的に重要な短周期地震動の特性が、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条件に強く影響されることが明らかになってきたが、同時に、これら諸要因と地震動の特性との関係を把握するためには、これまでの散在する観測点によるものではなく、特定地域に多数の強震計を系統的に配置する高密度強震観測の必要性が痛感されるに至った。

以上の背景の下に、1977年1月インドで開催された国際地震工学会（IAEE）主催の第6回世界地震工学会議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の設置が決議された。その後この決議が国際地震学地球内部物理学協会（IASPEI）に伝わり、IASPEI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が、これに先立って我が国でも、日本学術会議地震工学研究連絡委員会に高密度強震観測作業部会が設けられ、国際作業部会への参加準備を整えるとともに国際作業部会終了後も引き続き、国内における高密度強震観測計画の作成や関係各機関との連絡調整を行っている。

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。また、国際作業部会は横ずれ断層（Strike Slip Fault）、逆断層（Subduction Thrust Fault）および縦ずれ断層（Dip Slip Fault）のそれぞれごとに地震発生機構、伝播経路の影響を観測するための代表的計器配置計画と、局地的条件の影響を観測するための各種の代表的計器配置計画の推進と調整のため、IAEEとIASPEIの協力のもとに、国際高密度観測評議会（ISMAC）を設置するよう求めた。

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、1) 高密度強震観測システムの開発、2) 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、3) 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の三つからなり、1)の課題は理学、工学両分野で、2)の課題は理学分野で、3)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ている。

1.2 土木研究所における高密度強震観測

構造物の耐震設計法の合理化を図るためには地盤条件に応じた地震動の特性を正しく把握することが重要であることを認識し、土木研究所では昭和32年以来、橋、ダム、河川堤防、堰、地下街、沈埋トンネル等各種の公共土木施設とそれらの周辺地盤上において強震観測を進めている。昭和57年3月現在で土木研究所が所掌する強震観測（SMAC型強震計）は、約150地点、300台となっている。また、昭和45年以後、東京湾、大阪湾、伊勢湾などの大規模特殊事業計画地域において合計7地点で深さ120m程度までの鉛直群列強震観測を実施している。

しかし、今後建設予定の吊橋、沈埋トンネルのような長大な構造物の設計地震入力の評価、都市内における道路施設網、運輸施設網、エネルギー供給施設等をシステムとして捉えた場合のネットワークの地震災害危険度の評価、さらには、地震防災計画立案の基本資料となる合理的なマイクロゾーニング手法の開発等を図るためには、地震動におよぼす地形・地盤条件の解明が強く必要とされるに至っている。

このような背景のもとに、土木研究所では、前節に示した高密度強震観測計画の一環として、昭和56年度を初年度とする4箇年間で、静岡県の相良地区、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、合計約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。本報告は、この計画に基づき昭和56年度に設置完了した相良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。

2. 観測地点の概要

2.1 地形条件

相良地区は、静岡県榛原郡相良町に位置し、駿河湾に面した大井川河口と御前崎とのほぼ中間にあたる。観測地点周辺の地形は、図 2.1 に示すとおりであり（図中の番号は、後述の観測位置を示している）、駿河湾沿いの砂丘、萩間川沿いの後背低地、および周辺丘陵（最大比高100 m程度）とに区分できる。

すなわち、海岸沿いには、比高 5～7 m、幅 400～500 m の砂丘が存在する。その内陸側は、萩間川の後背低地となっており、相良町の中心部は砂丘上およびその内陸側の縁から後背低地に位置している。萩間川は、相良町付近では南西方向に流れ、駿河湾に流入しているが、河口部では砂丘の発達に伴い、河口が閉じられ、流路が北へ移動している。

2.2 地質条件

相良町一帯の基岩は、図 2.2 に示すように新第 3 紀中新世相良層群の下層部に相当する相良層より構成されている。相良層は、泥質岩を主体とし、一部に礫層や砂層をはさんでいる。観測地点周辺における相良層上面の等深分布は図 2.3 に示すとおりであり、深い箇所でも地下 30 m 程度に相良層が存在することがわかる。

文献 7) によれば、相良層の上には、小さい礫とシルトの互層（石原田角礫層）があり、さらにその上には、円いクルミ大の海浜性の礫（和田礫層）が存在する。和田礫層の上には、切山層と呼ばれる泥質層があり、これが地表まで達している。

また、周辺丘陵部では、洪積世の段丘堆積物（牧ノ原礫層）および貝沢層が相良層群を不整合に覆い、段丘面（標高 100 m 前後）を形成している。萩間川によって形成された沖積低地では、砂丘の発達により、萩間川河口が塞がれ、溺れ谷あるいは後背低地となったために、軟質粘土およびゆるい砂を主体とする軟弱地盤が形成されたと考えられている。

2.3 地盤条件

地中地震計等の設置に伴い、今回、相良層に達する 5 本のボーリングを実施したが、この他に相良町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 29 箇所⁸⁾で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、それぞれ、図 2.5、図 2.6 に示すとおりである。また、合計 34 箇所のボーリングから得られた土質柱状図の一覧を図 2.7 に示す。図 2.8 は、図 2.4 に示した A-A' 断面および B-B' 断面に沿う地質縦断図を示したものである。これらの地質縦断図をもとに相良地区の立体的な地盤構成を示すと図 2.9 のようになる。

なお、参考のために、爆波実験から推定された天竜川から御前崎の地盤の深部構造⁸⁾を示すと図 2.10 のようになる。

2.4 観測網

上述の地形・地盤条件を考慮して、丘陵地(No 1 観測点)から萩間川の沖積低地に至るNo 1-2-3-4-5-7の測線および萩間川の沖積低地から駿河湾沿いの砂丘に至るNo 6-7-5-8-9の測線を中心とし、これにNo 10を加えた合計10地点から成る観測網を設けた。ここで、No 4, 5, 8, 10の4箇所には地表の他に、相良層中に約5 m貫入する位置(深度30~36 m)に地中地震計を配した。測線の1辺の長さは約900 mであり、相隣る2観測地点間の距離は100~350 m程度である。強震計の設置は、昭和57年2月中旬に完了し、2月24日から観測を開始した。

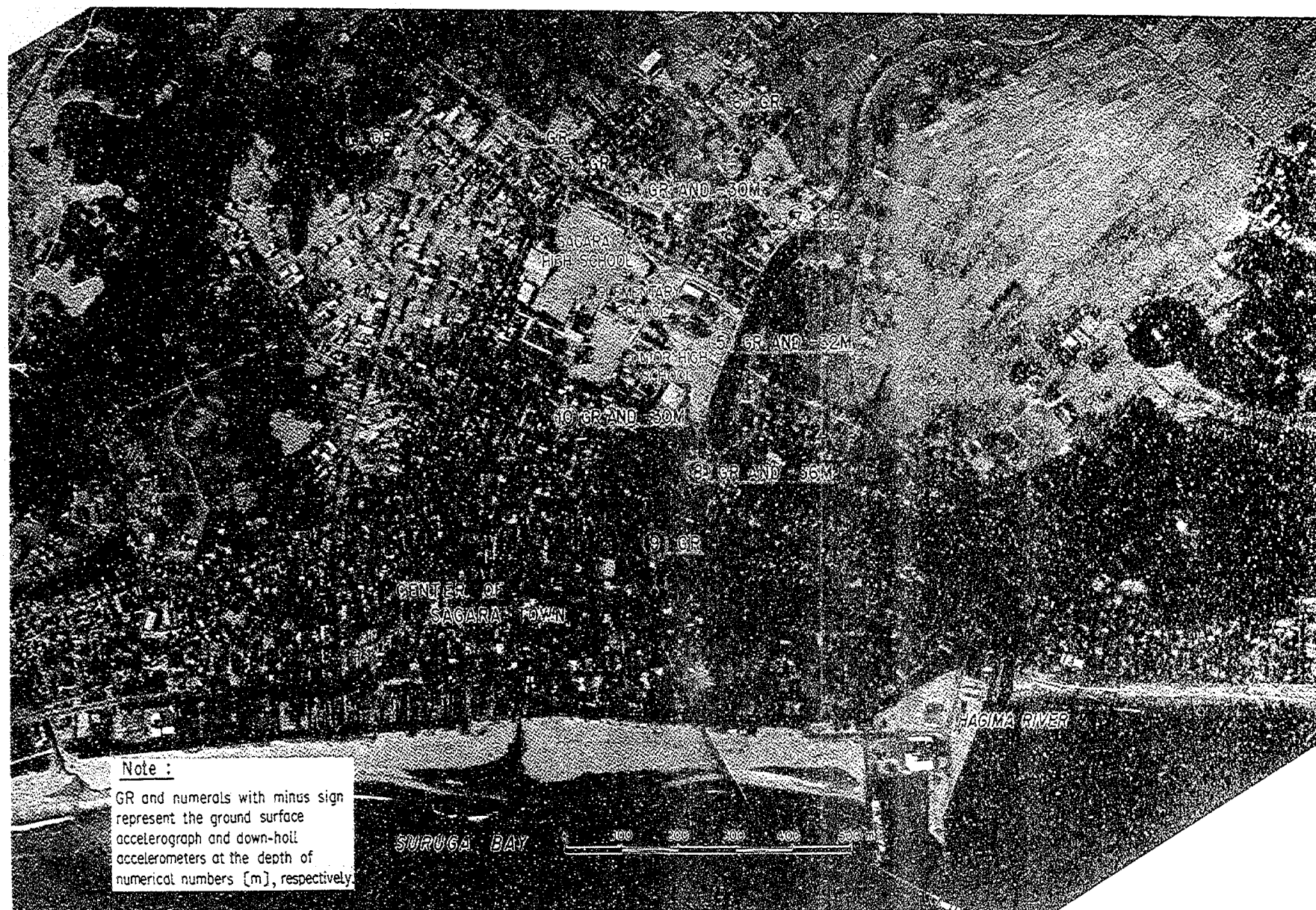


図 2.1 相良地区の高密度強震観測場

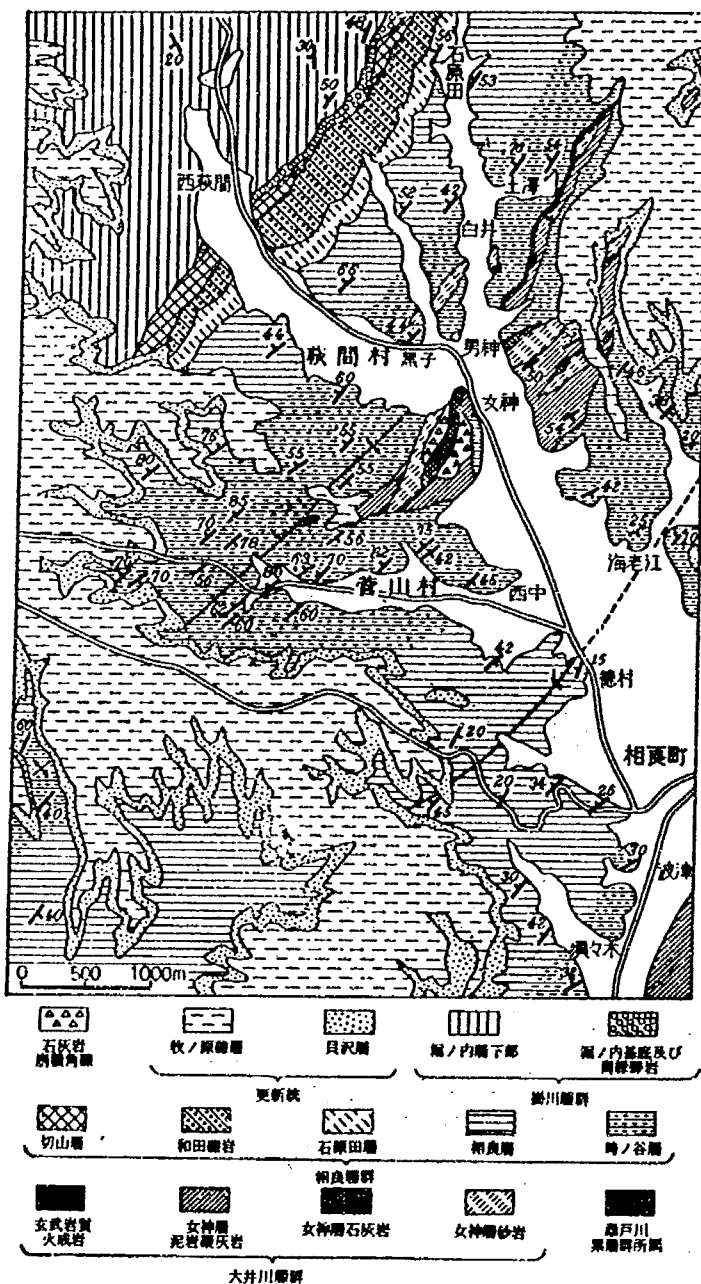


図 2.2 相良付近地質図（文献 7）による）



図 2.3 相良層の深度分布 (単位m)

