

総務課長

# 港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 456      June, 1983

音波探査法の現況とその実施例の検討

堀 江 宏 保

運輸省港湾技術研究所



## 目 次

要 旨 .....	3
1. はじめに .....	3
2. 音波探査法の現況 .....	3
2.1 概 説 .....	3
2.2 音波探査法の種類と得失 .....	4
2.3 音波探査法の問題点 .....	5
3. 音波探査の実施例 .....	6
3.1 調査地周辺の地形・地質 .....	6
3.2 調査概要 .....	7
3.3 調査結果 .....	8
4. 調査結果の検討 .....	71
5. 将来への展望 .....	72
6. 結 語 .....	72
7. あとがき .....	73
参考文献 .....	73

## **Investigations on the Current Sonic Prospecting Method and the Results of Its Application**

**Hiroyasu HORIE \***

### **Synopsis**

Through investigations on the current sonic prospecting method (SPM) and the results of its application at Yokosuka-Shinko, the applicability of the SPM was studied and discussed. From this discussion the following facts were found;

- (1) Technical difficulties of the SPM in the field of construction works may considerably be dissolved by adopting a digital recording and analysing system, resulting in saving of manual processing and increasing accuracy of investigation.
- (2) Since the SPM is indirect investigation method, the results of SPM may not be used directly as the soil parameters for construction design, even if the accuracy increase sufficiently in future.
- (3) According to the discussion of the SPM results, it became clear that dispersion of sonic wave in the sonic gravel layer deteriorates prospecting ability and controls investigation results.

---

\* Chief of Soil Investigations Laboratory, Soils Division

# 音波探査法の現況とその実施例の検討

堀江宏保\*

## 要 旨

音波探査法に関する文献調査および横須賀新港における実施例の検討結果などから、次の事実が判明した。

(1) 土木・建設の分野における音波探査の技術は、デジタル方式の採用により、結果整理の省力化や精度の向上が期待できる。

(2) 音波探査法は定性的に物性を把握する手段であるから、将来その精度が向上しても、構造物設計のための直接的な土質定数値を得ることはできない。

(3) 実施例の検討から、音波の散乱現象は調査結果を左右し、探査能力を低下させることが判明した。

## 1. はじめに

物理探査とは「大地のもつ物理現象や人為的に発生させた物理現象を地表で測定し、これを解析することによって、間接的に地下の状況を探ろうとする技術」と定義されているように、物理現象を媒介として間接的に地質構造を調査する手段であり、土木・建設の分野でも地盤調査の手段として利用されている。この物理探査法を分類すると、弾性波探査、電気探査、重力探査、放射能探査、磁気探査、地温探査などがあり、これらによって測定される物理現象も極めて多岐にわたっている。

これらの物理探査法のうち、弾性波動現象を利用した方法が弾性波探査法として一応確立されており、それらの探査法は次に示すようなものがある。

- 1) 地震探査法（反射法）
- 2) 音波探査法（水上）
- 3) 浅層反射法
- 4) P波屈折法
- 5) S波屈折法
- 6) 扇射法・直接法その他

以上のような弾性波探査法のおもな利用分野としては、石油・ガス・石炭などのエネルギー資源調査および特殊鉱床調査などの探鉱手段以外に、土木・建設の分野では一般地質構造の調査や、構造物の基礎地盤の調査のうち概略調査の段階で利用されている<sup>1)</sup>

地震探査法は開発された歴史も古く、わが国でも1930

年代から有力な探査法として活用されてきている。

音波探査法は実用化されてからの歴史は浅いが、ここ10年来全国各地の港湾で使用され、データ数も相当量に達している。

しかし現状では、まだまだ音波探査による調査結果の精度が悪く、概略調査で使用しても、場合によっては軟弱な堆積層の厚さや基盤層の深度分布などを適確に表示できないこともある。したがって活用するときには、音波探査法の得失および適用方法をよく理解しておき、調査目的、地盤条件などを考慮してそれらの条件に合致する音波探査機を選定し、ボーリングとの併用により実施することが大切である。

以下に、音波探査法の現況と問題点について述べ、次いで実施例の検討を行った。検討した実施例は、横須賀新港において行われた音波探査による土質調査の結果である。さらに、これらの調査・検討の結果をふまえて、音波探査法の将来への展望に言及している。

## 2. 音波探査法の現況

### 2.1 概 説

音波探査法は弾性波探査法の一つで、音波発生装置と音波の反射波を受信する受波装置とを、一緒に移動させながら連続的に地層の反射面をとらえ、同時に反射波形の図示もしくは記憶を図り、これを解析して地層構造を究明する調査手段である。現状では、もっぱら水上でのみ用いられ、海底（湖底）堆積物の有無、層厚、層区分、もしく

\* 土質部 土質調査研究室長

表-1 音波探査法の種類と性能

名称		ソノプローブ	ス パ ー カ ー		ブ ー マ ー	エ ア ガ ン
諸元	品 名	SP-II	NE-19C	NE-17D	240 型	
	発 振 方 式	磁歪振動	水中放電	水中放電	電磁誘導	圧縮空気
	発 振 周 波 数	3～8 kHz	約 600 Hz	約 300 Hz	0.4～8 kHz	150 Hz
	発振エネルギー	36ジュール	最大 2,000ジュール	最大 20,000ジュール	300ジュール	20,000ジュール
	指 向 角	30度	無 指 向 性	無 指 向 性	約30度	無 指 向 性
	分 解 能	±30 cm	1～2 m	5 m	15～20 cm	5 m
探査深度	水 深	100 m	1,000 m	3,000 m	500 m	3,000 m以上
	海底面下	50m	200 m	300 m	200 m	2,000 m
	記 録 方 式	直線記録方式	湿式電解記録方式	放電破壊記録方式	放電破壊方式	乾式 放電破壊記録方式
	記 録 紙 幅	150 m	492mm	480mm	220 m	486mm

は基盤岩の深度や形状の把握など概略調査の段階で利用されている。このほかに音波探査技術を利用した音響測深機や魚群探知機などがあり、これらは音波の通過物質が海水だけに限定されているので、測定精度は高く世界的に普及している。

音波探査法の特徴としては、必要機材を一隻の船に搭載して、その船が調査地点を航行するだけで航跡下の地質構成情報を連続的にキャッチできることにある。したがって地盤調査の場合、ボーリング調査による「点」の情報から音波探査では「線」の情報へと求める情報量は飛躍的に増大する<sup>2)</sup>しかも、これらの情報はボーリング調査にくらべ、短期間・小労力かつ経済的に求められる。音波探査の作業能率は、一般に20～40 km/dayといわれ、数人の作業員で実施されている。さらに、音波探査の利点は、ボーリング調査のようにクレーン船による足場やぐらや重量のある機材の搬入、高価な資材などを要さないことや、汚水の発生がないことなどが挙げられる。

## 2.2 音波探査法の種類と得失

水中で発生された音波は、水中を伝わり水と地層の境界面(海底)で反射される。音響測深機はこの反射波を受波し、その反射時間から水深を求める方法である。この場合、音波エネルギーも小さく、波長の短い連続波を断続的に発生させているので、大部分は海底面で反射され、海底面下を通過した音波は地層中のエネルギー減衰によって消失してしまう。音響測深機は水中における音の伝播速度がほぼ一定であるので、かなり正確な水深が求められる。また、反射地震探査法では、音源に火薬の

爆発を用い、この際に発生する大きなエネルギーの波長の長い波を利用しているため、これらの方法はいずれも音波探査法とは区別している<sup>3)</sup>

音波探査法は、後述するように現在いくつかの方法が用いられている。これらはいずれも音源(音波の発生方法)によって区別され、それぞれ特徴のある呼称がつけられているが、受波方式には大差なく、もともと反射地震探査法で用いられていた技術が活用されている。

表-1には現行の音波探査法とその性能を示した。

音波探査法には、反射法と屈折法とがあり、表-1に示した機種はいずれも反射法によるもので、それらの得失は以下に述べる。

### 1) 磁歪振動子による発振方式(ソノプローブ)

音源として磁歪振動子を用いているため、発振周波数は比較的高い。周波数は3～8 kHzの単一周波数で、その連続波を断続して発振していることも特徴の一つである。周波数が高いほど分解能(薄い層を判別できる能力)はよくなるが、地中における音波エネルギーの減衰が激しくなり、深い地層まで音波が浸透しない欠点がある。また発振エネルギーもスーパーカーにくらべ小さいので、探査深度も浅く海底下40～50m程度である。しかし周波数が高いので、分解能がよく、かつ指向性があるため、主として浅海部の軟弱地盤の探査に適しており、地質構造の細部まで得られる特徴を有しているといわれている。

### 2) 水中放電による発振方式(スーパーカー)

この方式は、コンデンサーに蓄電された直流高圧電流を水中の電極で放電させる。これによって、海水温度が

急上昇して気泡が発生し音波が生じる。さらに、膨張した気泡は温度低下に伴い内圧が減少してつぶれ、再び音波を発生させる。反射面からの情報は、この二つのパルスによって、2本の記録として表示されることになり、微細な情報が隠れてしまう欠点になっている。この欠点を解消するため、電極の多連化を図り二つのパルスの間隔をできるだけ小さくするくふうがなされている。

スパーカーの利点は電圧と電流の組合せで、放電エネルギーを変化させ、調査目的に応じた探査深度が得られることである。

$$Q = \frac{1}{2} CV^2$$

ここに、 $Q$ ：放電エネルギー

$C$ ：コンデンサーの容量

$V$ ：放電電圧

スパーカーの発生周波数は、100～2,000 Hzであるが、300 Hz附近が卓越している。周波数が低いことにより磁歪式にくらべ分解能は低下するが、探査深度は大きくなる。この方式での探査深度は、一般に200 m程度であるが、地下の音響条件がよければ、300 mくらいまでは可能とされている。

### 3) 電磁誘導法による発振方式 (ブーマー)

水中に固定したコイルに瞬間的に大電流を通して強力な磁場をつくる。このときコイルに近接して設けられたアルミ板には渦電流が誘起され、これによりアルミ板は反発されて振動する。電磁誘導式はこの振動音を音源とする方式である。この方式では、水中放電式のように、海温上昇→気体膨張→音波発生→海温低下→気体内圧減少→音波発生という過程がないため、単純なパルスが得られるという特色をもっている。発振周波数はスパーカーと同様、100～2,000 Hzで、探査深度もほとんどスパーカーと同じである。

### 4) 圧縮空気発音方式 (エアガン)

エアガンは、50～150 kgf/cm<sup>2</sup>の高圧空気を密閉した容器 (エアガン) に供給し、これをバルブの開閉によって、瞬間的に海中に放出して音波を発生させる。音波の放出エネルギーは、空気の圧力と容器の容量で変えられるが、最大20,000ジュール程度である。周波数は、最大150 Hzであるが、20～60 Hz程度が卓越しており、他の方式にくらべて低いので、分解能も低下している。本方式では、コンプレッサーが大きな容積を占めるので、専用の海洋調査船に搭載されている場合が多い。探査深度も他の方式よりはるかに大きく、海底面下2,000 mくらいまでは可能であるといわれ、分解能の低いこともあって、沿岸海域での使用例は少ないようである。

これら四つの方式が現行の音波探査法の主流を占めて

いる方式であるが、磁歪振動方式と水中放電方式とを同一航跡図上で使用して、同一地層における浅層部と深層部との情報をそれぞれ求めて、情報量を増やす試みもなされている。

音波探査方式の本質的な相違は、発信方式の違いにあり、それぞれ特徴ある音波を用いている。音波探査法を採用して土質調査を実施するにあたっては、これらの方式 (機種) のうちから調査目的、海域地盤条件、対象海域の水深、探査深度などを考慮して適切な周波数と分解能を有するものを選定することが重要である。

### 2.3 音波探査法の問題点

音波探査法は、ボーリング調査のように地中のサンプルを採取して、直接肉眼で確認することのできない、間接的な調査手段であるから、土質試験結果のように、土の状態を定量的に評価することはできない。つまり数値の上で土の物理的、力学的特性を求めることが不可能であり、その結果からは、構造物設計のための土質定数値を直接求められないことを意味している。

音波探査結果から得た地層の反射による記録図 (記録のパターン) では、それ自身からは直接地層の判定ができない。地層の判定は、この記録のパターンとボーリング柱状図とを対比させて初めて可能となる。したがって、記録のパターンの良否は直接音波探査法の寿命を制することになる。記録のパターンには、各種のノイズおよび海底面や地層境界面に起因する多重反射が混入されていて、この解析は、従来方式の場合、技術者の手作業で行われる。ここで問題になるのは、地層が比較的薄い互層のとき、多重反射の混入する割合がそれだけ多くなり、その判読に技術者の主観が加わって、場合によっては判断を誤ることになる。ノイズが多くて不鮮明なものは判読が不可能になってしまう。

地層によっては、発振された音波が散乱してしまい、受波されない場合がある。この場合の地層は礫層や多量の貝殻が混入された地層であることから音波礫層と呼ばれている。音波礫層の出現は、それ以深の地質情報を遮断してしまい、音波探査法の最大の障害となっている。

反射法による記録図は、縦軸が反射時間を表す時間軸になっており、これを深度軸に変換しなければ、ボーリング柱状図のように各堆積層の深度分布が明確に表示できない。

従来方式の音波探査機 (受波装置のマルチチャンネル化がなされていない機種) では、この変換作業に難点があったように思われる。つまり、地層の硬軟、固結度未固結度の差および土層構成物質の相違などに起因する、音波の伝播速度の差を考慮した合理的な伝播速度の使用