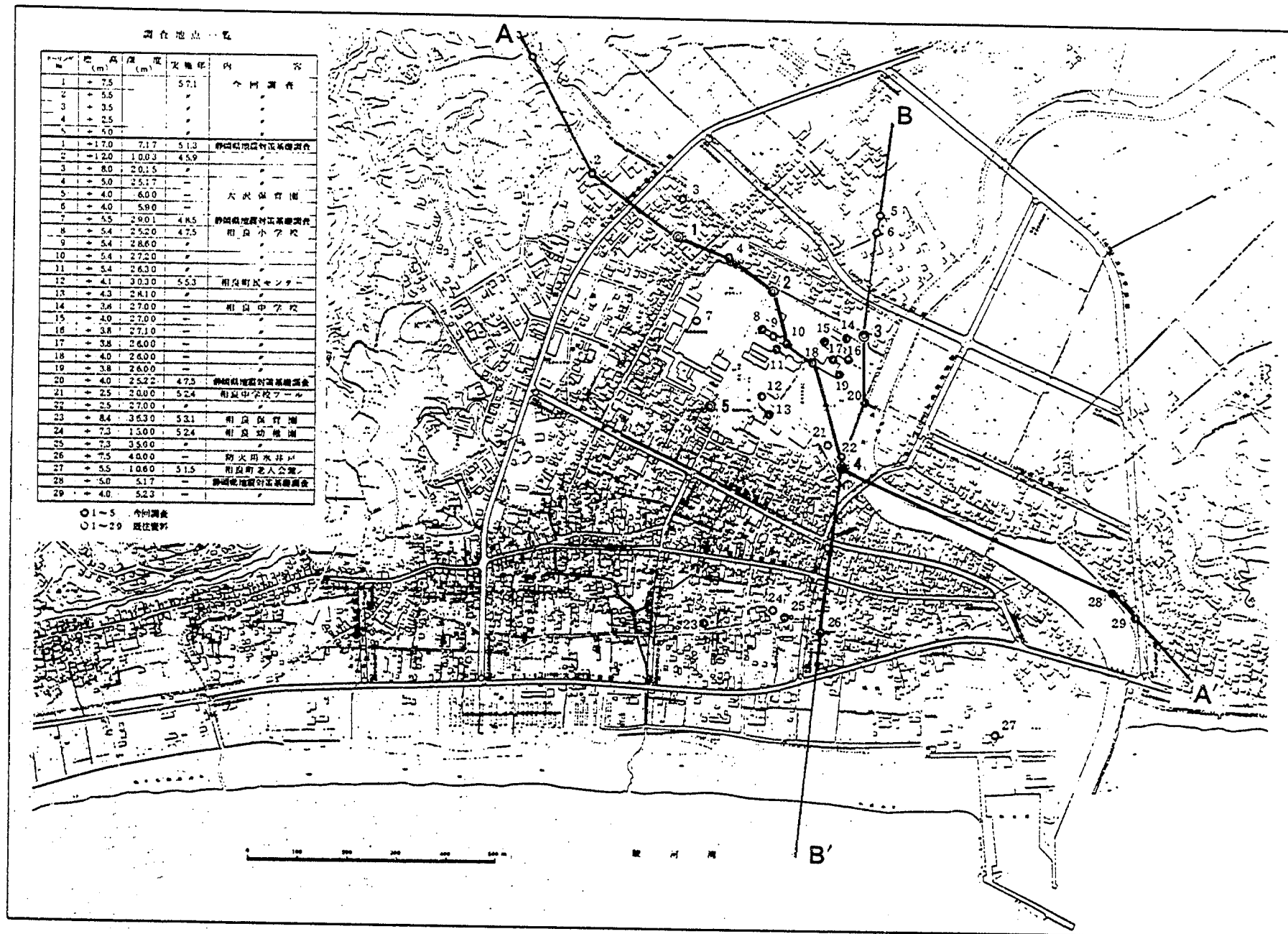
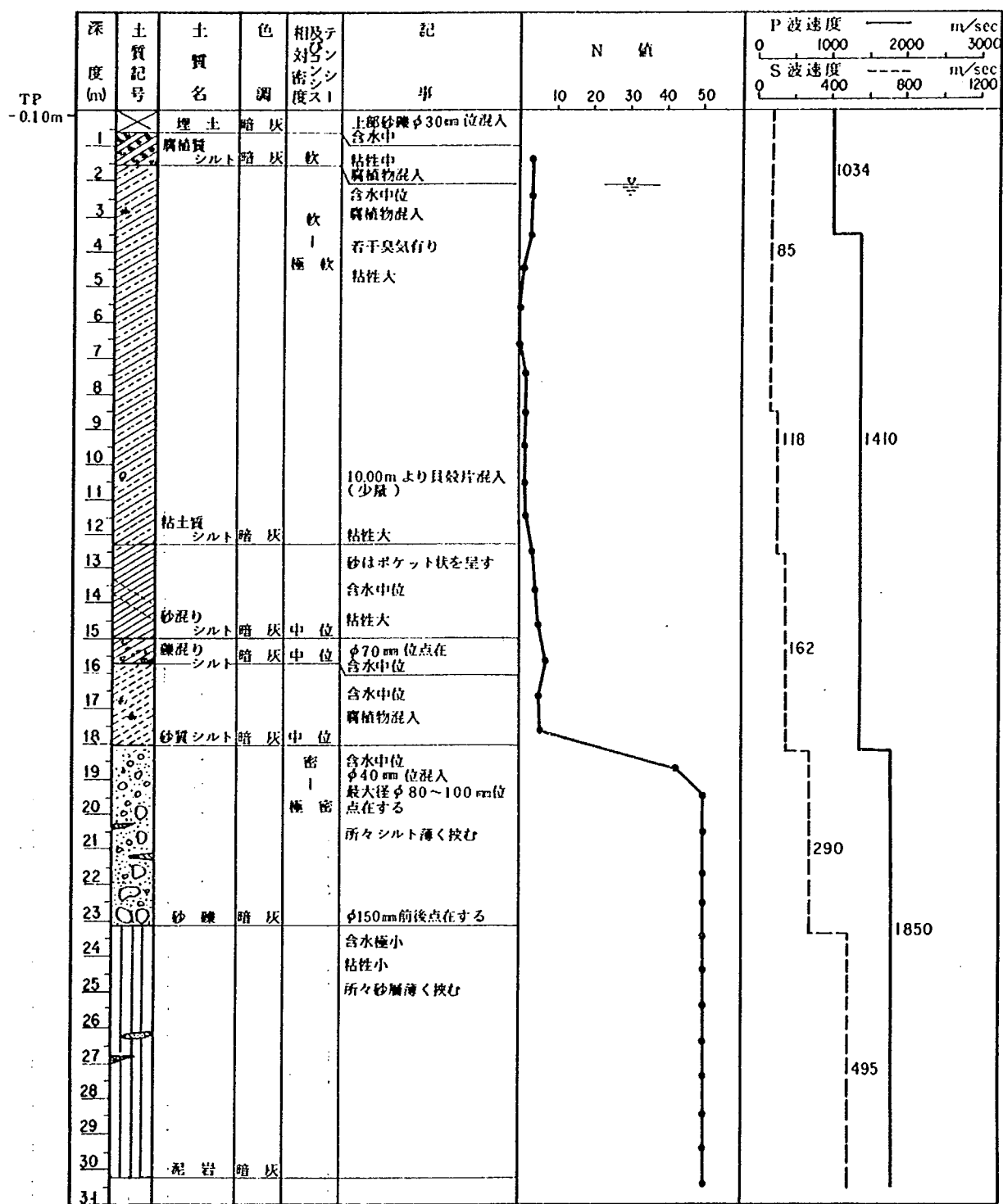
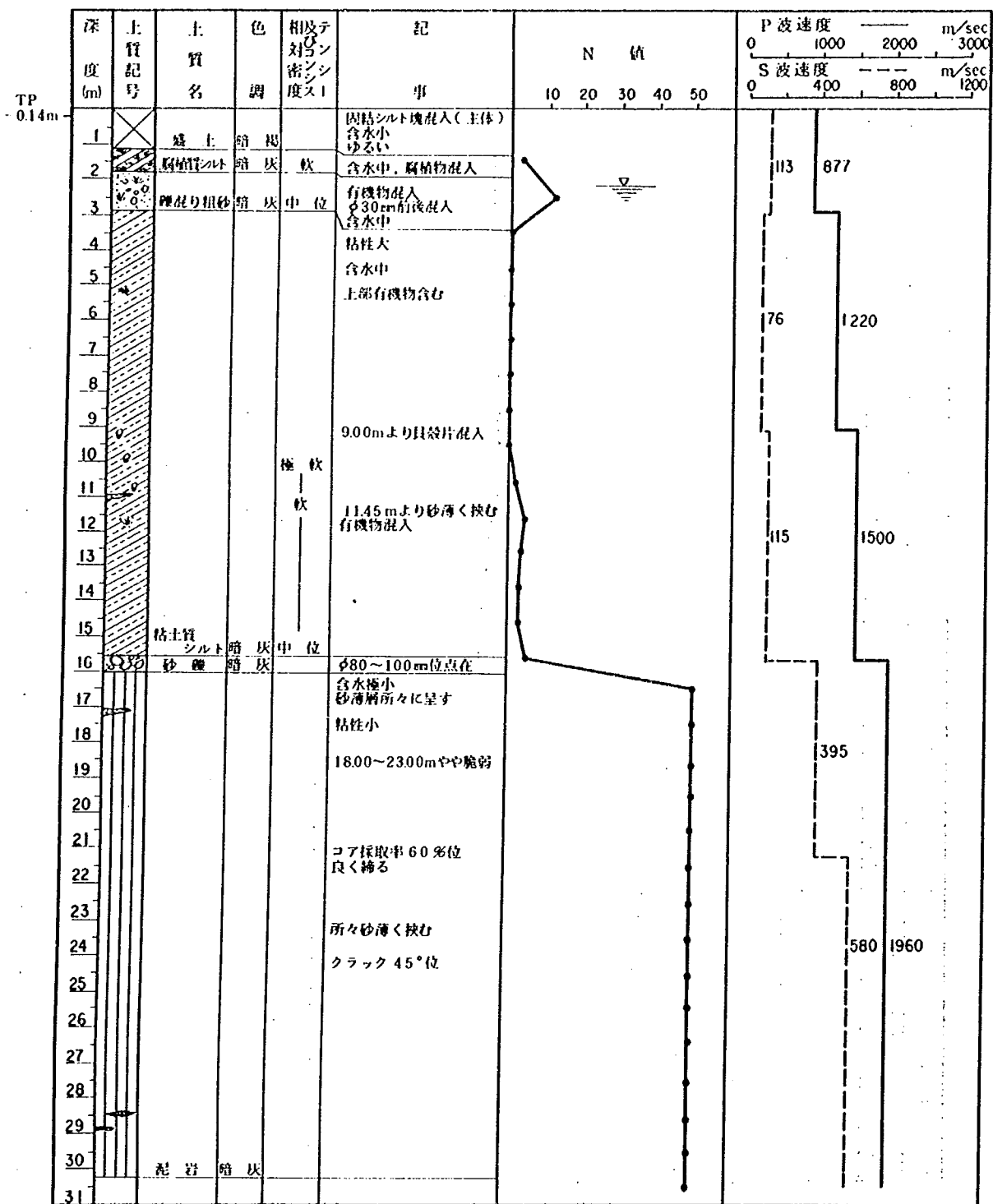