方法が確立されていなかった。この伝播速度の決定は、各社まちまちで水中伝播速度(1500 m/sec)をそのまま用いたり、後述する経験、実績による推定値、ボーリング孔内速度検層や屈折法によるものなどさまざまな方法で行われてきた。

この結果として、音波探査における各堆積層の深度表示は、ボーリング調査による場合とかなりの差を生ずることになっていた。

最近では、受波装置のマルチチャンネル化により、反射法による速度算出が実施されて適正な速度が得られ、深度軸への変換が信頼できるものとなった。

音波探査法に関する問題点として、重要なもののうちいくつかをとり上げてみたが、これらは10年前と現在とでは、かなり違ってきており今後の研究で徐々に改善されていくものと期待される。

### 3. 音波探査の実施例

#### 3.1 調査地周辺の地形・地質

音波探査法による土質調査は、横須賀新港建設予定地(当時)で行われた。横須賀港は本港、長浦港、安浦港、浦賀港、久里浜港、新港から成り、場所的にも散在していて、それぞれ異なる機能を有している。すでに竣工している新港は、現在では外国貿易の中核をなし、自動車の輸出港としての重要な役割を果たしている。

図-1に示した横須賀港は、三浦半島の主要部に位置し、東側は東京港、西側は丘陵地に囲まれ、京浜工業地帯に近接している。新港地区は東京湾側であって、その北側には長浦港、横須賀港(本港)南側には安浦港を配している。

横須賀港を含む近接の自然海岸線は、リアス式海岸で溺れ谷をなし、大小多数の湾を形成している。三浦半島一帯は平地に乏しく、横須賀港もその背後は50~100mの起伏ある丘陵地となっている。

図-2には新港平面図を示す。

横須賀新港は、横須賀市小川町地先の海域を約20万m<sup>2</sup>埋立て建設した埠頭で、図中のAは1・2号栈橋(-5.5 m)、延長180 m、Bは3号栈橋(-7.5 m)延長130 m、Cは先端護岸、延長120 m、Dは1・2号岸壁(-10 m)延長400 mに区分けされている。

調査地域周辺の地質概要を見ると、基盤岩は三浦半島全域に発達している第三紀海成層の三浦層群である。これは泥岩・砂岩・凝灰岩質砂岩の互層で形成され、土丹と呼ばれる暗青灰色を帯びた軟岩である。横須賀周辺における三浦層群は、おおむね北西-南東の方向性を示し、30°前後で北側に傾斜している。調査地域内においても、三浦層群が発達していることは、本調査以前に行われたボーリング調査によって明らかにされており、三浦層群の上位には極めて軟弱な粘性土(部分的に砂を含む)が

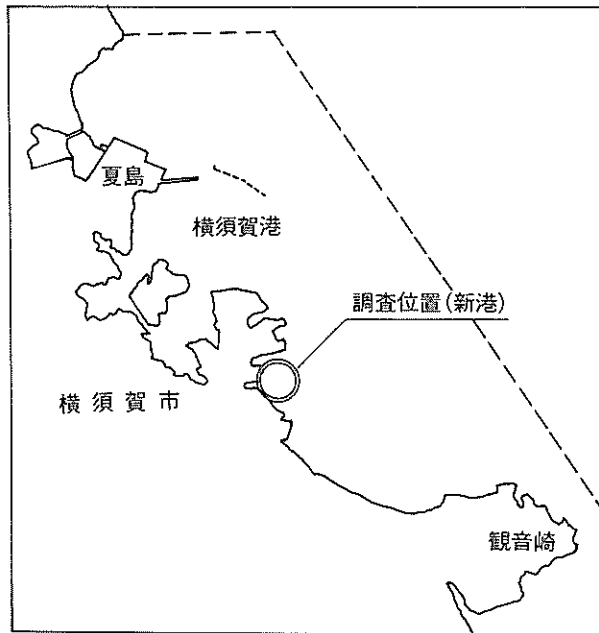


図-1 横須賀港位置図(調査位置図)

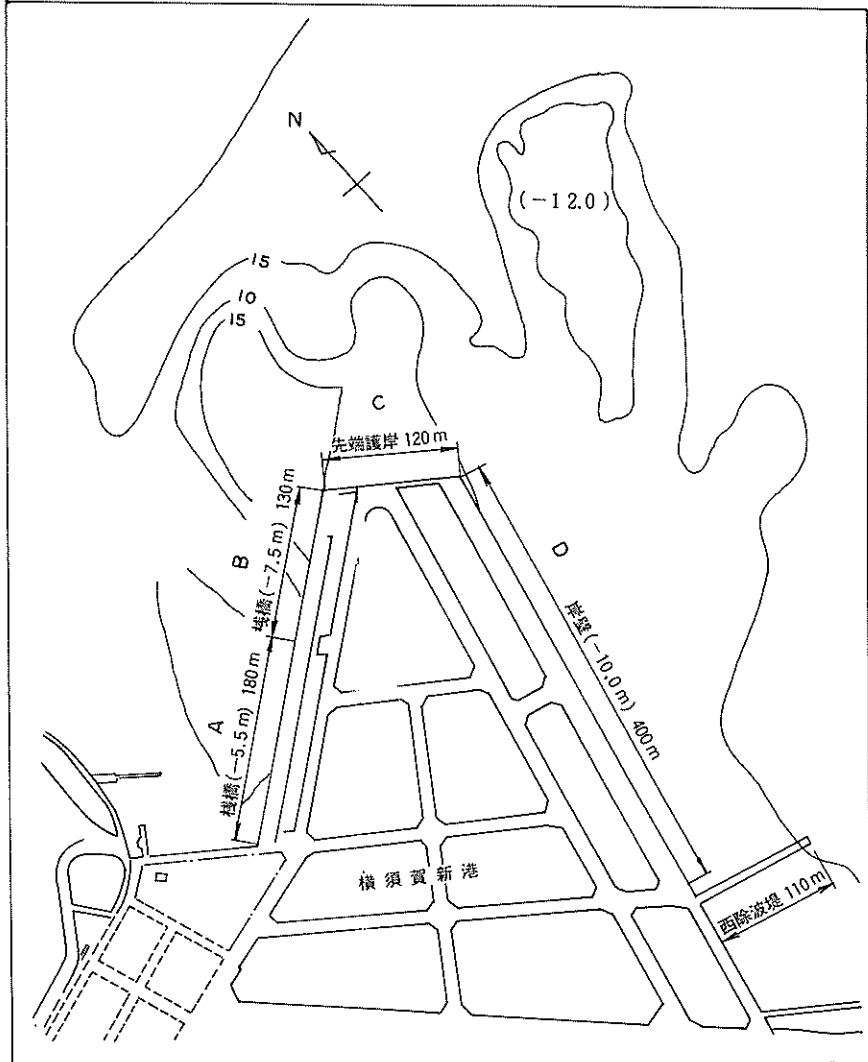


図-2 横須賀新港平面図

分布している。<sup>4)</sup>

### 3.2 調査概要

調査の目的は、音波探査法を用いて岸壁建設予定地の地質構成を調査することにある。特に本調査においては、施工の関係上、基盤の連続性・傾斜等を把握することに主眼をおいた。

調査の方法としては、測量船に音波探査装置を搭載し、予定線を約2ノットの速度で航行しながら音波の発信・受信を行い、音波による海底下の時間断面を記録させた。海上位置の決定方法は、トランシットによる直線誘導法で行った。

使用機械および測定条件は次のとおりである。

使用機械 ソノストレーター（磁歪発振方式）

測定条件	発振間隔	1/4 sec
	発振電圧	1,500 V
	受信周波数	3,000 ± 500 Hz
	深度選択	0 ~ 50m
	送受波器間隔	2.5 m
	送受波器深度	1 m (ドラフト量)
	測点間の時間間隔	約30 sec

図-3にはソノストレーターのブロック図を示した。ソノストレーターによる音波探査法について、概略の説明を以下に述べる。

磁歪振動子により発振されたパルスは、海底や地層内の反射面（音響インピーダンスの変る境界面）で反射し、



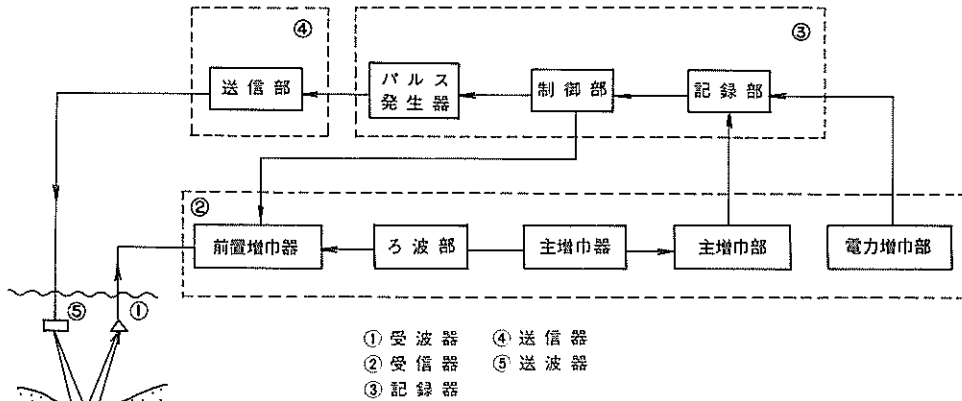


図-3 ソノストレターブロック図

受信機で受波されたのち、電気シグナルに変換される。シグナルは前置増幅部、ろ波部、増幅部を経て、シグナルの強弱に応じた濃淡の縞模様つまりアナログ表示で記録される。

この記録からノイズを除いた地層図をつくり、各種の補正を加えたのち、各層の深度を決定する。さらにボーリングデータとの対比を行って地層図を完成させる。

各層の深度は次式による。

$$D = \frac{1}{2} V_n \cdot t$$

ここに、 $D$ ：反射面までの深さ (m)

$V_n$ ：音波の伝播速度 (m/sec)

$t$ ：反射走時補正值

表-2 音波の伝播速度

地層	$N$ 値	伝播速度 (m/sec)
へどろ、水で飽和した泥、砂	0~5	1,500~1,600
やや締ったシルト、砂	10~30	1,600~1,700
締った礫まじり砂	30~50	1,800~1,900

表-2 は地層の音波伝播速度を示した<sup>5)</sup>提案者は従来の経験と既知資料から表-2 の速度値の採用をすすめている。

音波探査記録の解析においては、記録のパターンのみでは直接土質を判定することはできない。無論基盤層の岩種や岩質についても同様である。土質の判定は過去のデータや経験から判断を下し、解釈を行うことが多い。

この際、測線周辺のボーリング資料は土質判定の決め手となり、いずれの場合でもボーリング資料との対比は不可欠な要件となっている。

### 3.3 調査結果

図-4 は新港東側の岸壁部における航跡図である。図中のC-1 からC-9 までが岸壁法線方向の航跡を示し、C-39 からC-49 までが岸壁法線と直交する航跡を表示している。これら多数の航跡のうちから、ジグザグ線で示した範囲にはボーリング資料があり、音波探査結果とボーリング結果の対比を行った個所である。

図-5 は新港西側の栈橋部における航跡図である。C-10 からC-20 までが栈橋法線方向の航跡で、C-26 からC-38 までが法線と直交する航跡を示している。ジグザグ線の範囲では図-4 同様ボーリング結果との対比を行った。

図-6 から図-78 までがボーリング結果と音波探査結果との対比図である。これらの図では、縦軸に深さ、横軸に距離と航跡図中の測点を示し、矢印で表した地点がボーリング位置である。図の左側にはボーリング柱状図と  $N$  値の分布を、図中の曲線は音波探査結果から求めた地層の境界線をそれぞれ表している。地層の境界線前後にある土質名は音波探査による土質の判定を示している。

数多いボーリング柱状図との対比図のうちで、東側岸壁部の法線方向に属するものは、図-6 から図-21 まで、法線と直交する個所のものは、図-22 から図-33 までである。西側栈橋部における法線方向のものは、図-34 から図-58 まで、法線と直交する個所のものは、図-59 から図-78 までである。