図 2.4 相良地区におけるボーリング柱状図の収集地点



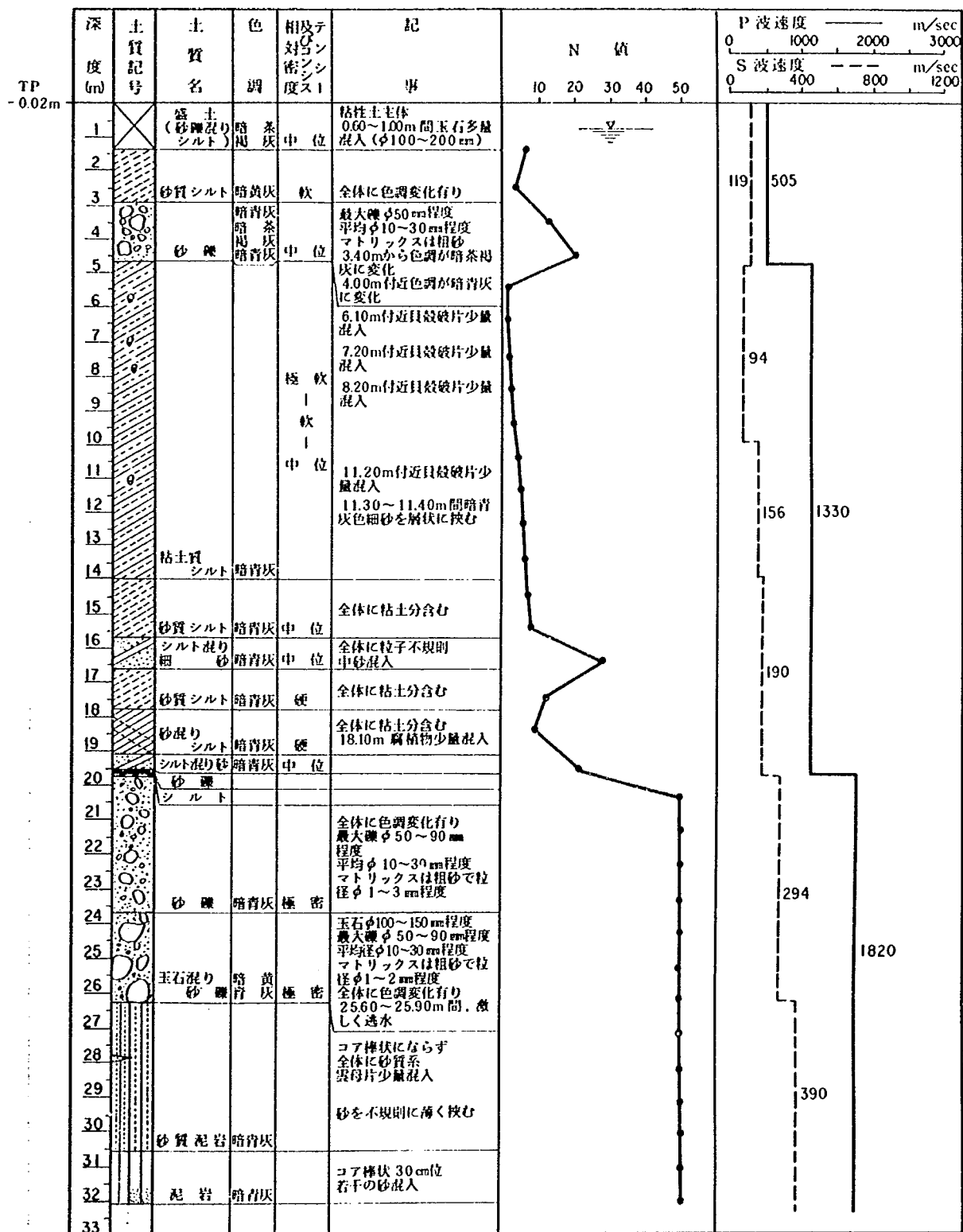
地 点 No 2

図 2.5(1) 土質柱状図



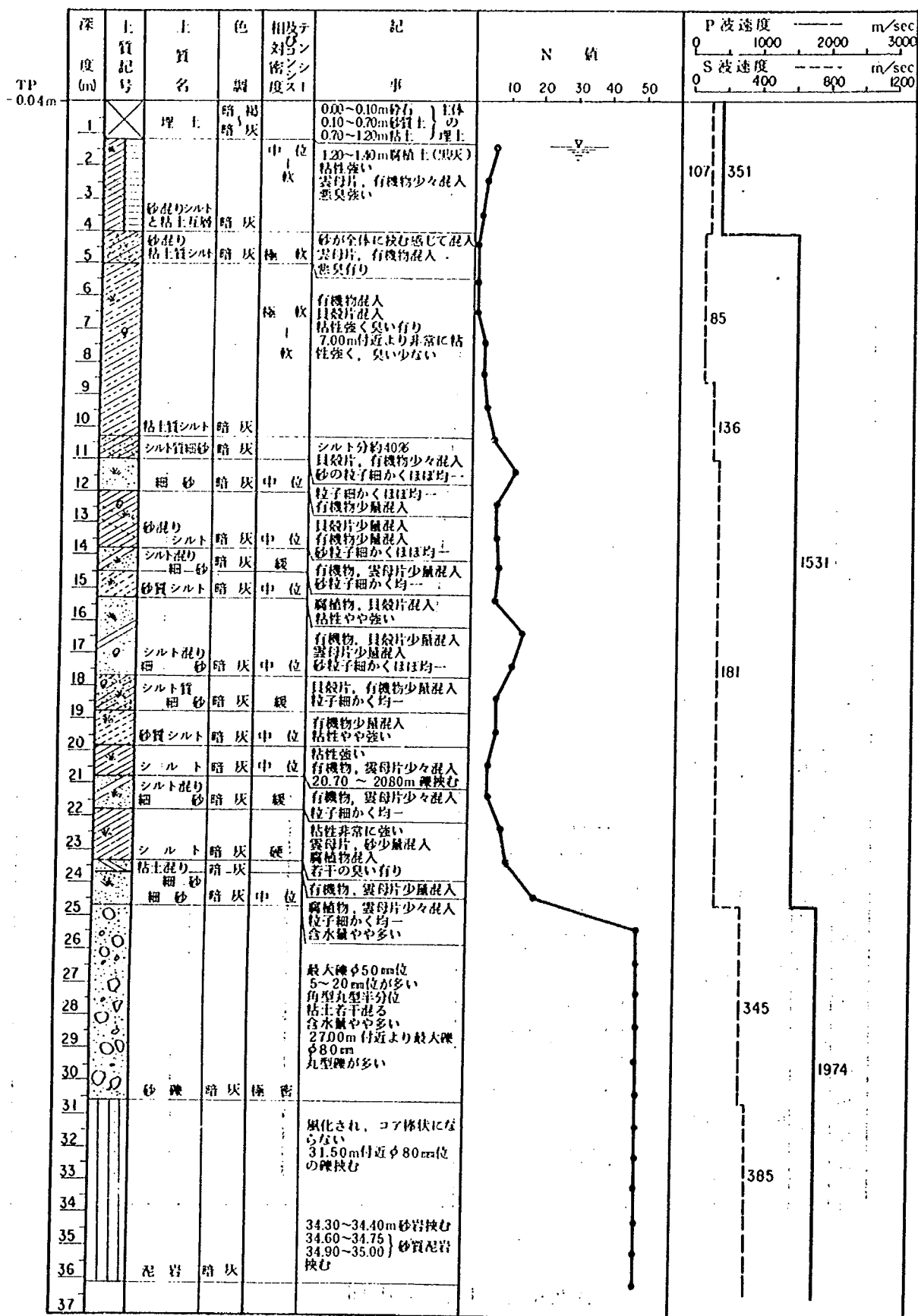
地 点 No 4

図 2.5(2) 土質柱状図



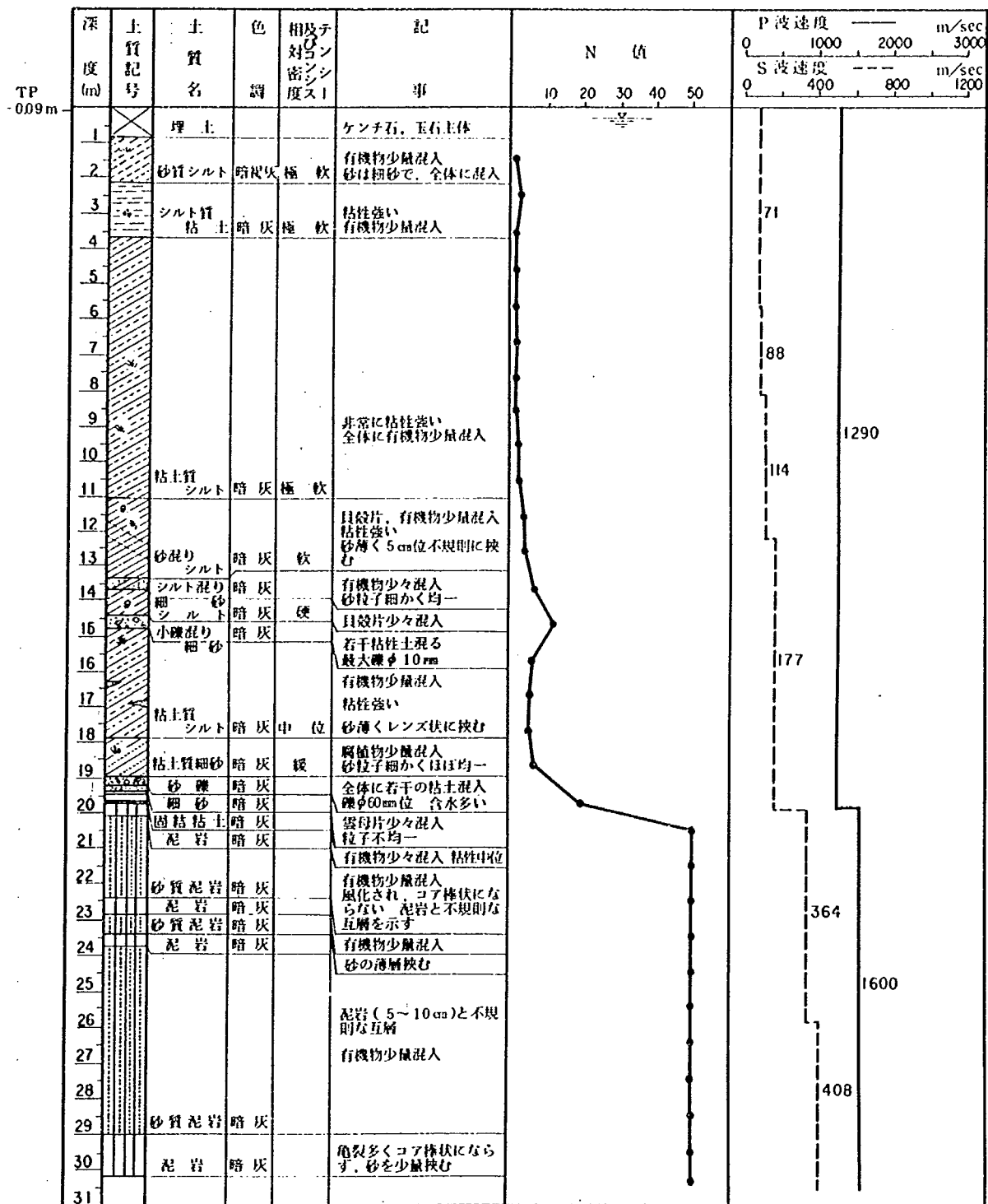