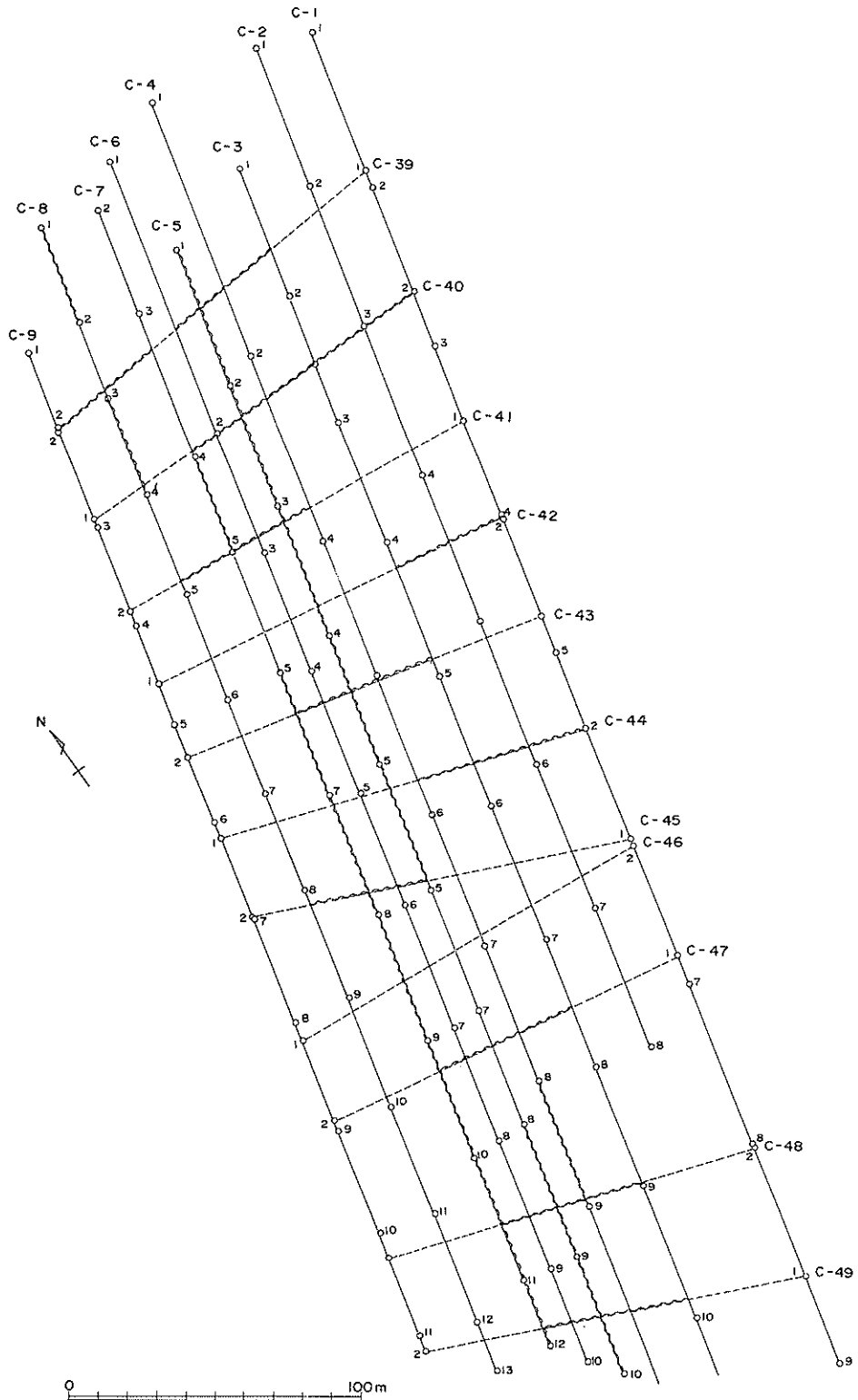


图-4 新港岸壁部航迹图

先测部

取付部

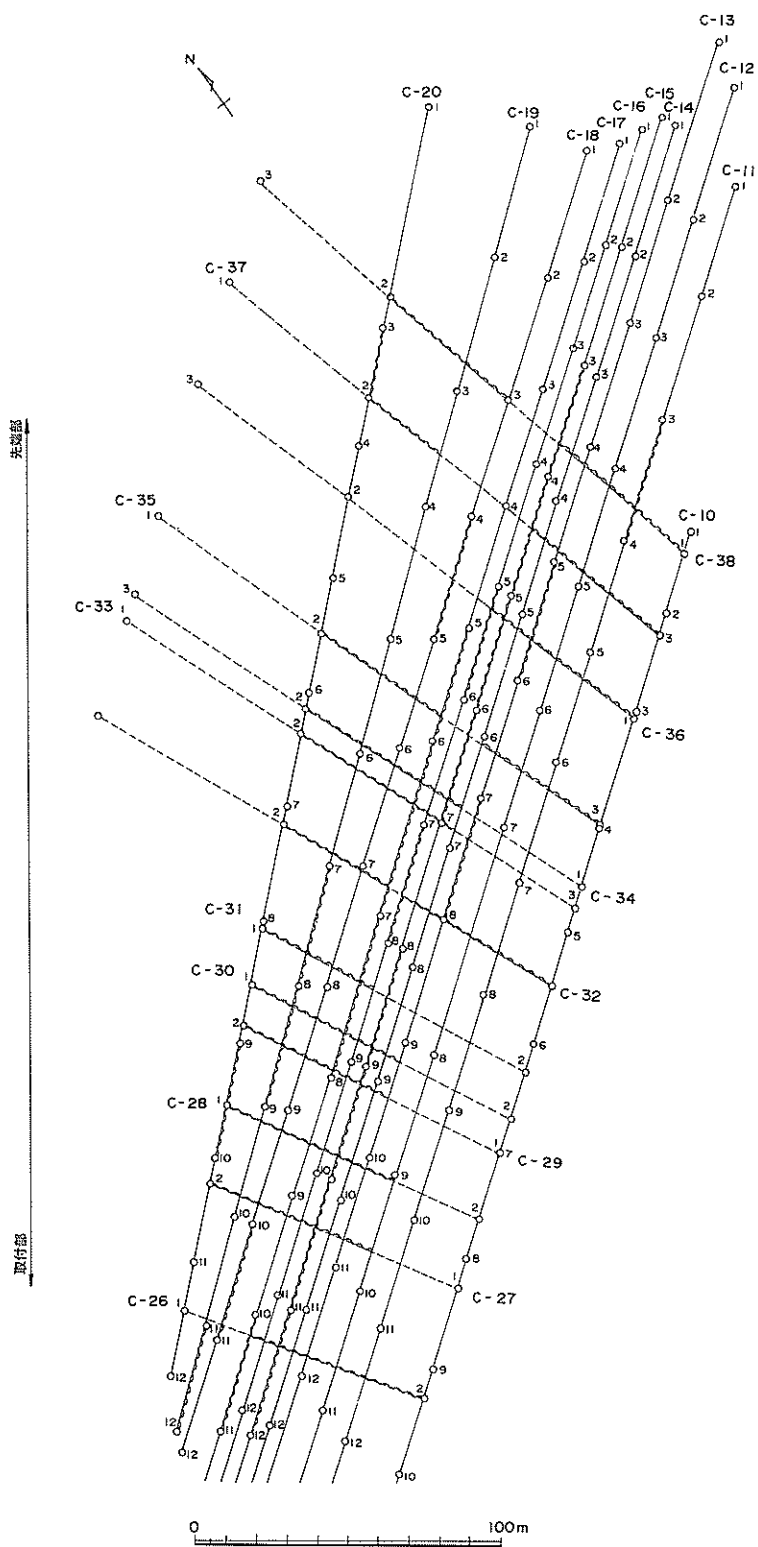


圖-5 新港棧橋部航跡圖

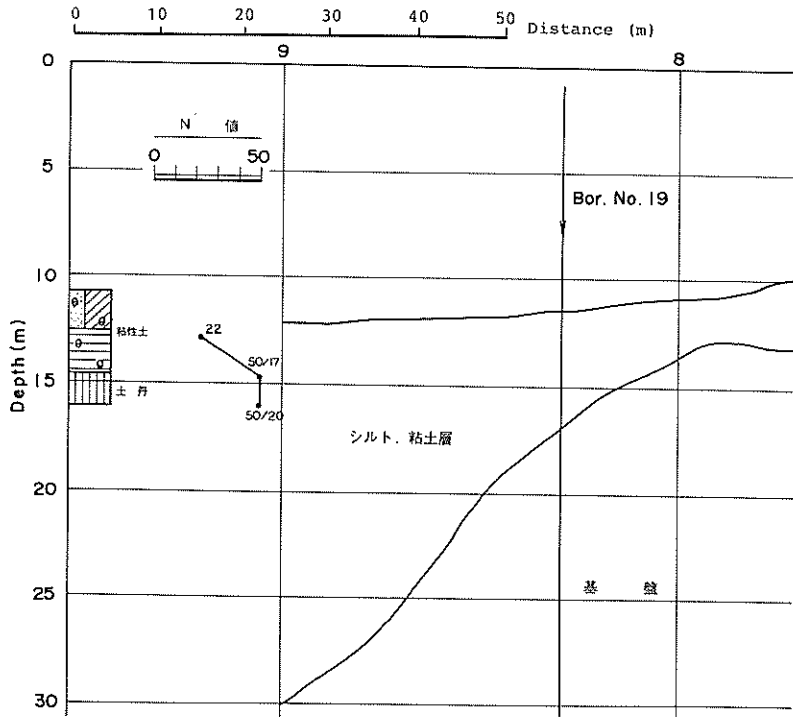


図-6 ボーリング結果との対比図(C-4)

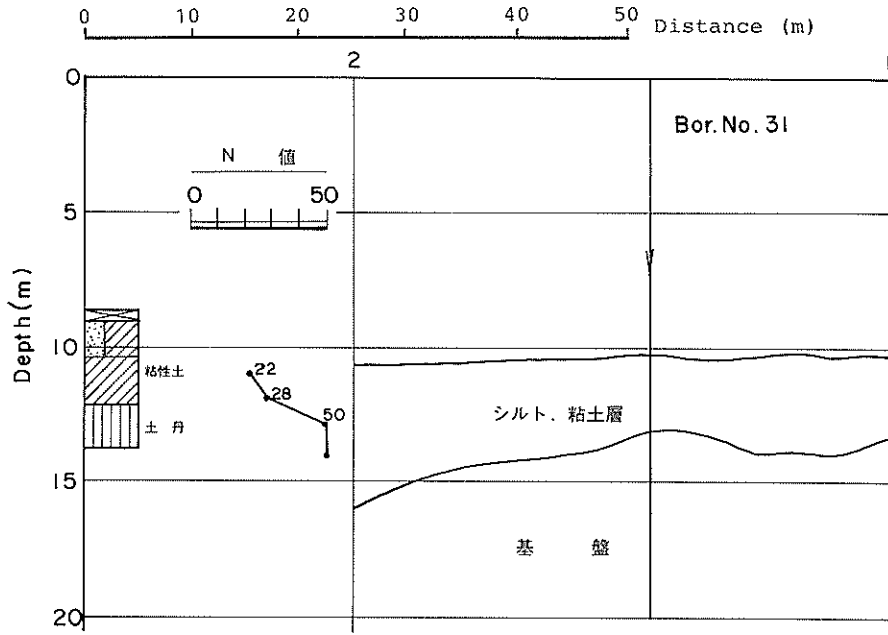


図-7 ボーリング結果との対比図(C-5)

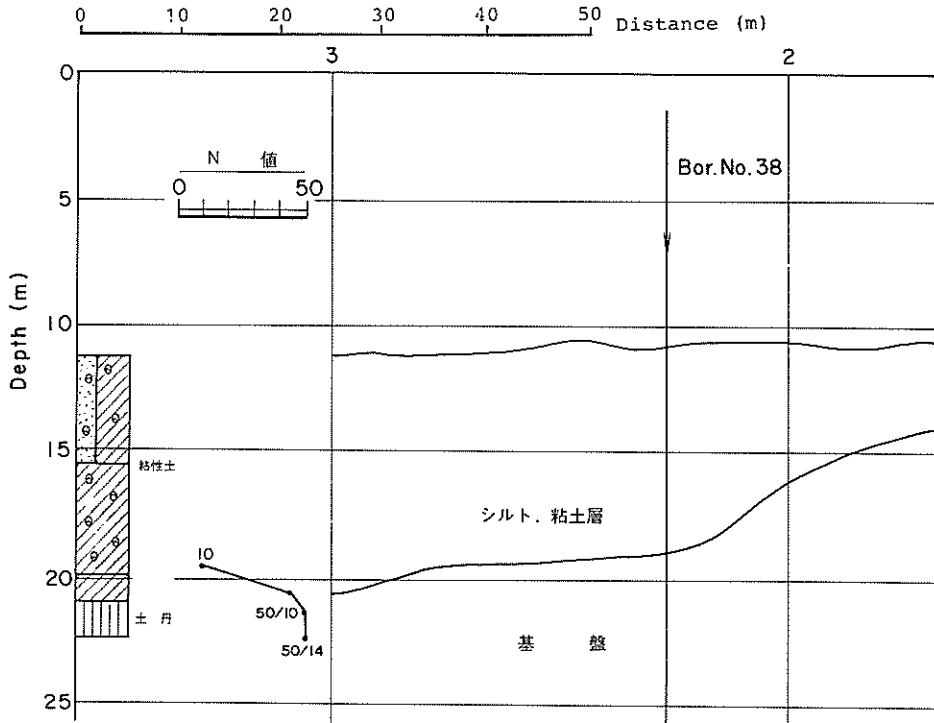


図-8 ボーリング結果との対比図 (C-5)

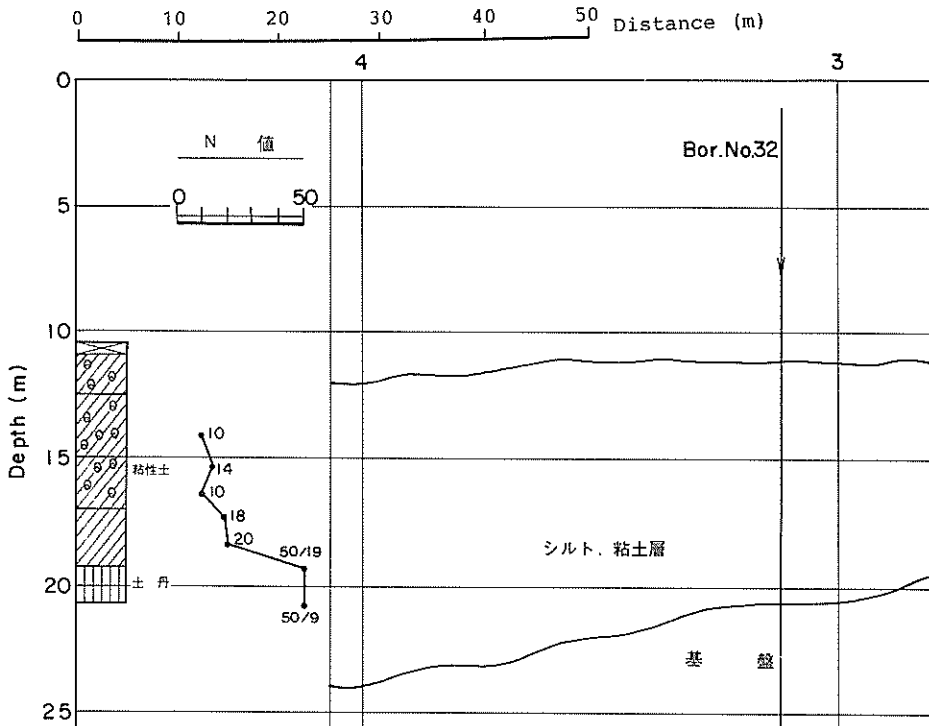


図-9 ボーリング結果との対比図 (C-5)