地 点 No 5

図2.5(3) 土質柱状図



地 点 No 8

図 2.5(4) 土質柱状図



地 点 No 10

図 2.5(5) 土質柱状図

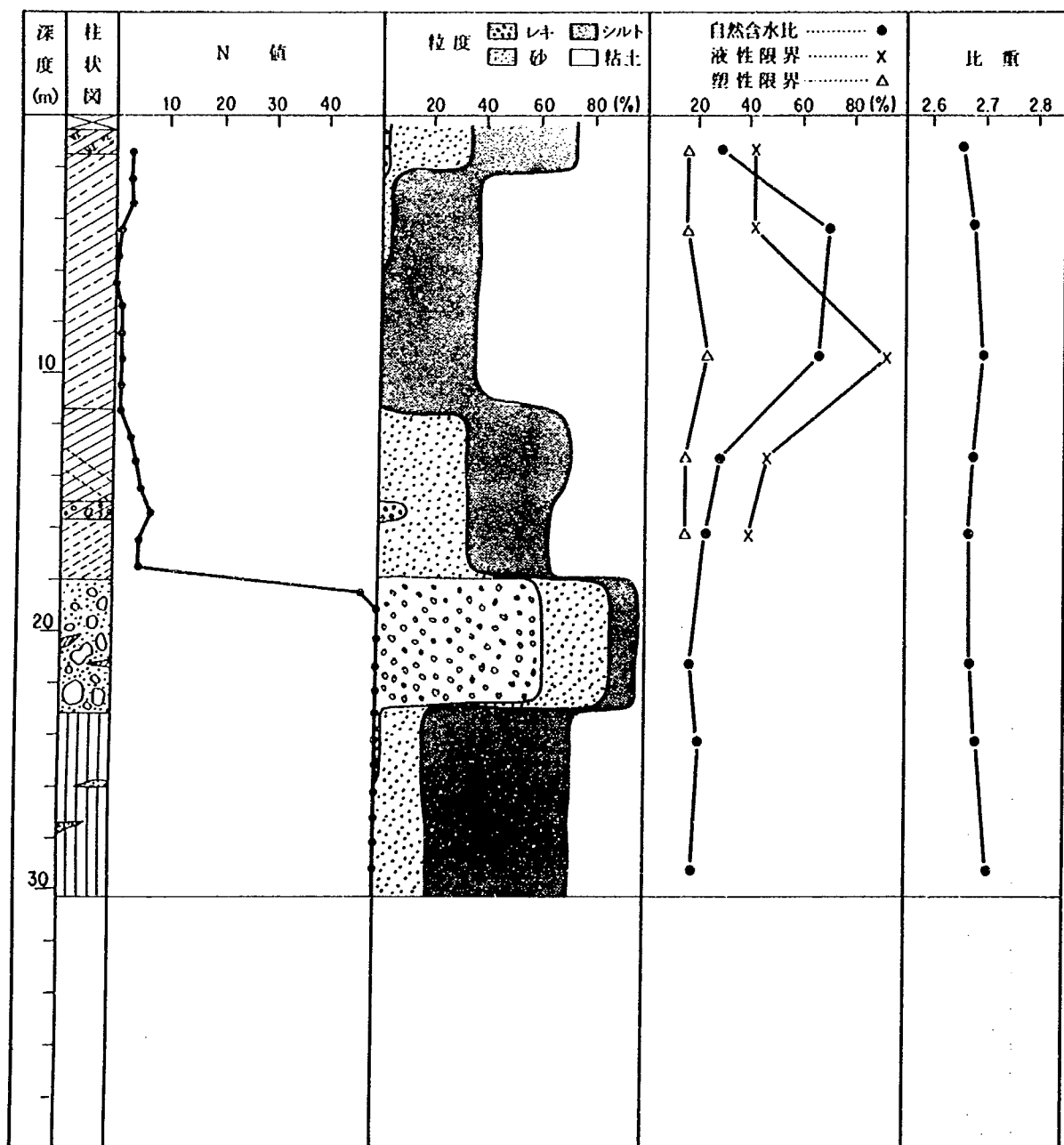
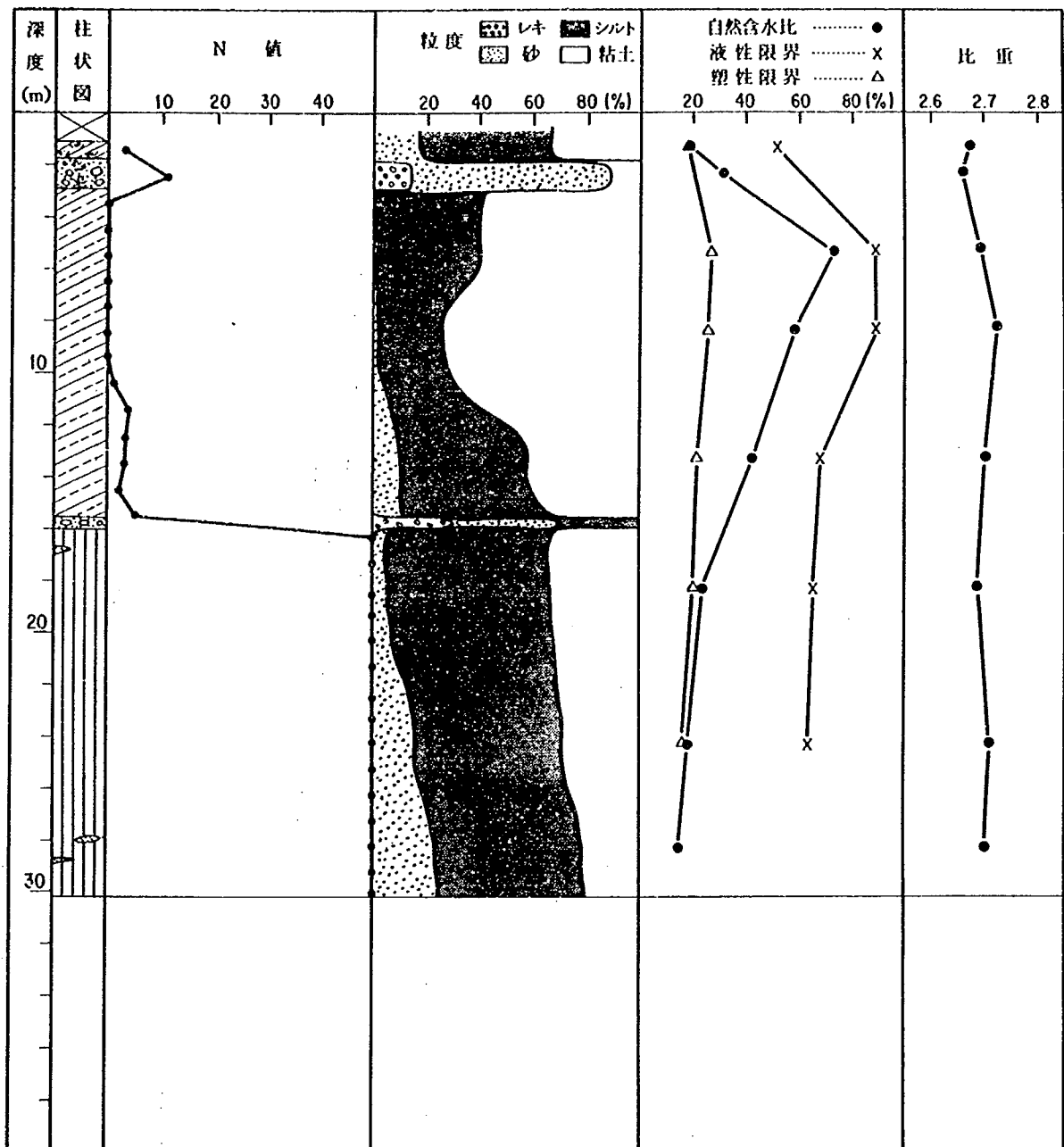
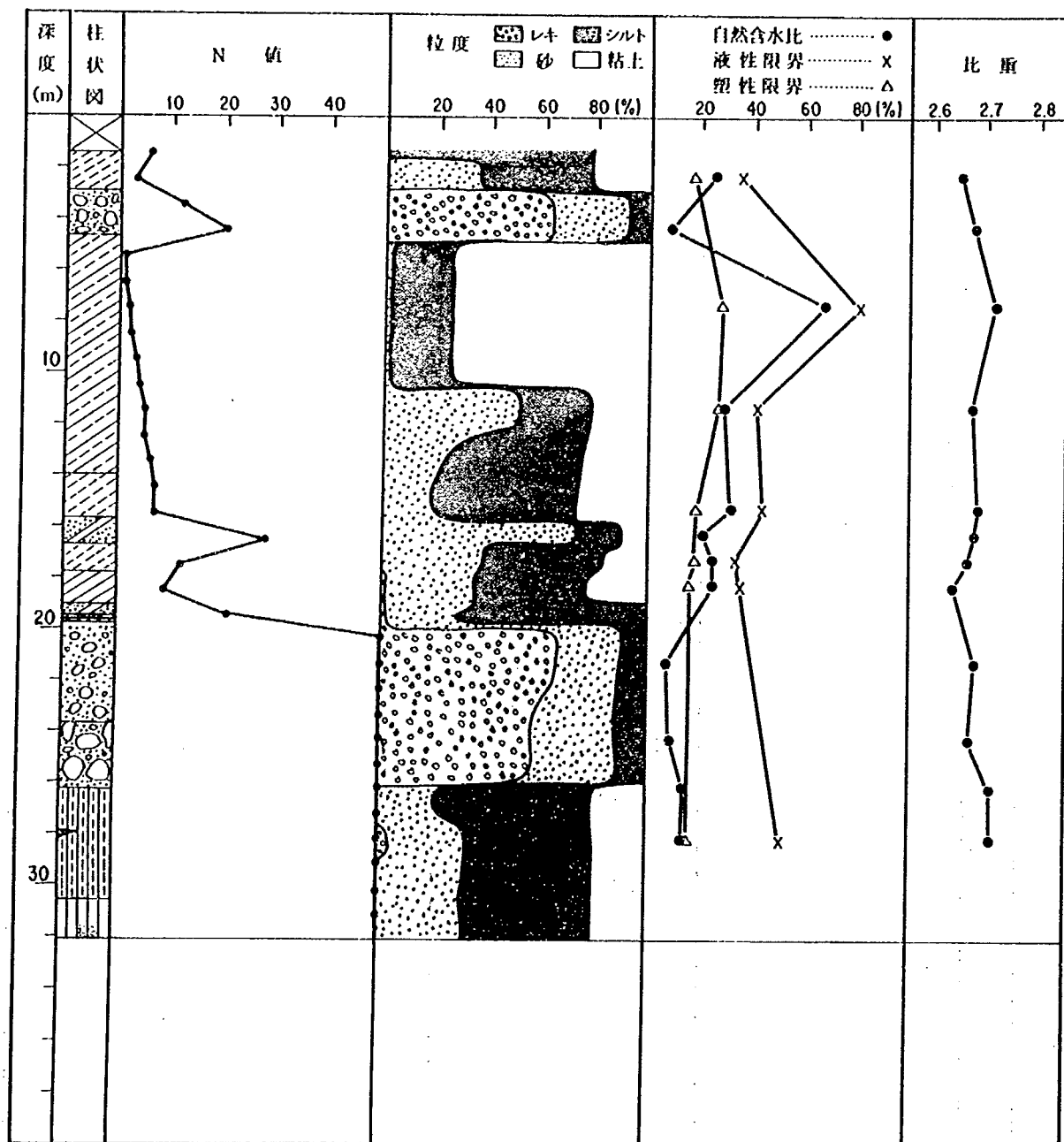


図 2.6(1) 室内土質試験結果

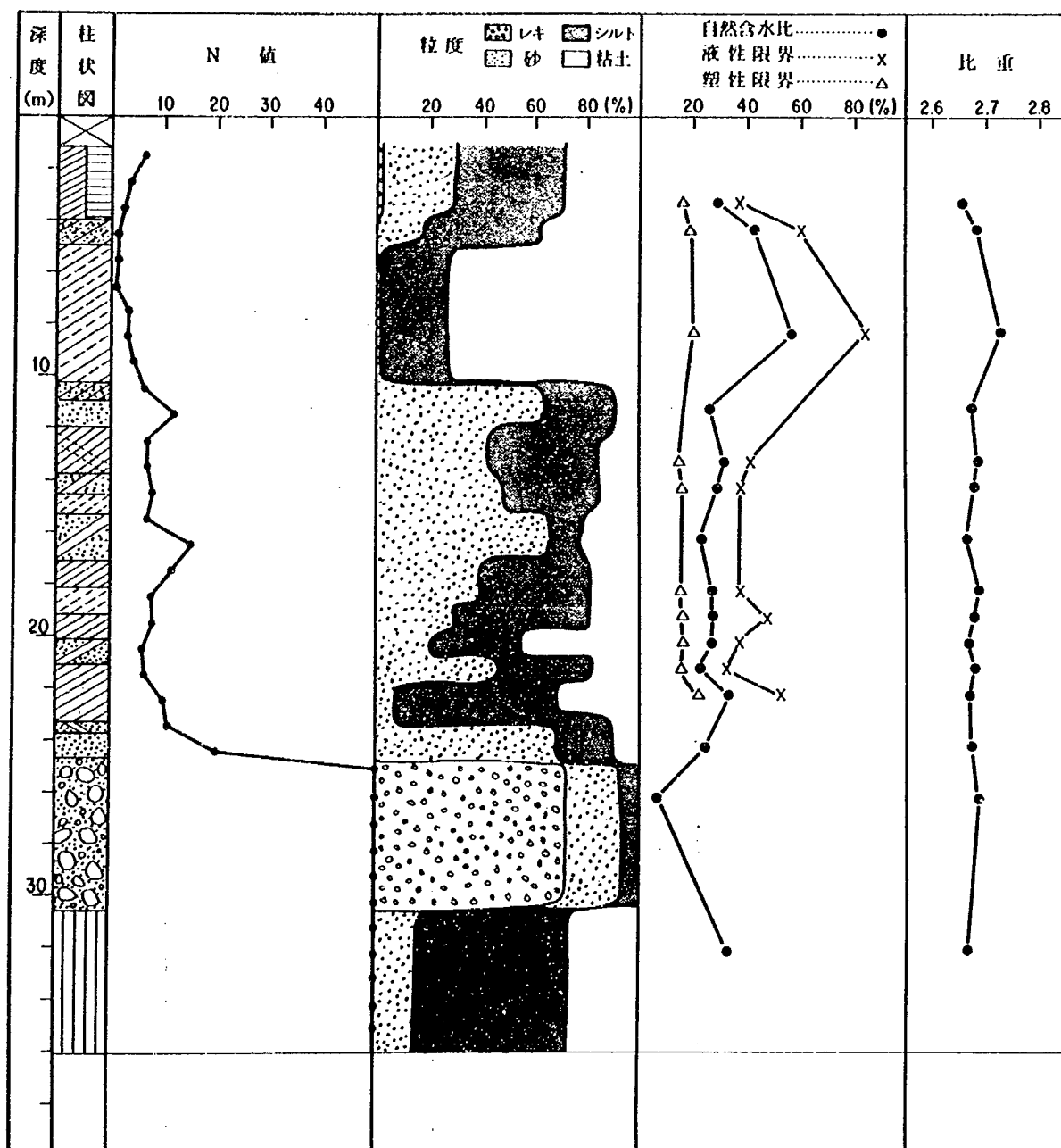


地 点 No. 4

図 2.6(2) 室内土質試験結果

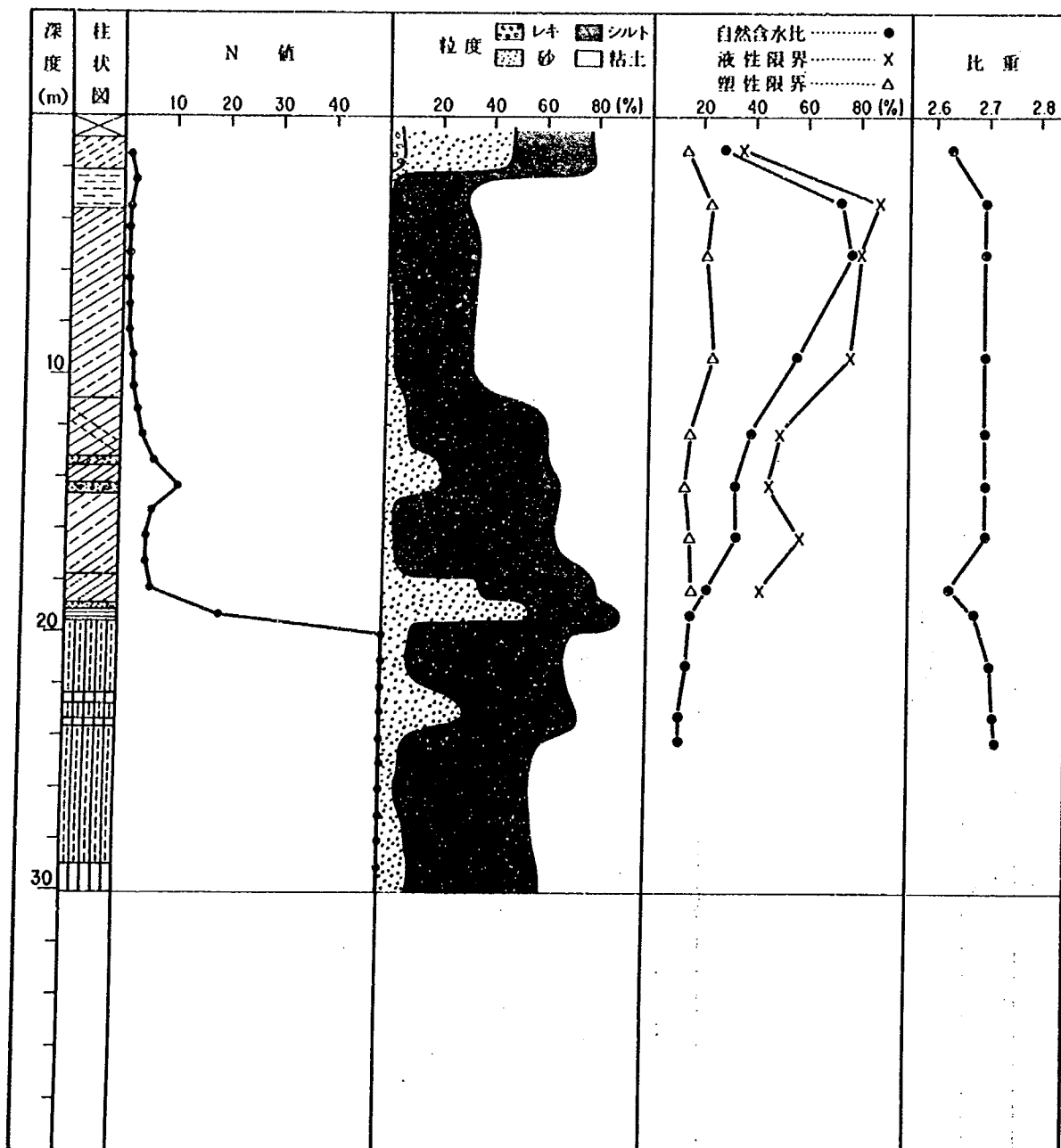


地点 No. 5
図 2.6(3) 室内土質試験結果



地点 No 8

図 2.6(4) 室内土質試験結果



地 点 No. 10

図 2.6(5) 室内土質試験結果

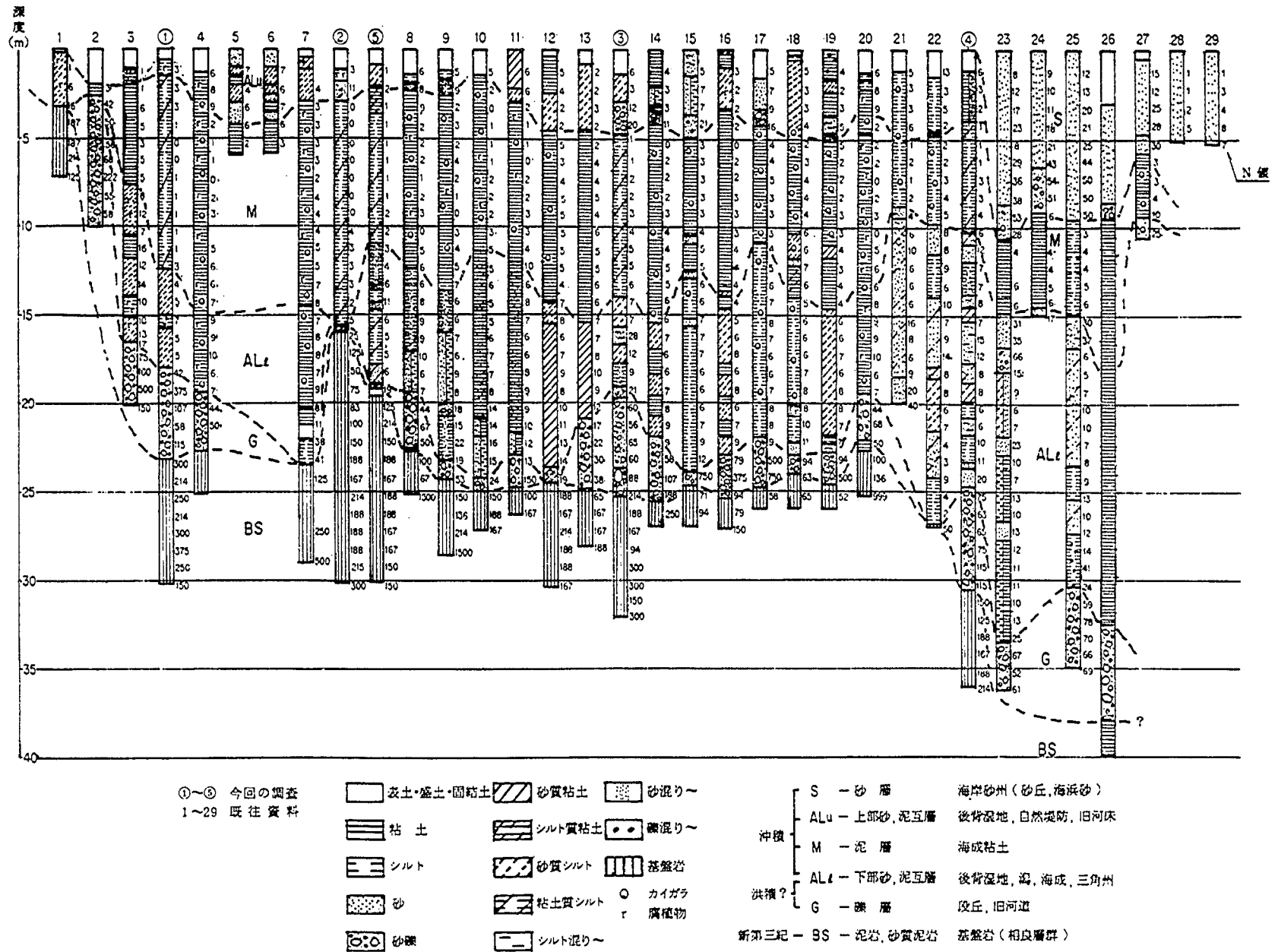
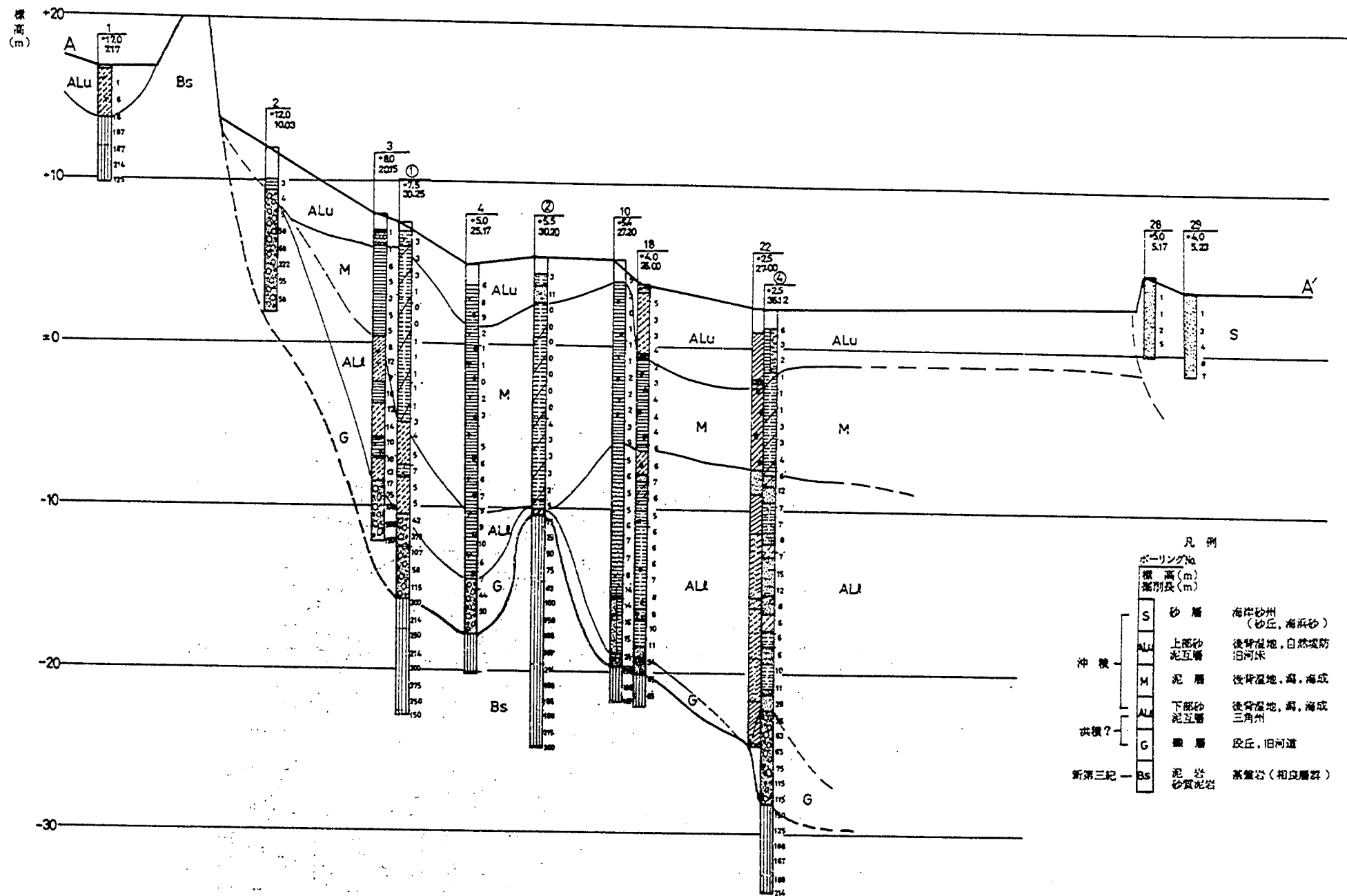


図 2.7 相良地区内において収集できた 34 本のボーリング柱状図をもととした地層対比図



凡例

ボーリングNo.	標高(m)	掘削深(m)	地質	説明
S			砂層	海岸砂州 (砂丘, 海浜砂)
ALu			上部砂泥互層	後背湿地, 自然堤防, 旧河床
M			泥層	後背湿地, 海, 海成
ALu			下部砂泥互層	後背湿地, 海, 海成, 三角洲
G			礫層	段丘, 旧河道
Bs			泥岩, 砂質泥岩	基盤岩 (相良層群)

沖積

洪積?