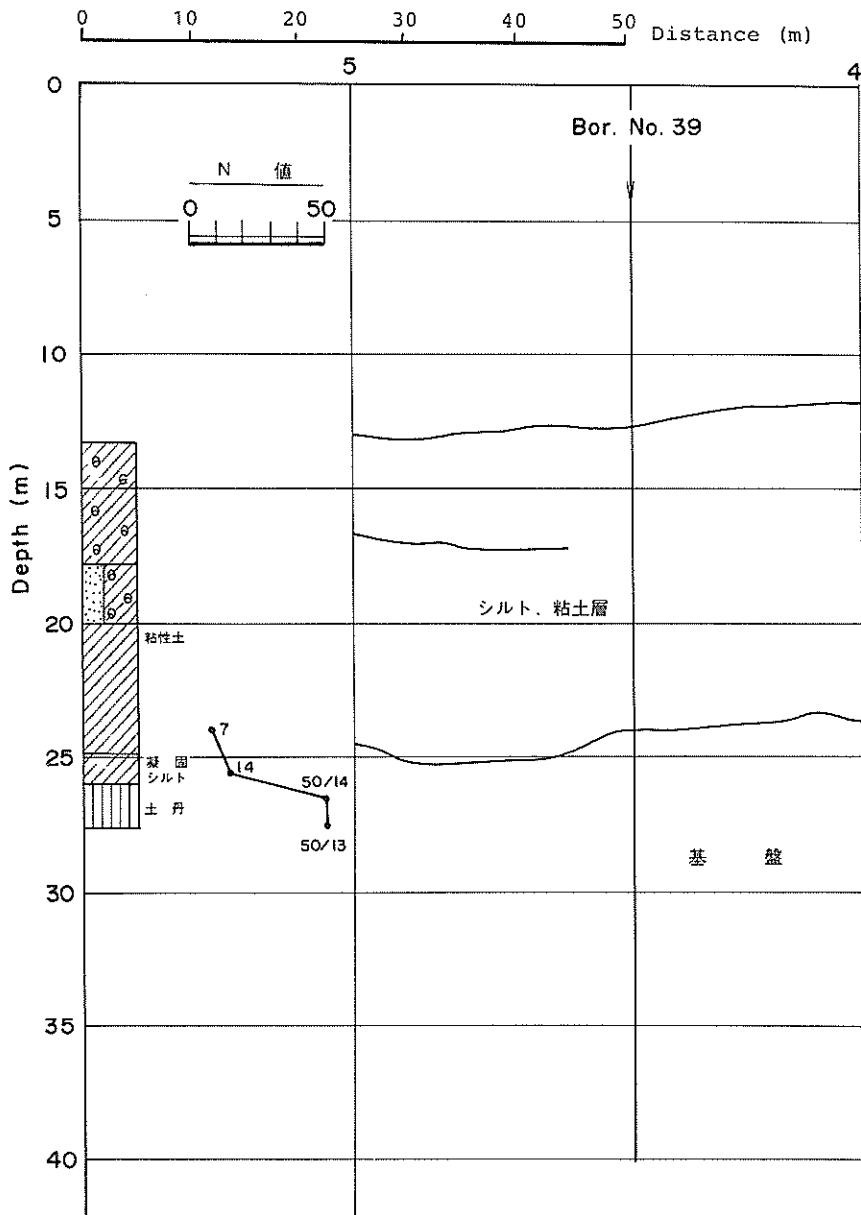


図-10 ボーリング結果との対比図 (C-5)

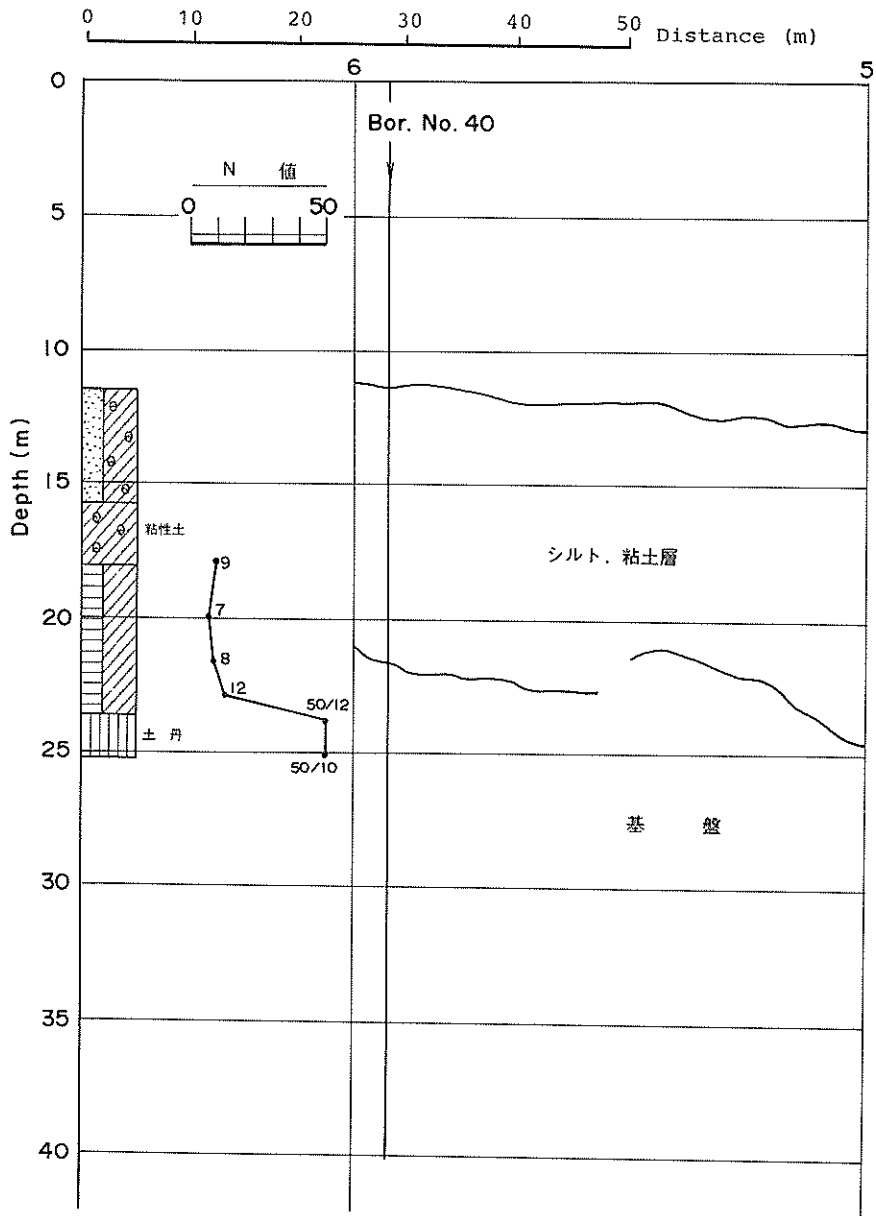


図-11 ボーリング結果との対比図 (C-5)

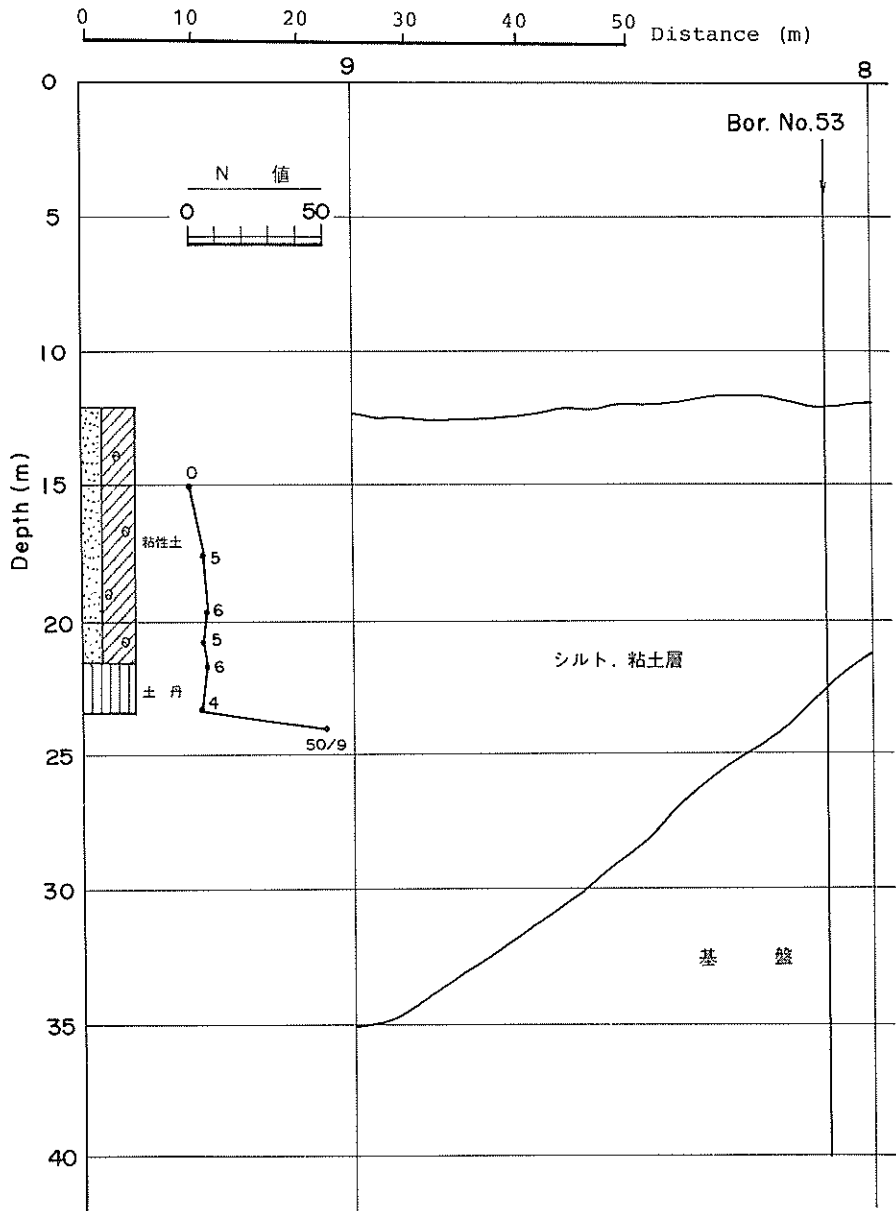


図-12 ボーリング結果との対比図 (C-5)



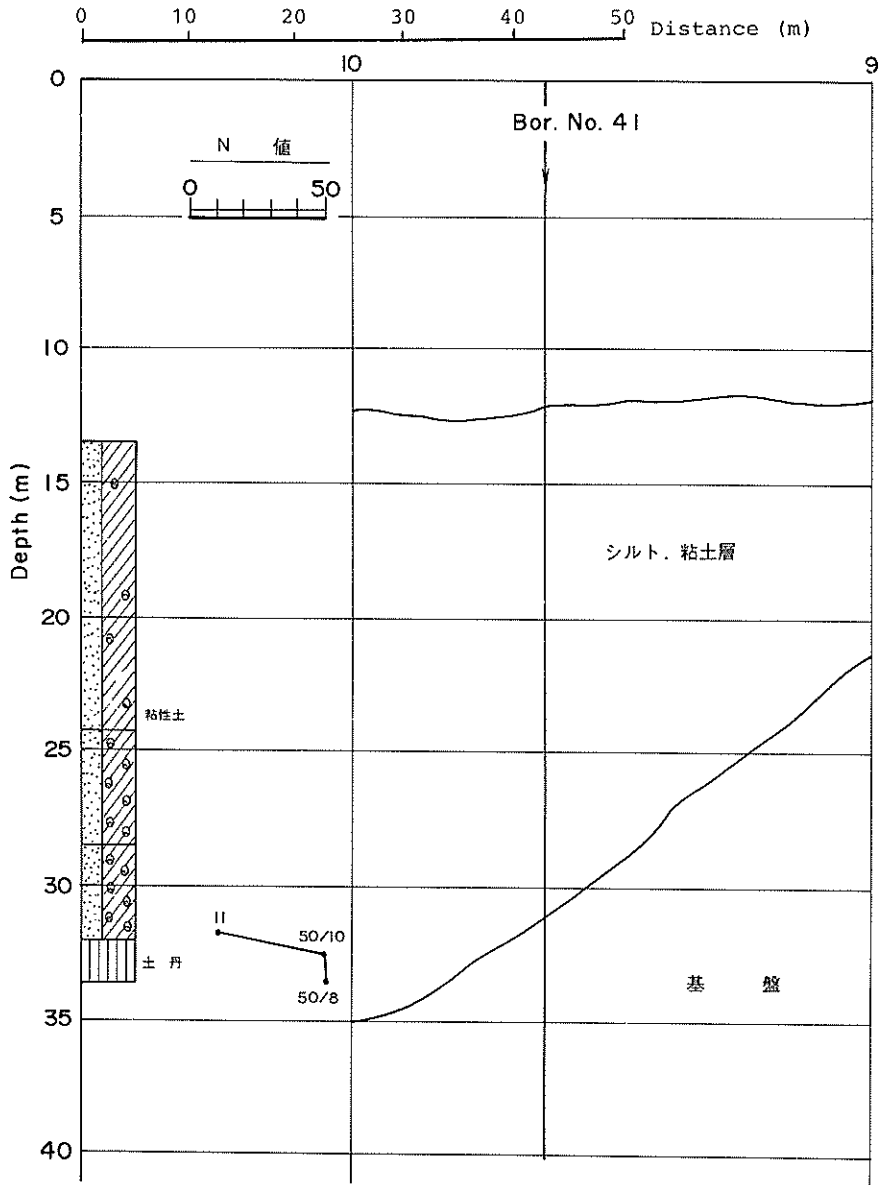


図-13 ボーリング結果との対比図 (C-5)

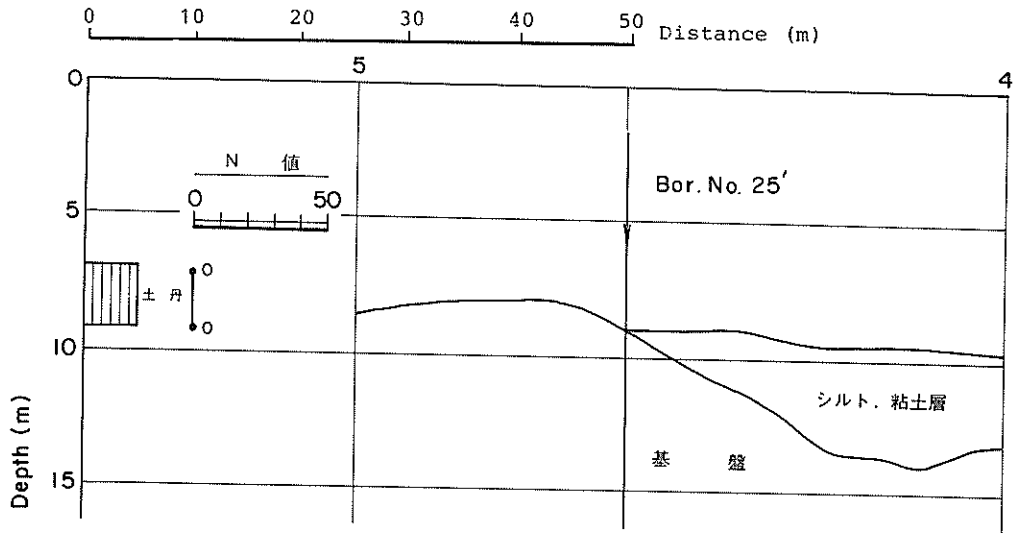


図-14 ボーリング結果との対比図 (C-7)

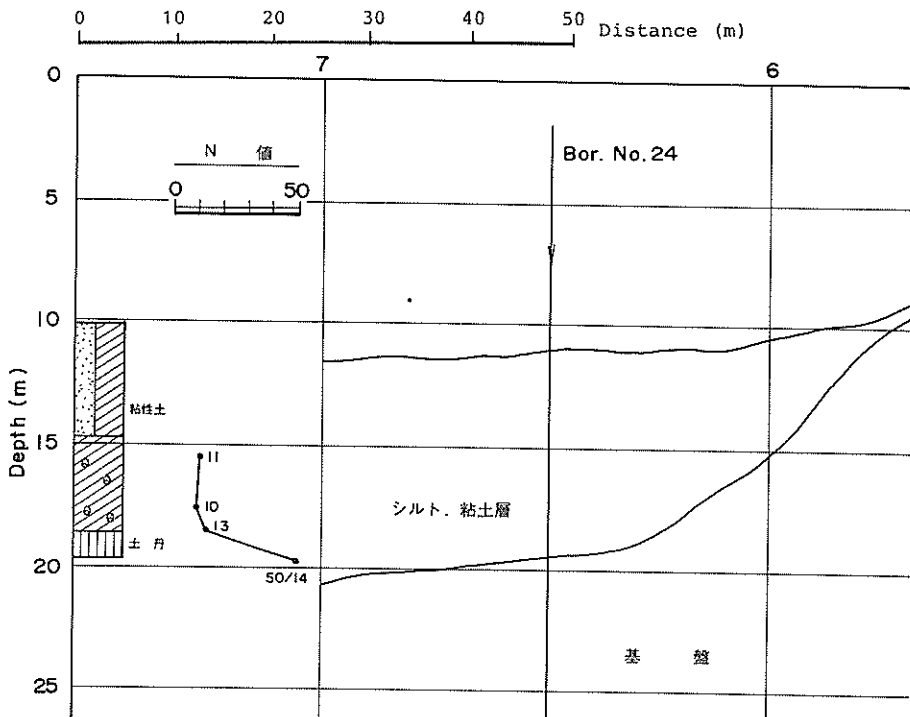


図-15 ボーリング結果との対比図 (C-7)

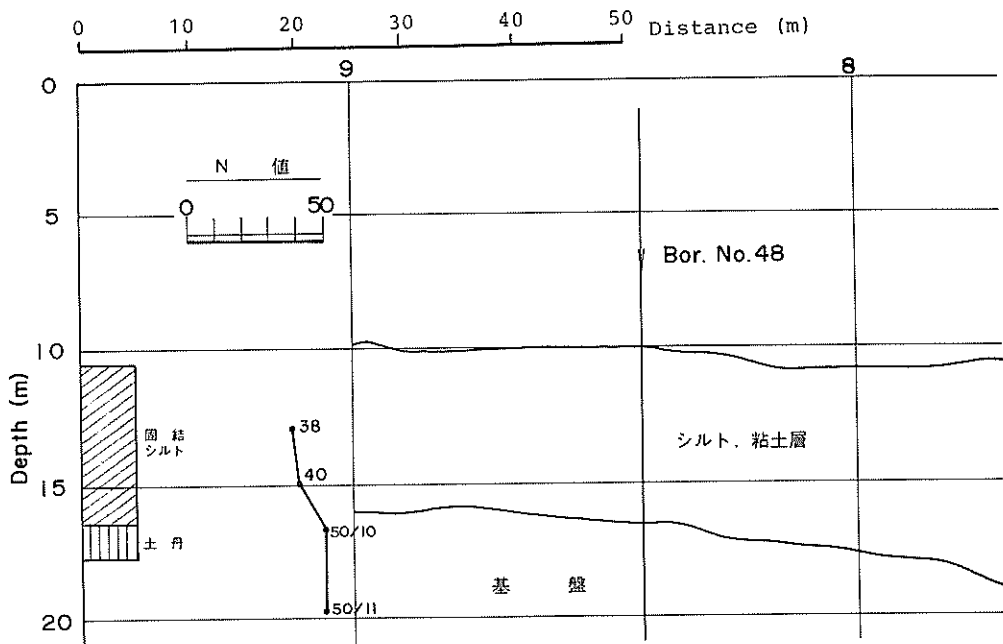


図-16 ボーリング結果との対比図(C-7)

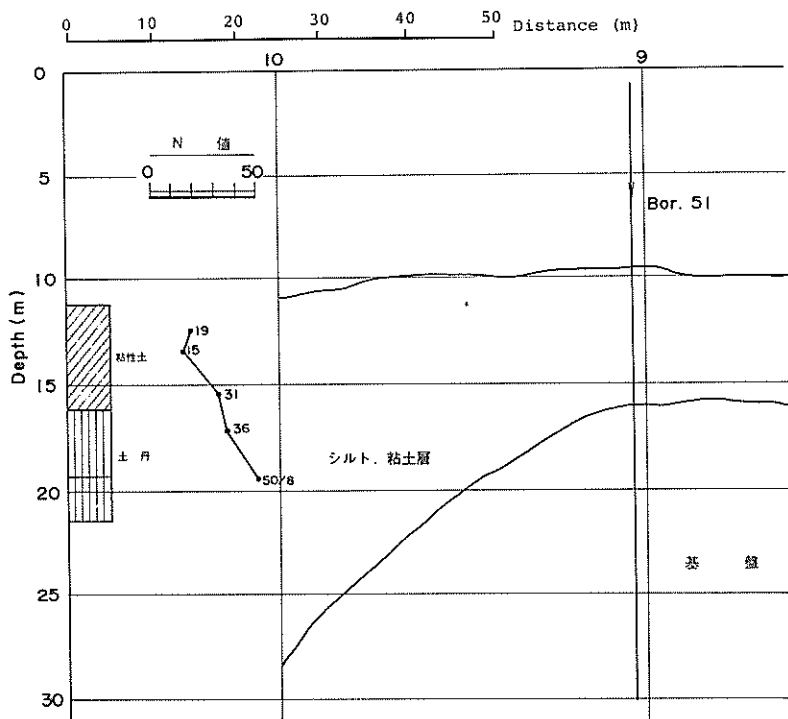


図-17 ボーリング結果との対比図(C-7)

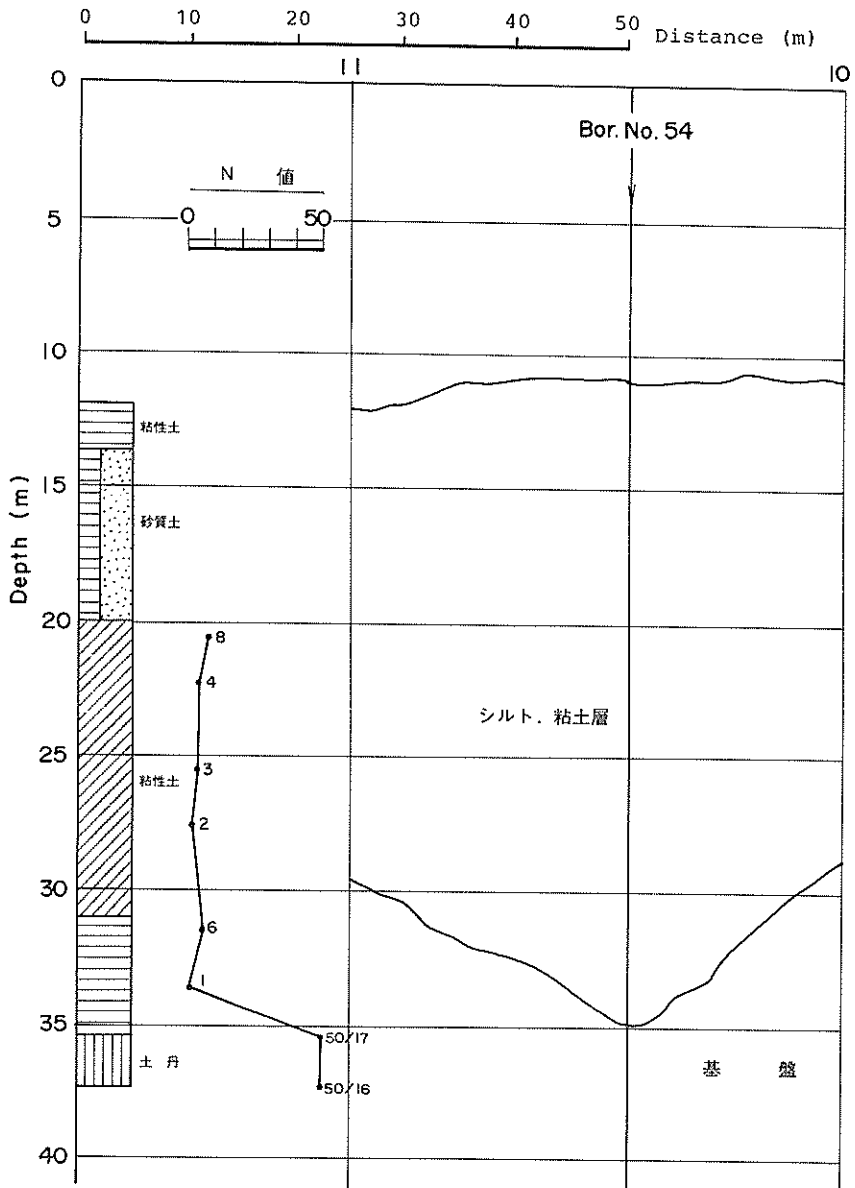


図-18 ボーリング結果との対比図 (C-7)