新第三紀

図2.8 地質縦断図 (a) A-A'断面

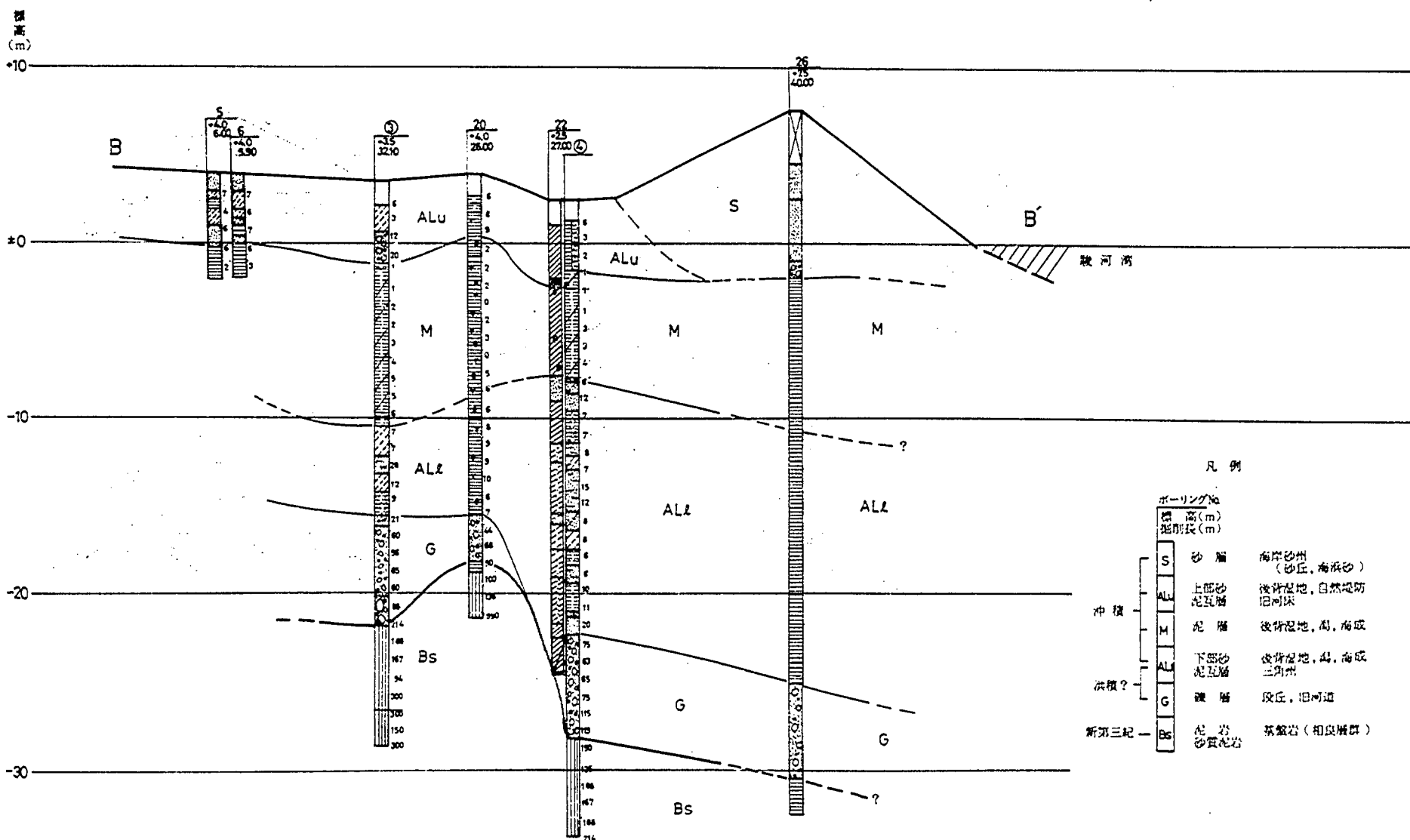


図2.8 地質縦断図 (b) B-B'断面

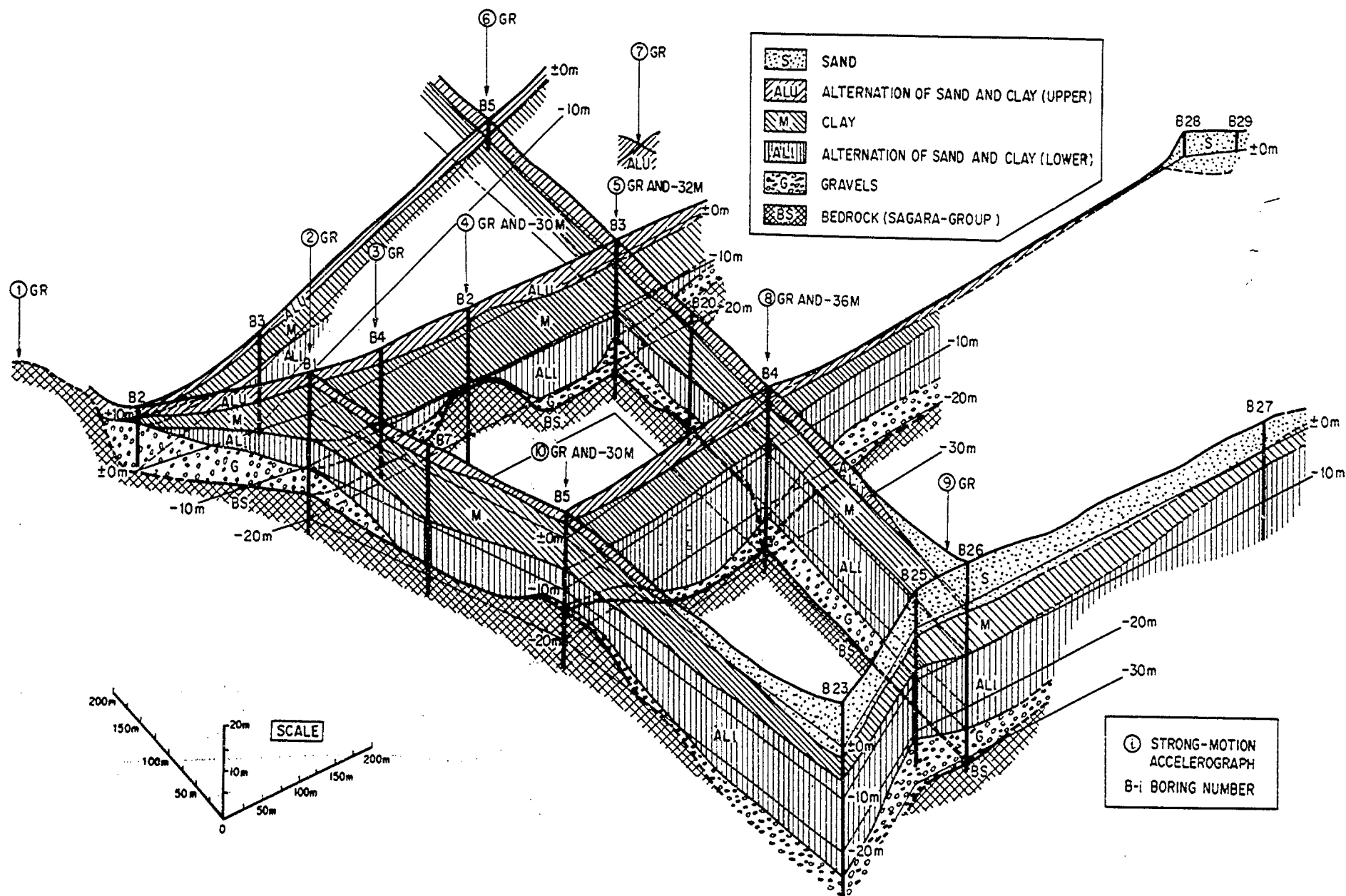


図 2.9 相良地区の地盤構成

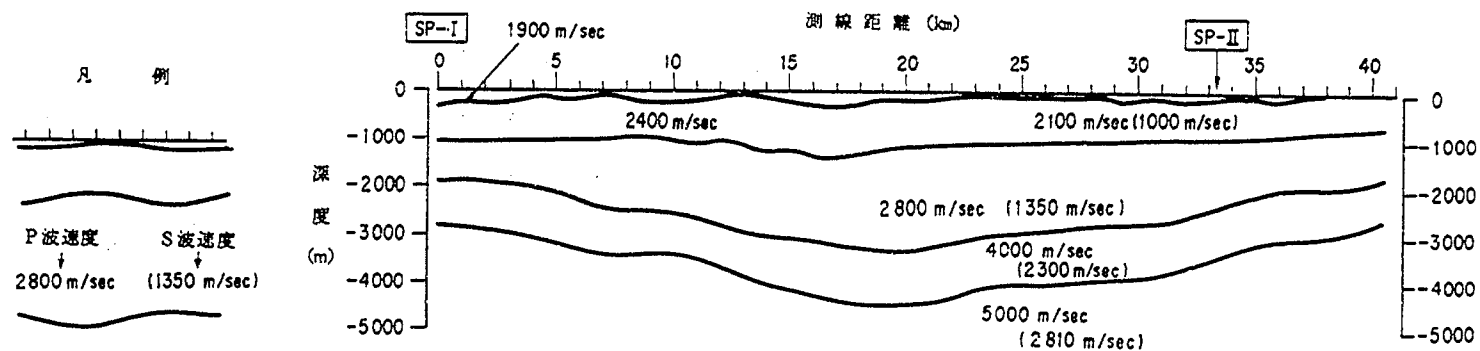


図 2.10 爆破実験により求められた深部構造 (文献 8) による)

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設定した。

(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。

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) 10 km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。

(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) サンプリングタイプ

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、 $30 \times 7 = 210 \approx 200$ Hz をサンプリングタイムとした。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 50 m 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 3 km/sec 程度と見込むと、伝播に要する時間は、 $50 \text{ m} / 3000 \text{ m/sec} = 1/60$ 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、 $1/200$ 秒程度でなければならない。

NHK の時報により時刻校正を行うとすれば、深夜 0 時から朝 5 時までの 5 時間を除けば、毎 1 時間ごとに校正が行われる。従って、最も長い時間校正が行われない 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 $1/200$ 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、 $1/400$ 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選定した結果、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、自動時刻校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秒間隔で行う。

時刻修正は、公称精度 10^{-7} （日差0.01秒）の水晶時計を毎正時にNHKの時報で自動校正することにより行う。なお、時刻修正の際の誤差は高々1/200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時間の待期後に、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3gal(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5gal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。

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	デジタル
AD 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	40分(使用テープ: 3M, DC-300A)
遅 延 メ モ リ ー	5 秒
水 晶 時 計	月, 日, 時, 分, 秒, 表示
時 刻 較 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

(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。

換振器自体は、400 Hz程度までフラットな特性を有しているが、AD変換用のエリASFフィルターとしてRC 2次ローパスフィルターが用いられているため、次の周波数応答関数 $F(i\omega)$ が作用する。

$$F(i\omega) = \frac{H}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + i \frac{1}{Q} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)} \quad (1)$$

ここで、

$H = 0.987$ (回路の抵抗より定まる定数)

$\omega_0 = 347$ (カットオフ周波数)

$Q = 0.73$ (回路の抵抗およびコンデンサから定まる定数で、減衰特性を表わす)

式(1)より振幅特性 $A(\omega)$ および位相特性 $\phi(\omega)$ は、それぞれ次式で与えられる。

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{\left\{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right\}^2 + \left\{\frac{1}{Q} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)\right\}^2}} \quad (2)$$

$$\phi(\omega) = -\tan^{-1} \left[\frac{\frac{1}{Q} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \right] \quad (3)$$