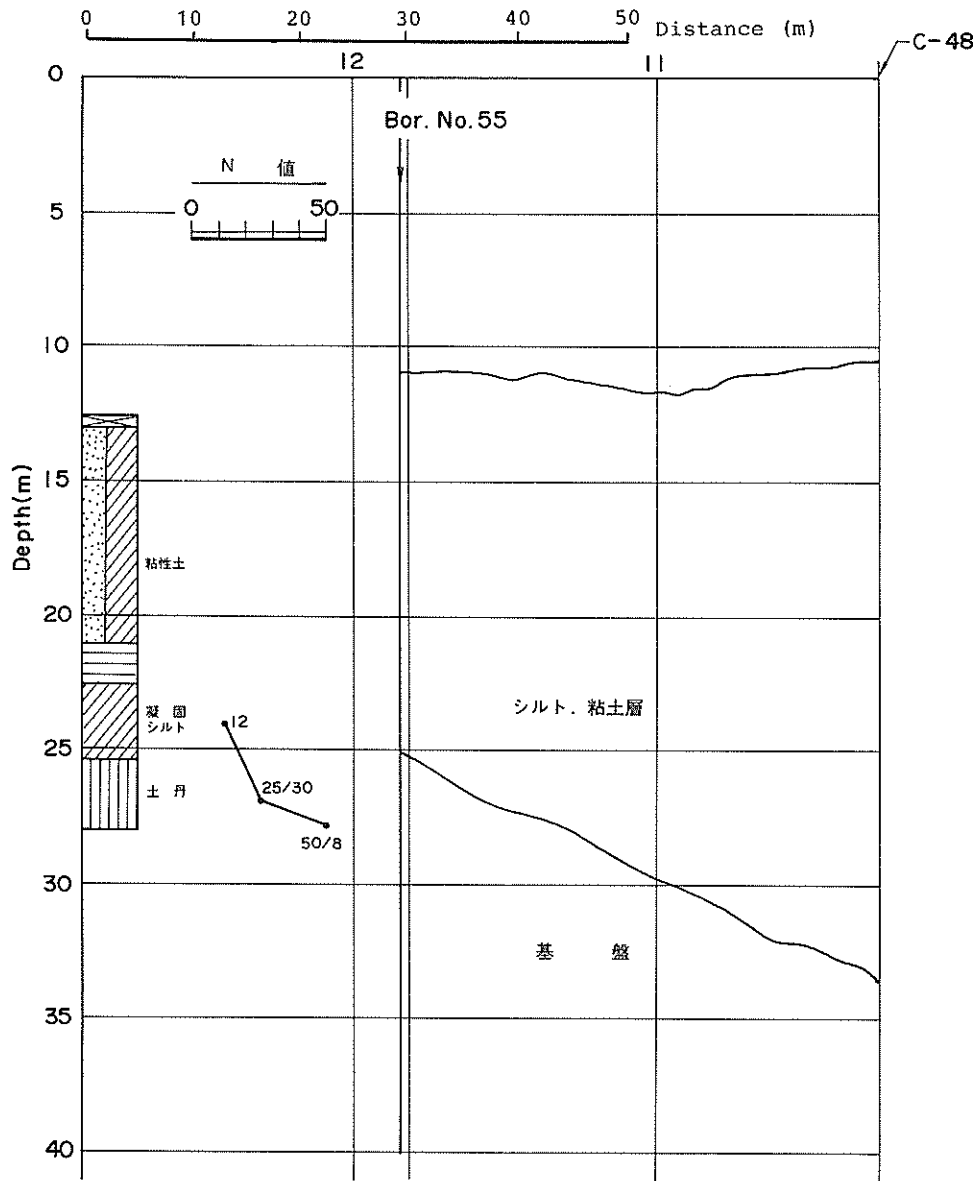


図-19 ボーリング結果との対比図(C-7)

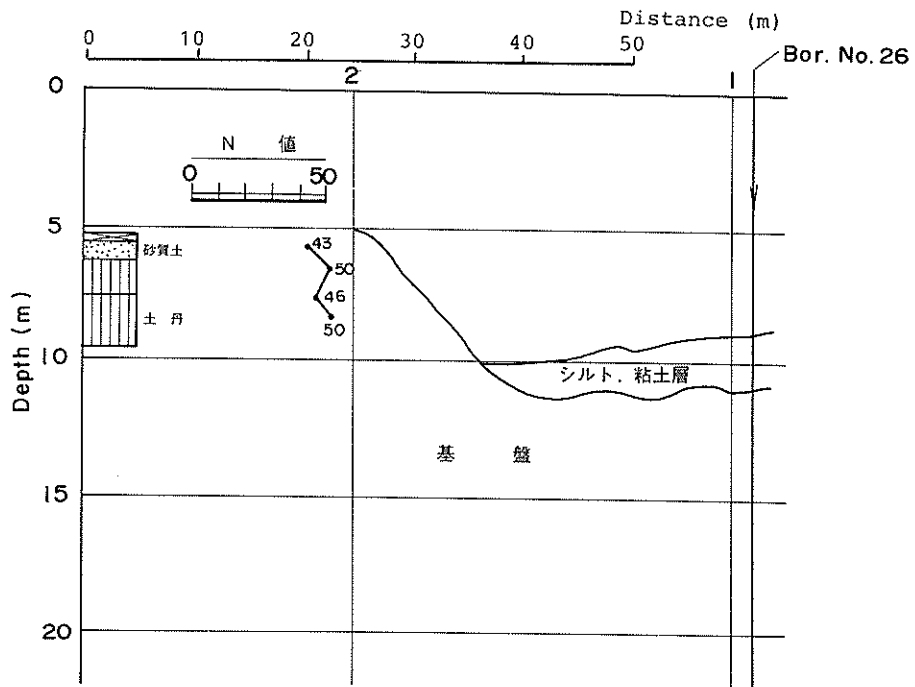


図-20 ボーリング結果との対比図 (C-8)

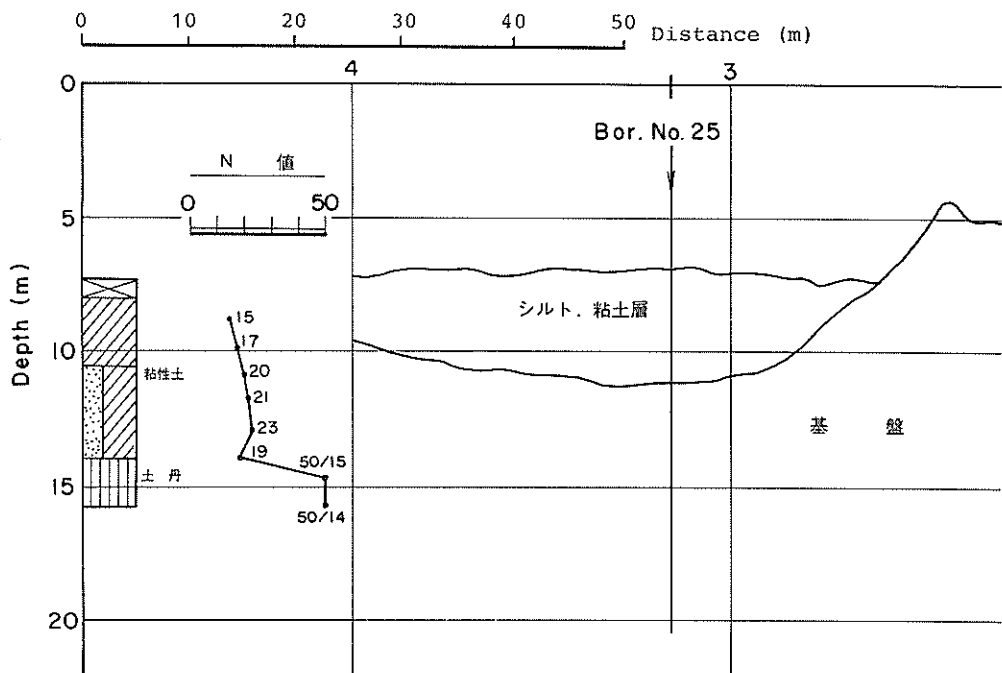


図-21 ボーリング結果との対比図 (C-8)

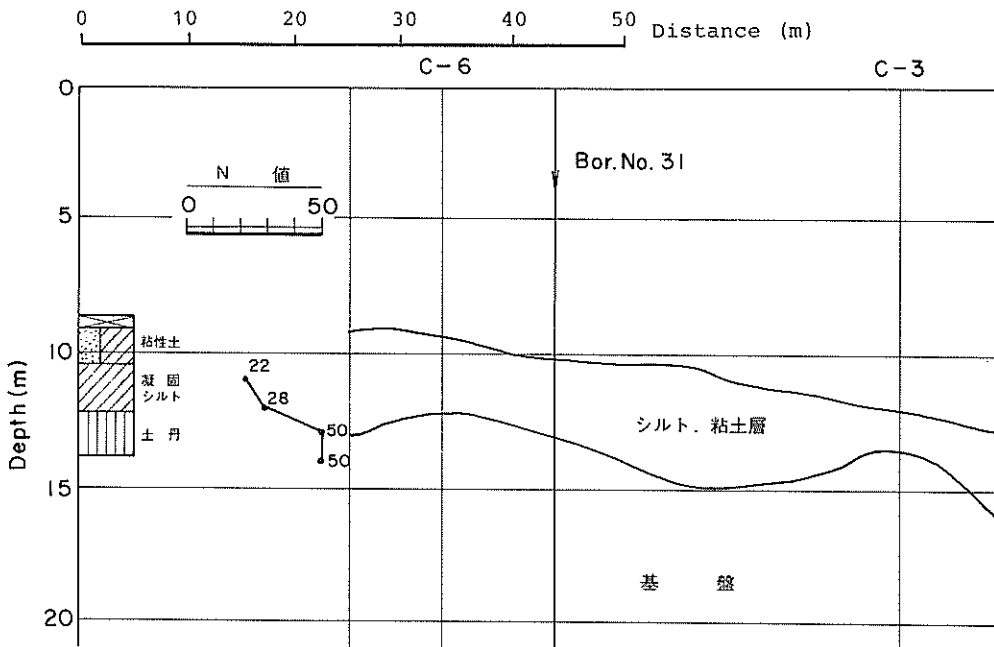


図-22 ボーリング結果との対比図 (C-39)

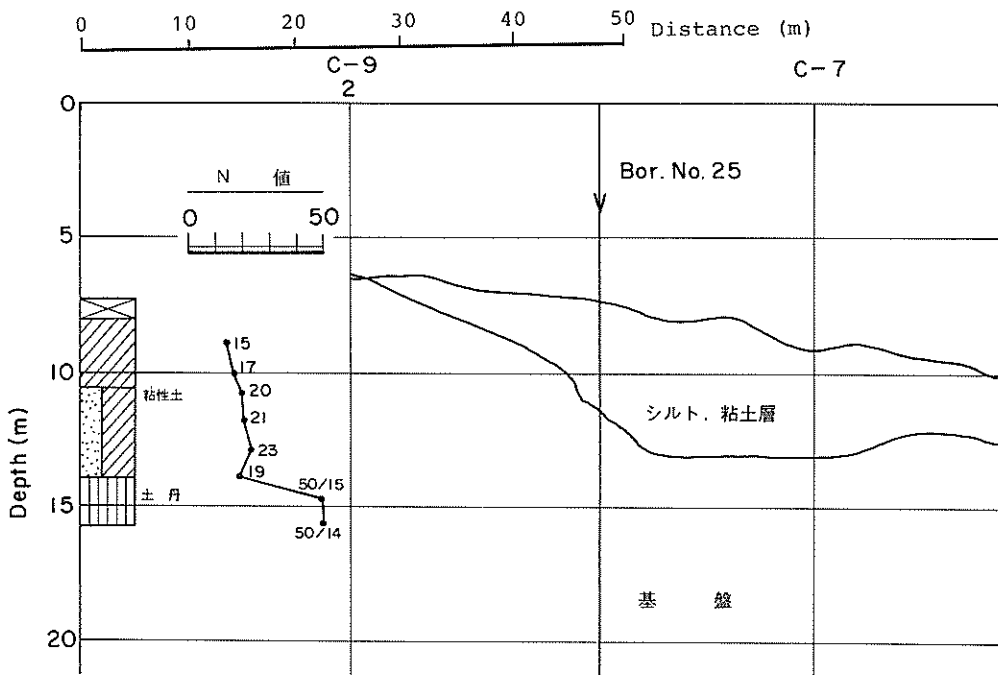


図-23 ボーリング結果との対比図 (C-39)

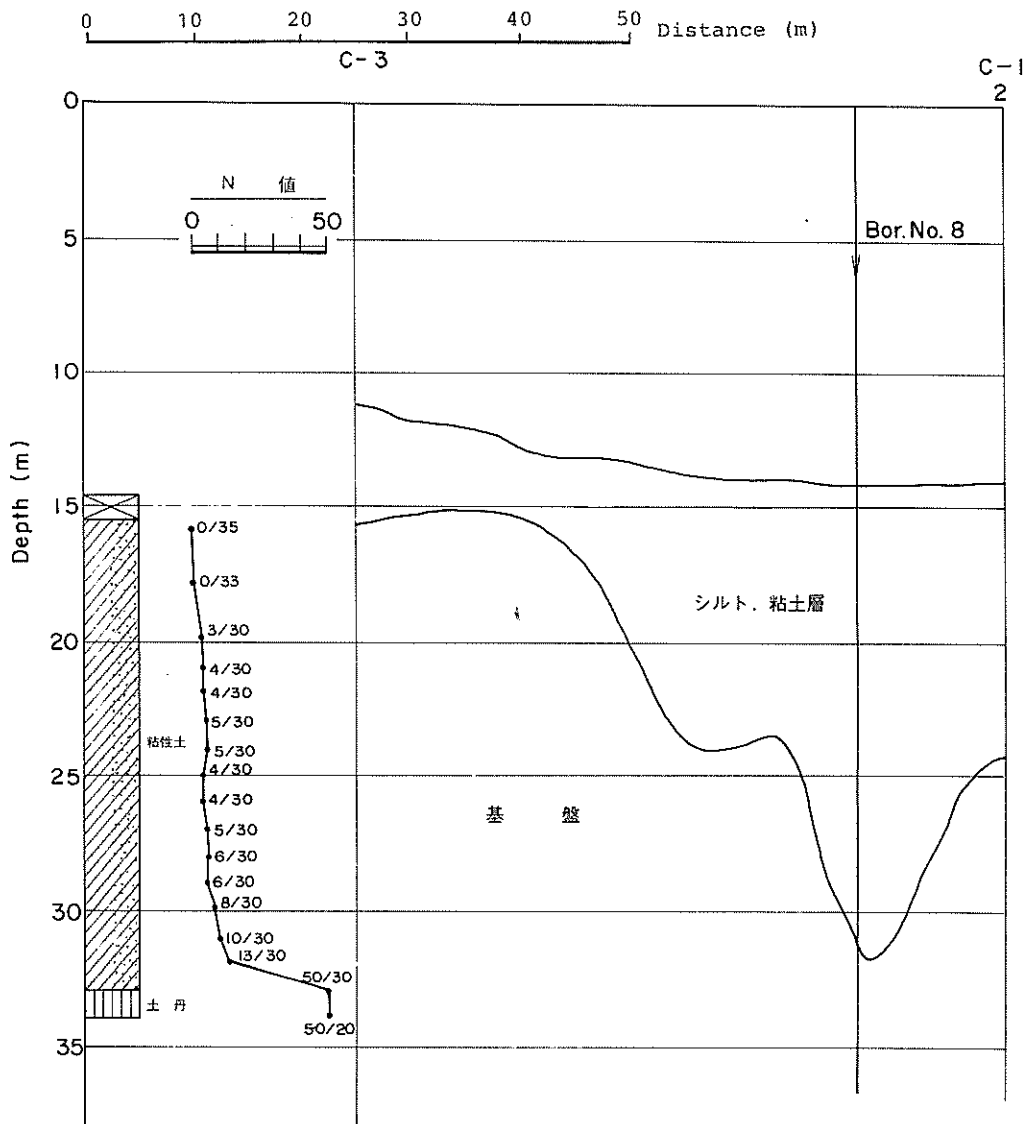


図-24 ボーリング結果との対比図 (C-40)



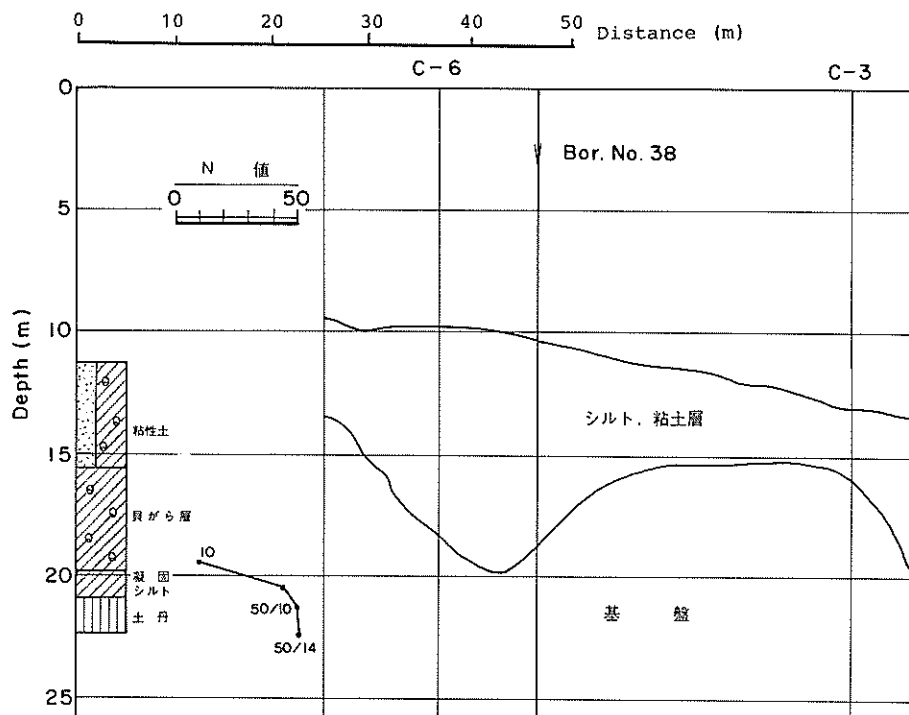


図-25 ボーリング結果との対比図 (C-40)

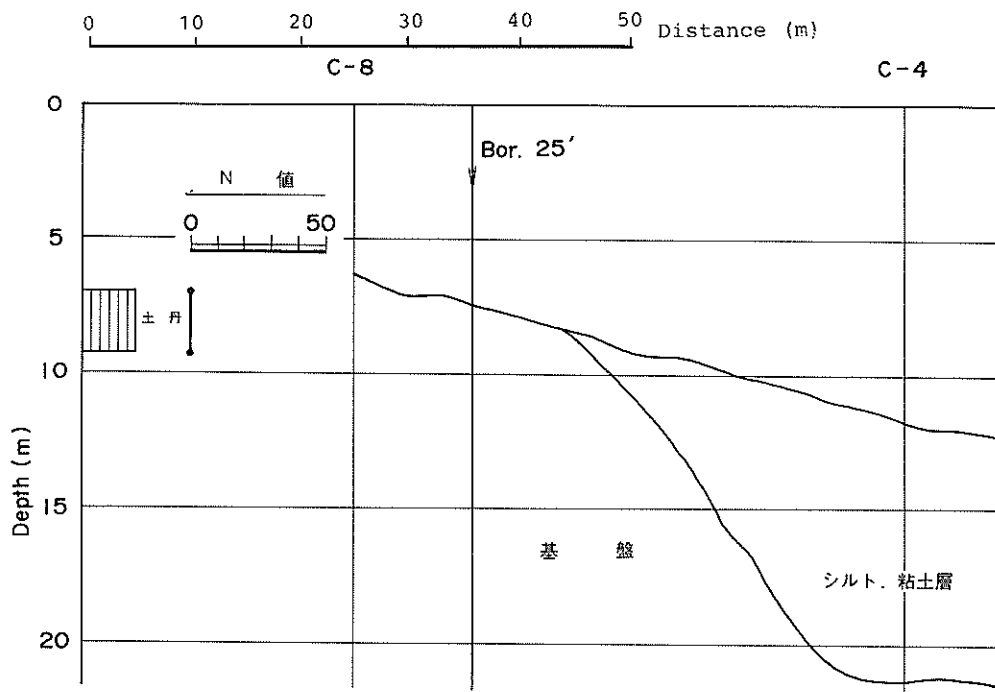


図-26 ボーリング結果との対比図 (C-41)

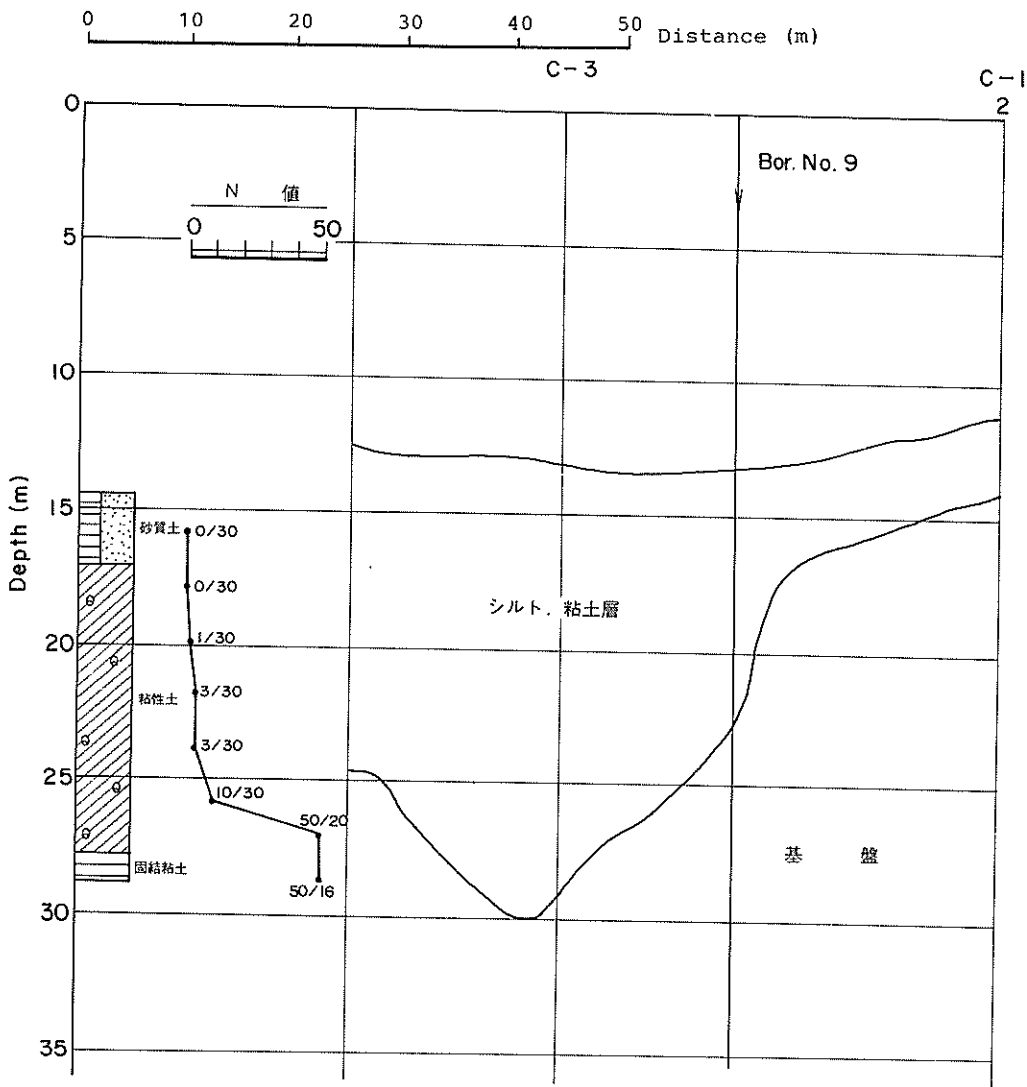


図-27 ボーリング結果との対比図 (C-42)

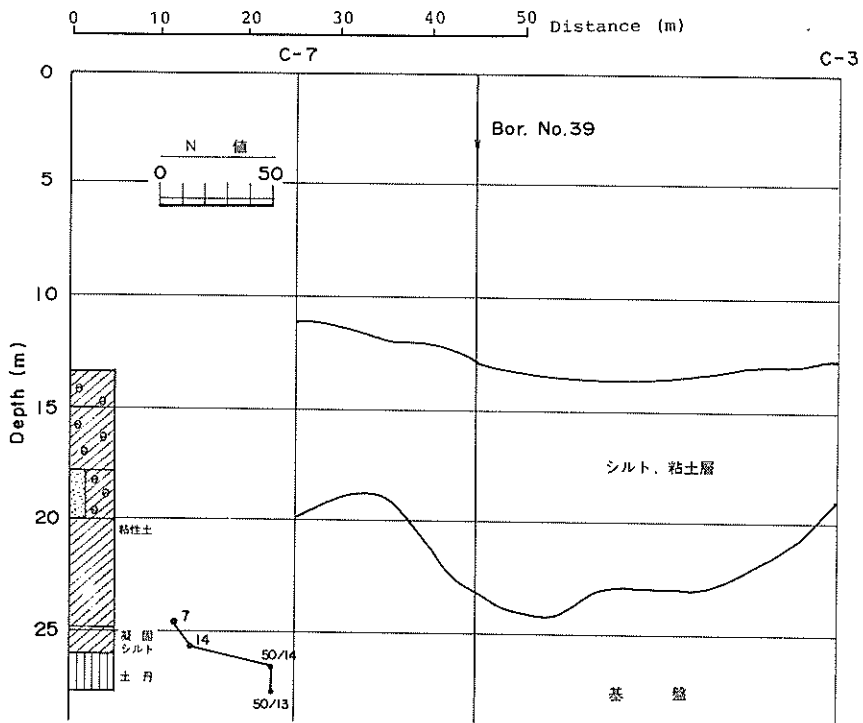


図-28 ボーリング結果との対比図 (C-43)

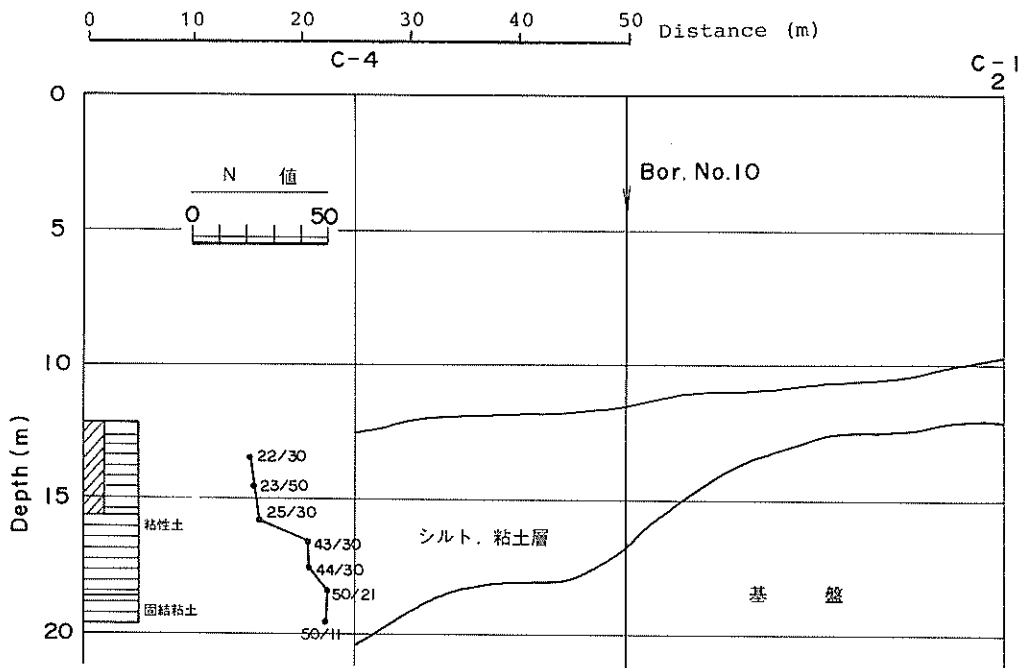


図-29 ボーリング結果との対比図 (C-44)