式(2), (3)より $A(\omega)$, $\phi(\omega)$ を求めると、図 3.1 のようになる。

なお、主要な特性は、表 3.3 に示すとおりである。

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

(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。

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

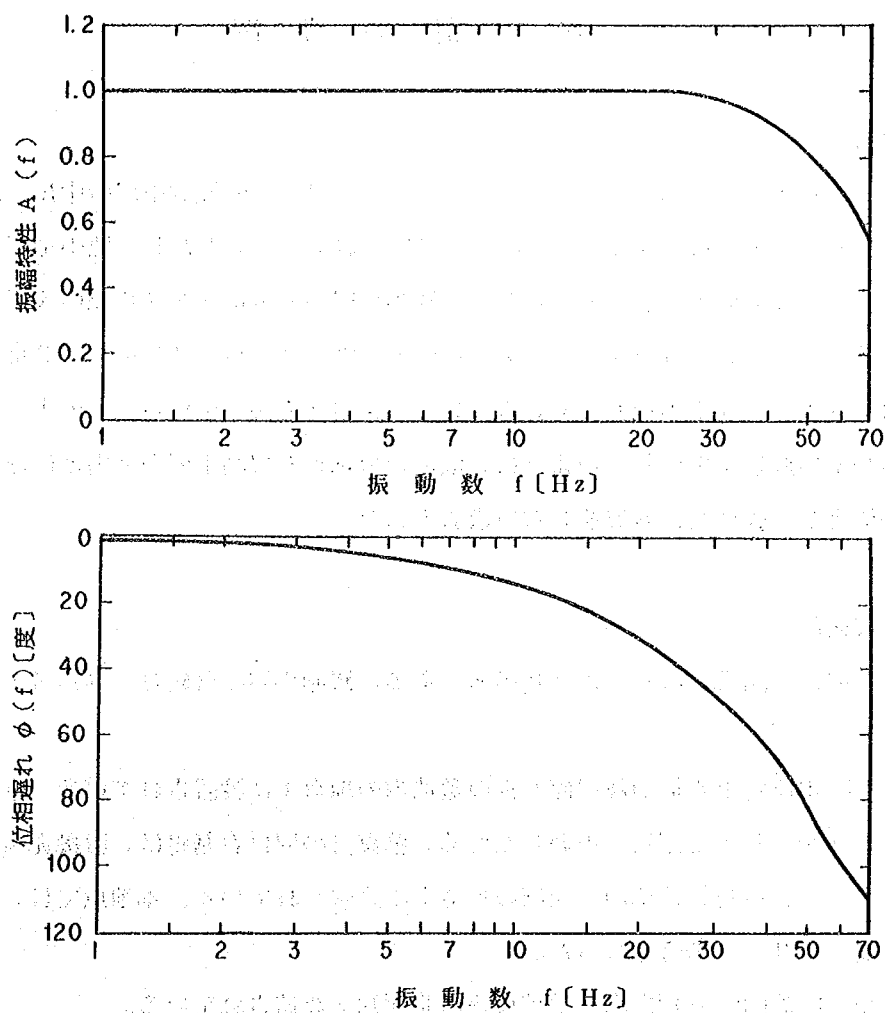


図 3.1 振幅および位相特性

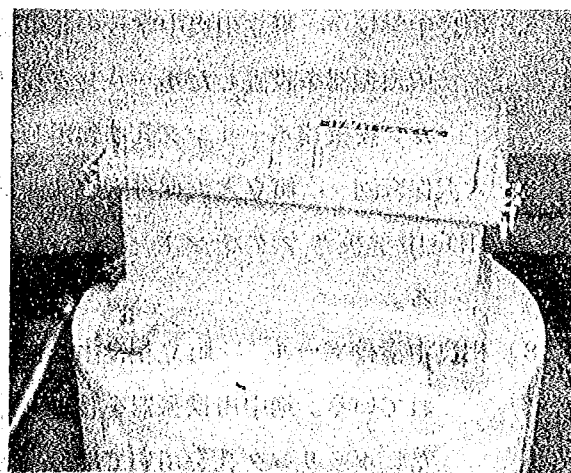
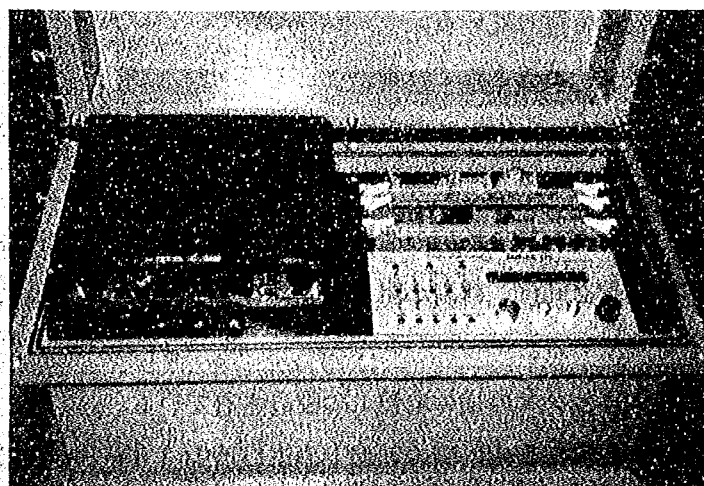


写真 3.1 強震計の外観

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 70 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 60 cm × 70 cm の設置棚を設け、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、末口 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、取付台の基礎と観測小屋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 10 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。

- 1) 波津配水池：相良町上水道の波津配水池の敷地内の地盤上に設置されている。本地点では、地表面下 60 cm 掘った所で泥岩が現われたため、強震計の取付台基礎は、直接泥岩の上に設置した。
- 2) 相良町営住宅：相良町営住宅内の西側の町道上に設置されている。本地点では、強震計設置に先立ち地盤ボーリング調査を行った。
- 3) 相良高等学校：静岡県立相良高等学校校庭の北西端に設置されている。
- 4) 相良小学校：町立相良小学校北西端の地盤上および地中 30 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、観測小屋の正面に向かって右手約 2 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を行っている。
- 5) 相良中学校：町立相良中学校の北東端の倉庫横の地盤上および地中 32 m に設置されている。地中換振器を設置したボーリング孔は、観測小屋の正面に向かって右手側約 2 m の位置にある。また、設置用ボーリング孔を利用した地盤調査を行っている。
- 6) 大沢保育園：町立大沢保育園の北西端の地盤上に設置されている。
- 7) 相良中学校サブグラウンド：町立相良中学校のサブグラウンドの南西端の地盤上に設置されている。
- 8) 相良中学校プール：町立相良中学校のプールのポンプ小屋前の地盤上および地中 36 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、観測小屋の前面約 2 m の位置にある。また、ボーリング孔を用いて地盤調査を行っている。
- 9) 相良町児童館：相良町児童館の南東側の電話ボックスの横の地盤上に設置されている。
- 10) 相良小学校プール：町立相良小学校のプールと体育倉庫の間の地盤上および地中 30 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、観測小屋前面約 2 m の位置にある。また、ボーリング孔を用いて地盤調査を行っている。

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。

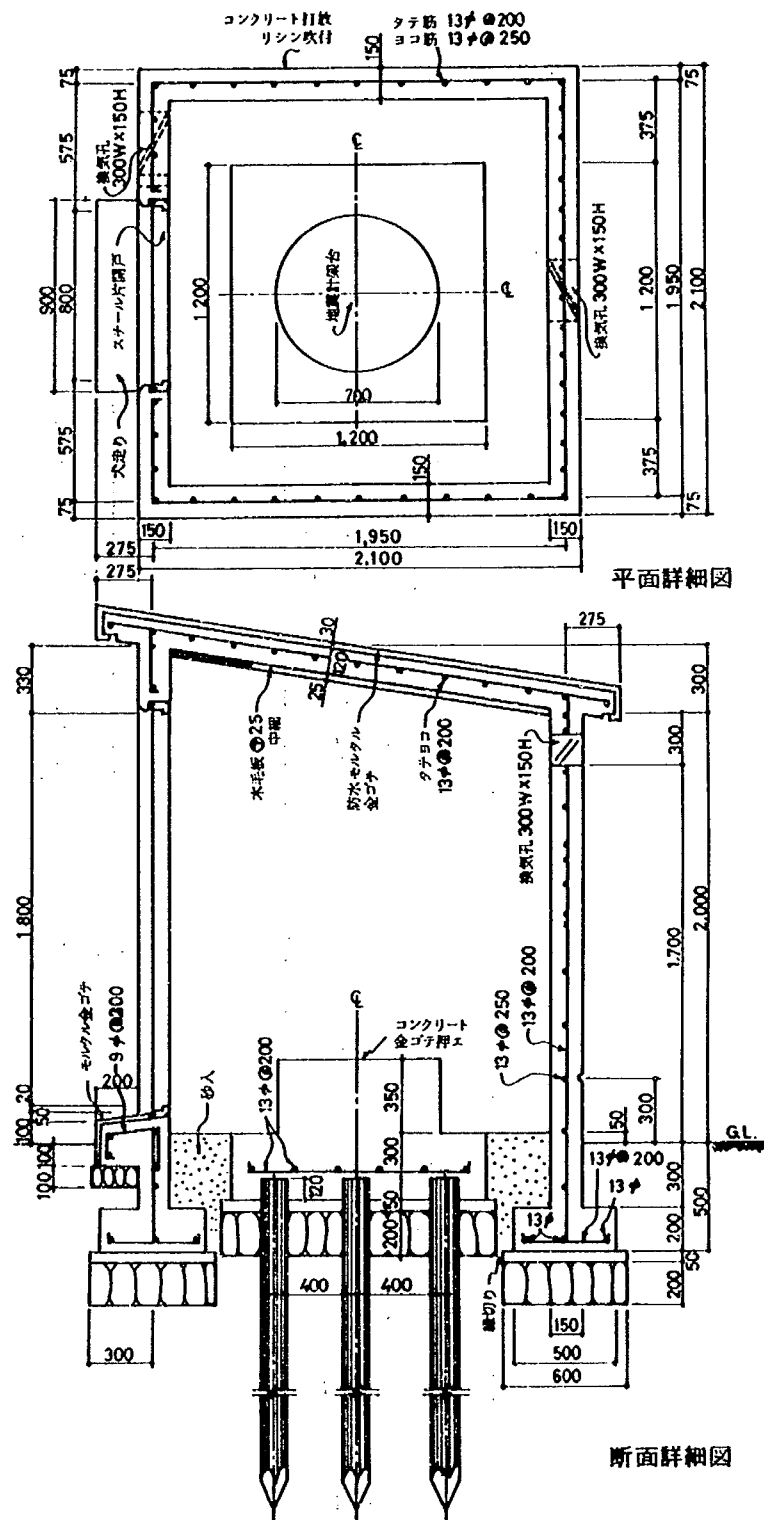
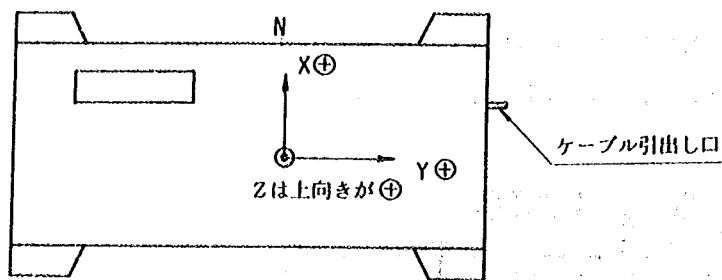
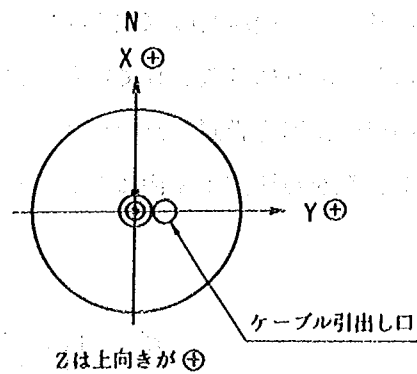


図 4.1 観測小屋断面図

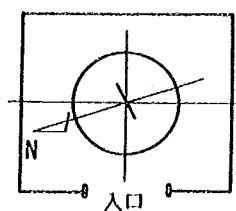


(a) 地上用換振器

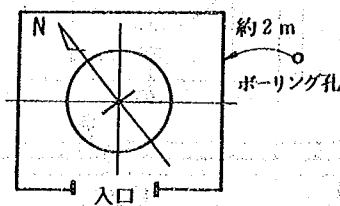


(b) 地中用換振器

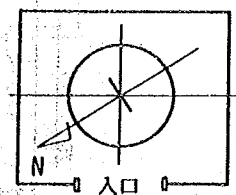
図 4.2 強震計の観測方向



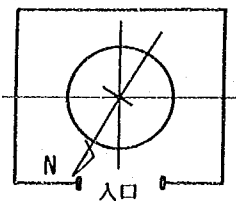
(a) 波津配水池



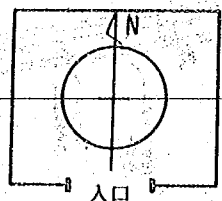
(e) 相良中学校



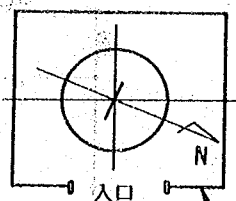
(i) 相良町児童館



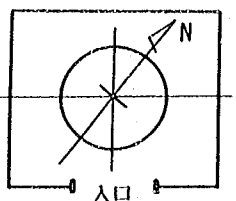
(b) 相良町営住宅



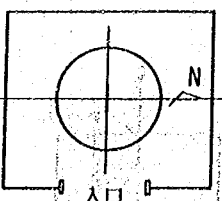
(f) 大沢保育園



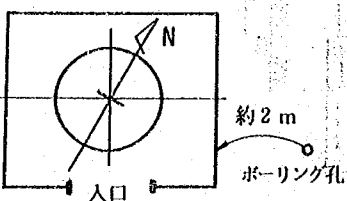
(j) 相良小学校プール



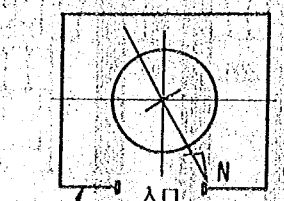
(c) 相良高等学校



(g) 相良中学校サブグラウンド



(d) 相良小学校



(h) 相良中学校プール

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

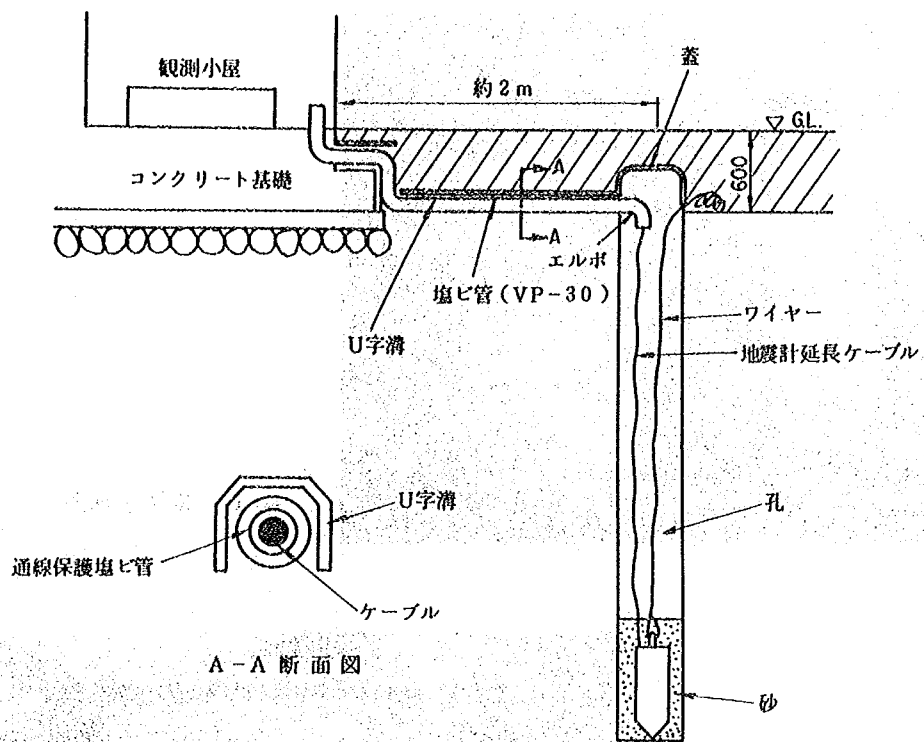


図 4.4 地中用換振器からのケーブルの配線図

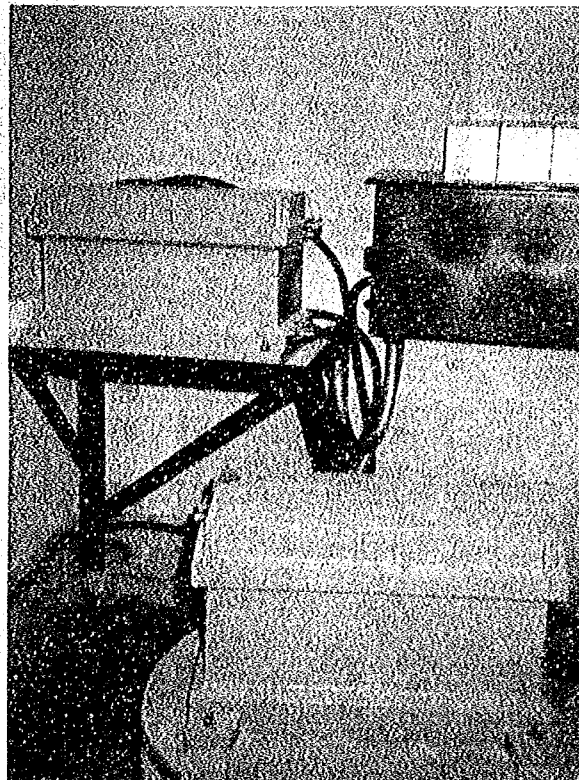
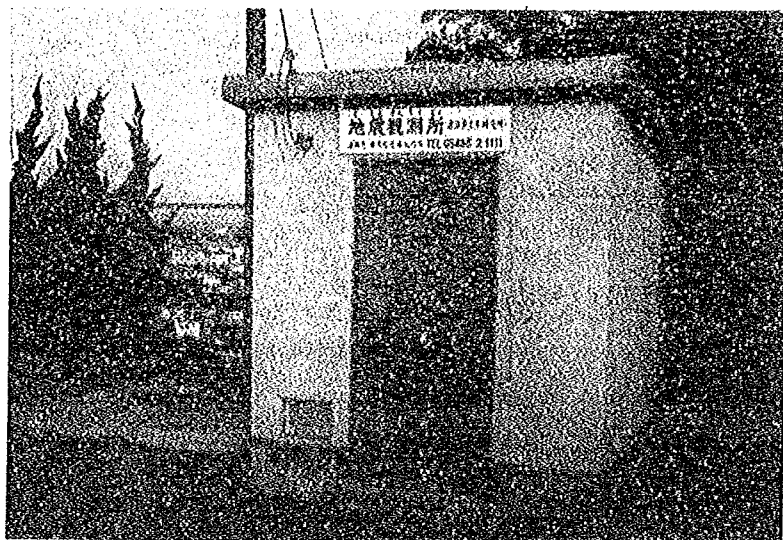
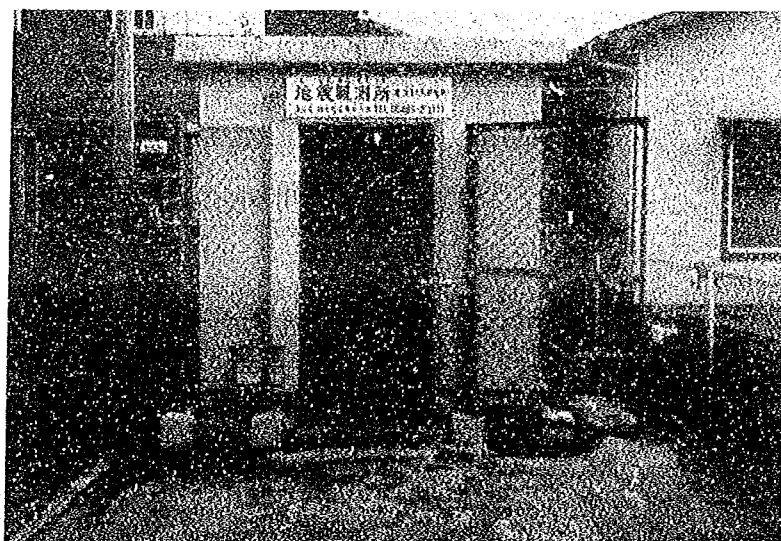


写真 4.1 強震計設置状況



No. 1 波津配水池



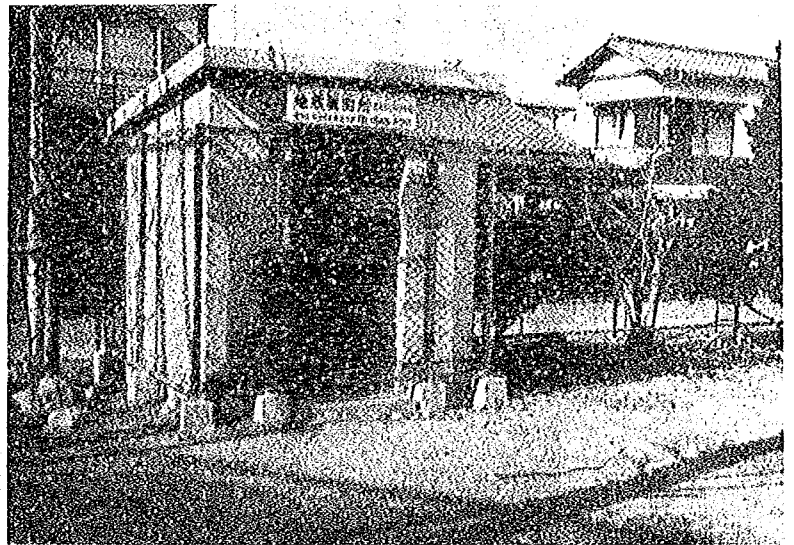
No. 2 相良町営住宅



No. 3 相良高等学校

写真 4.2(1) 観測小屋外観

No. 4 相良小学校



No. 5 相良中学校



No. 6 大沢保育園

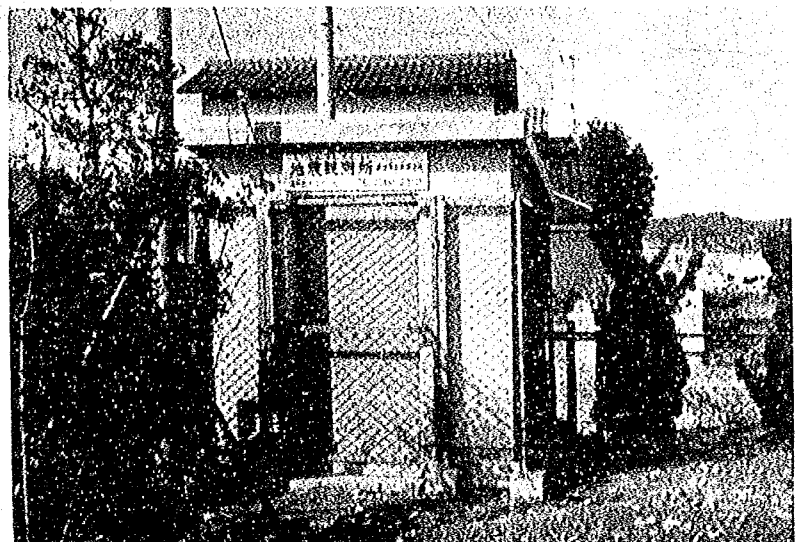
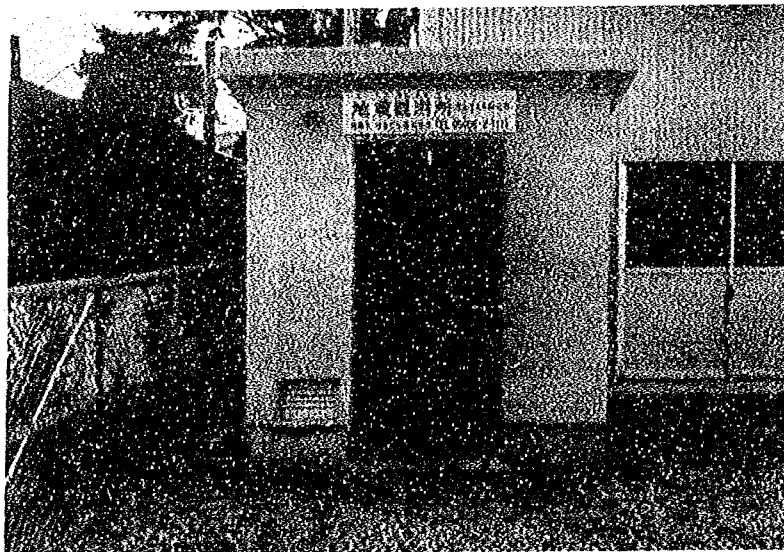


写真 4.2(2) 観測小屋外観

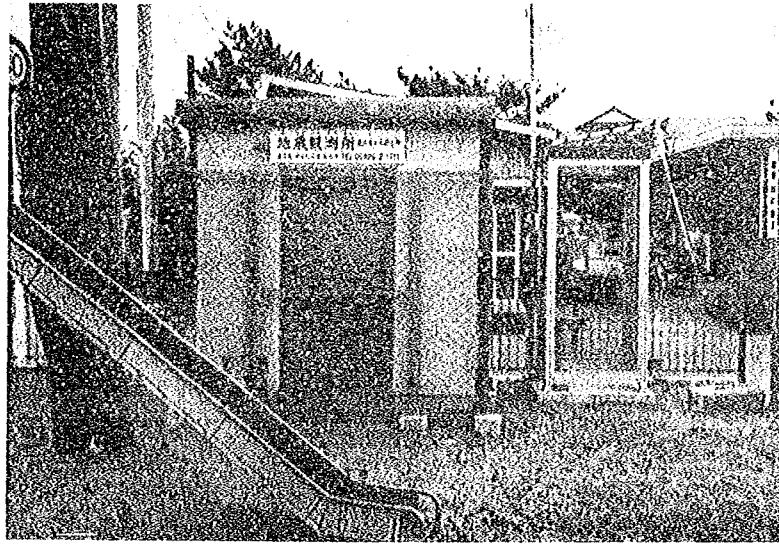


No. 7 相良中学校サブグラウンド



No. 8 相良中学校プール

写真 4. 2(3) 観測小屋外観



No. 9 相良町児童館



No. 10 相良小学校プール

写真 4.2(4) 観測小屋外観

謝

辞

相良町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
- 〃 御前崎土木事務所
- 〃 教育委員会
- 〃 県立相良高等学校

相良町

- 〃 町立中学校
- 〃 町立小学校
- 〃 児童館

大沢保育園

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) 小林啓美，大町達夫，瀬尾和大，小林喜久二，翠川三郎，田鎖 隆，嶋 悦三，柳沢馬住，工藤一嘉，座間信作，佐間野隆憲，津村靖邦：人工地震による駿河湾・遠州灘沿岸地域の地盤調査，昭和55年5月

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 ——

キーワード 高密度強震観測

ISSN 0386-5878
土研資料第1847号
昭和57年7月(1982年)

荒川 直 土
川 島 一 彦
田 村 敬 一
相 沢 和 興
高 橋 之

要 旨

本資料は、相良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

下を40
さは円
いっ切
て手

3 0 5 - □ □

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. 287

No. 287

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 1847 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印