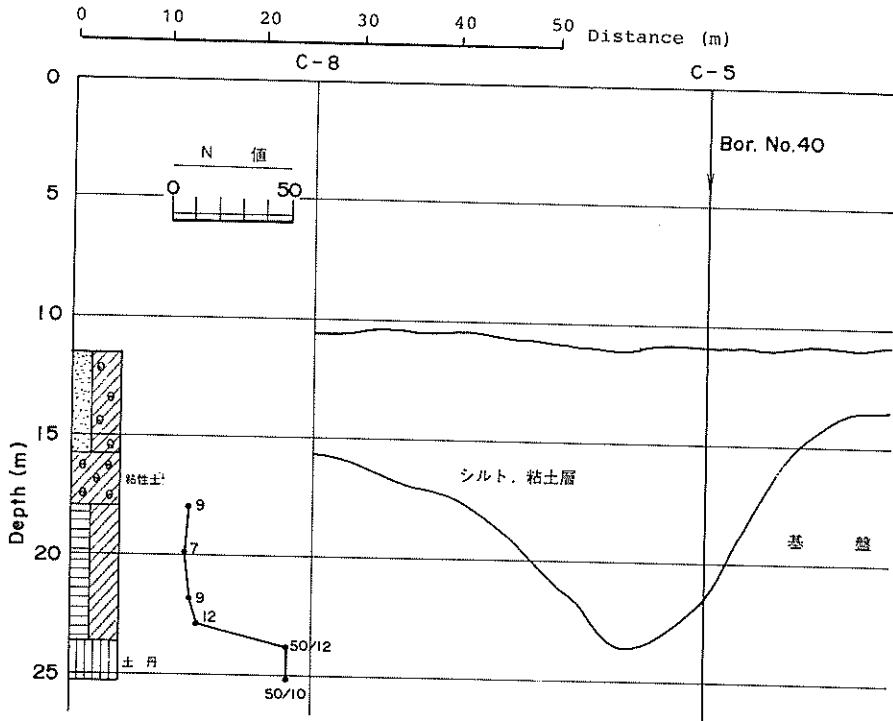


図-30 ボーリング結果との対比図 (C-45)

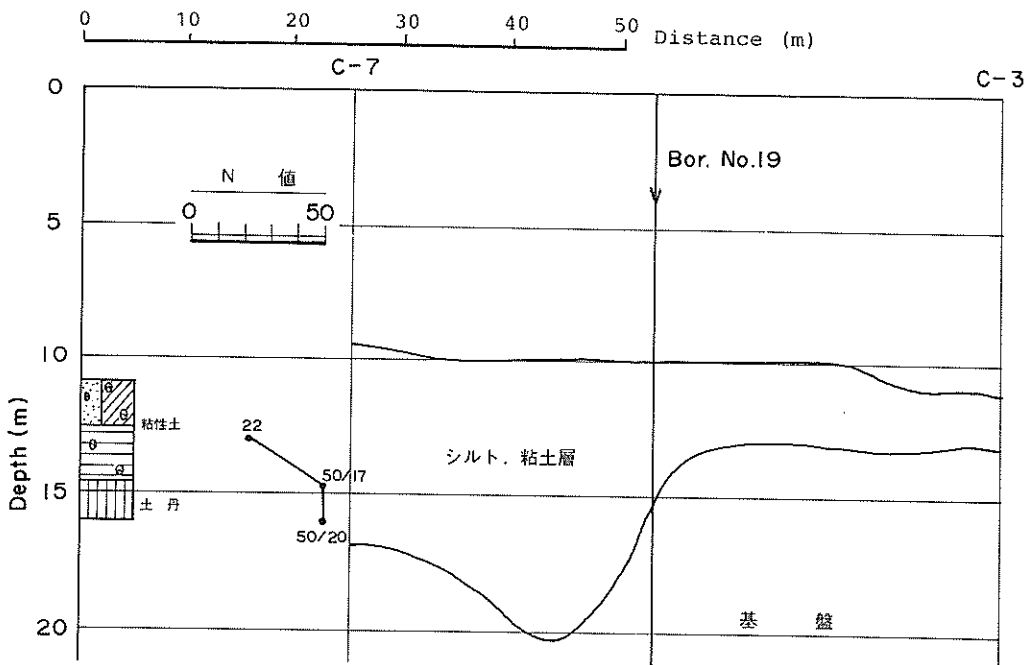


図-31 ボーリング結果との対比図 (C-47)

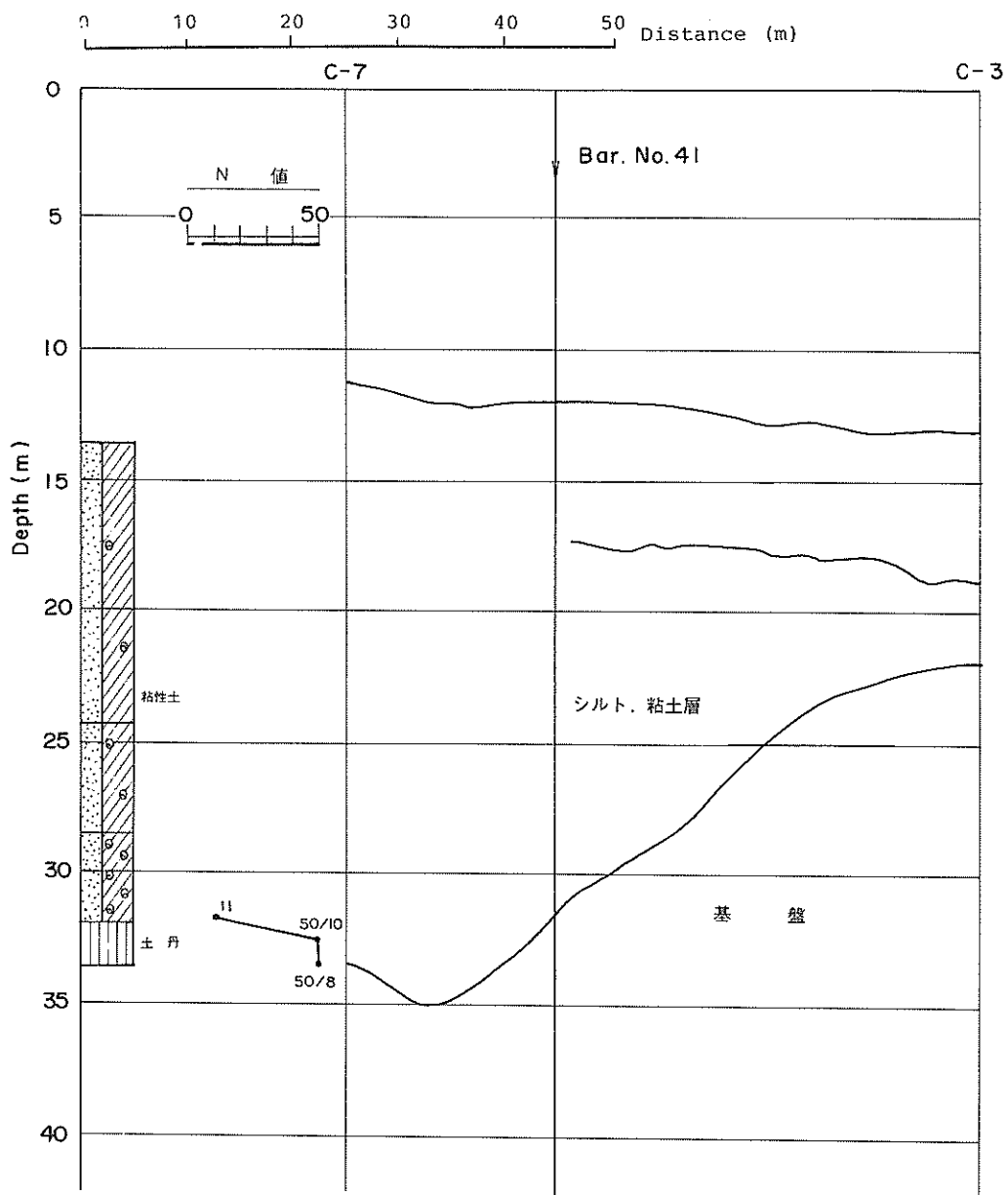


図-32 ボーリング結果との対比図 (C-48)

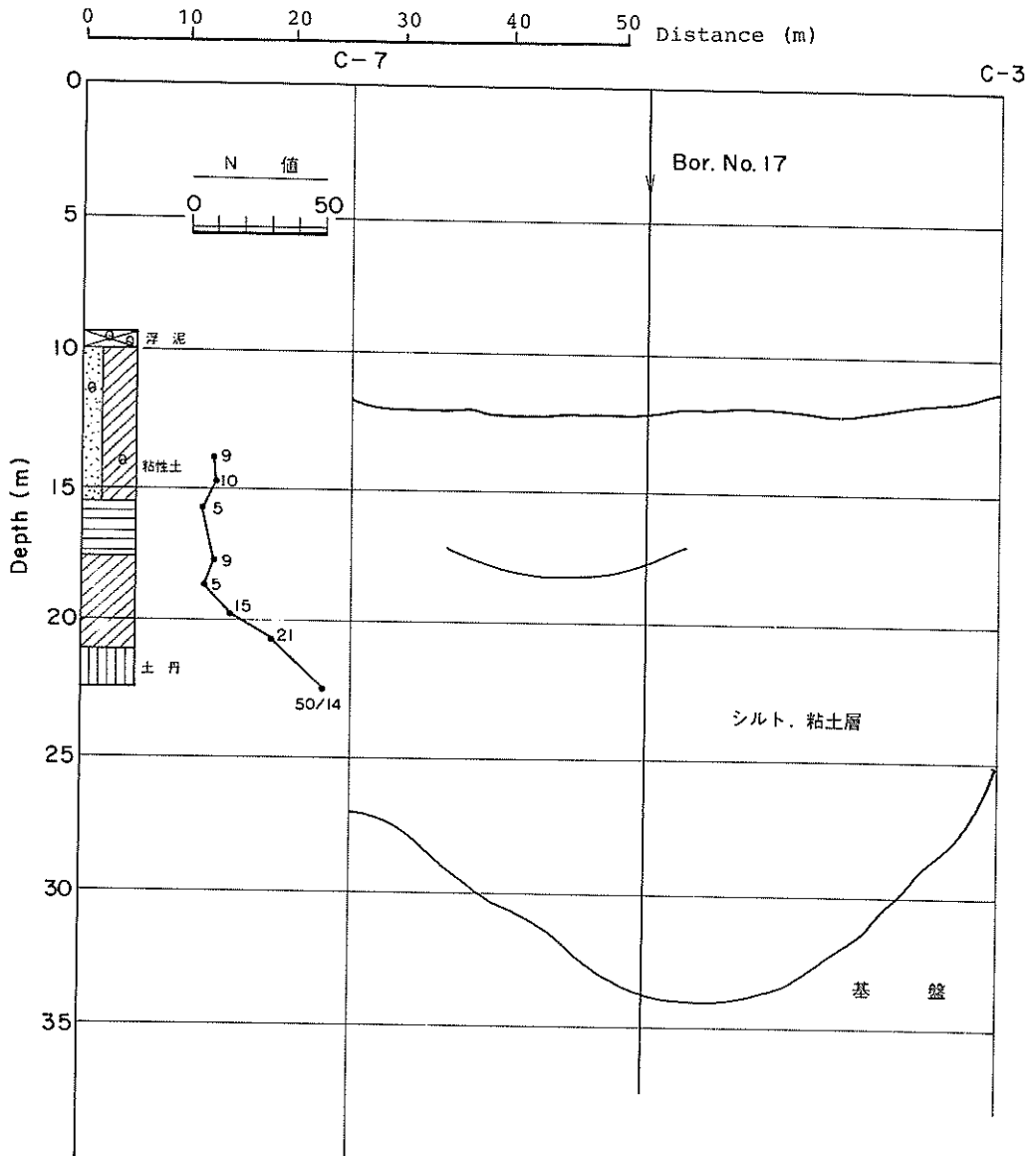


図-33 ボーリング結果との対比図 (C-49)

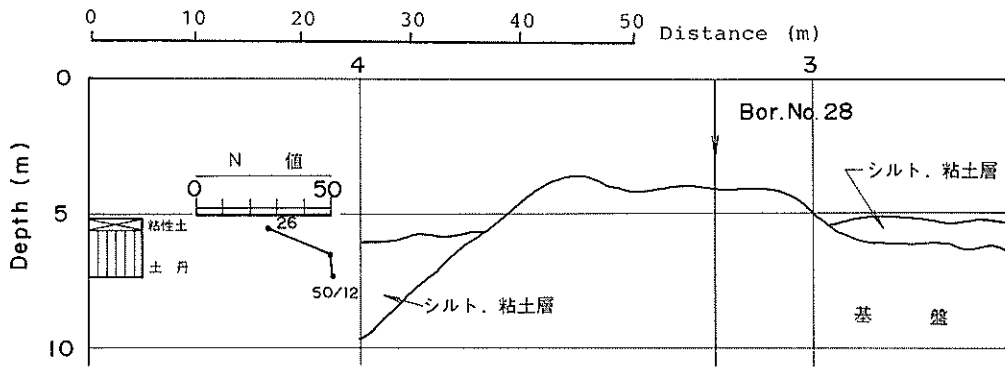


図-34 ボーリング結果との対比図 (C-11)

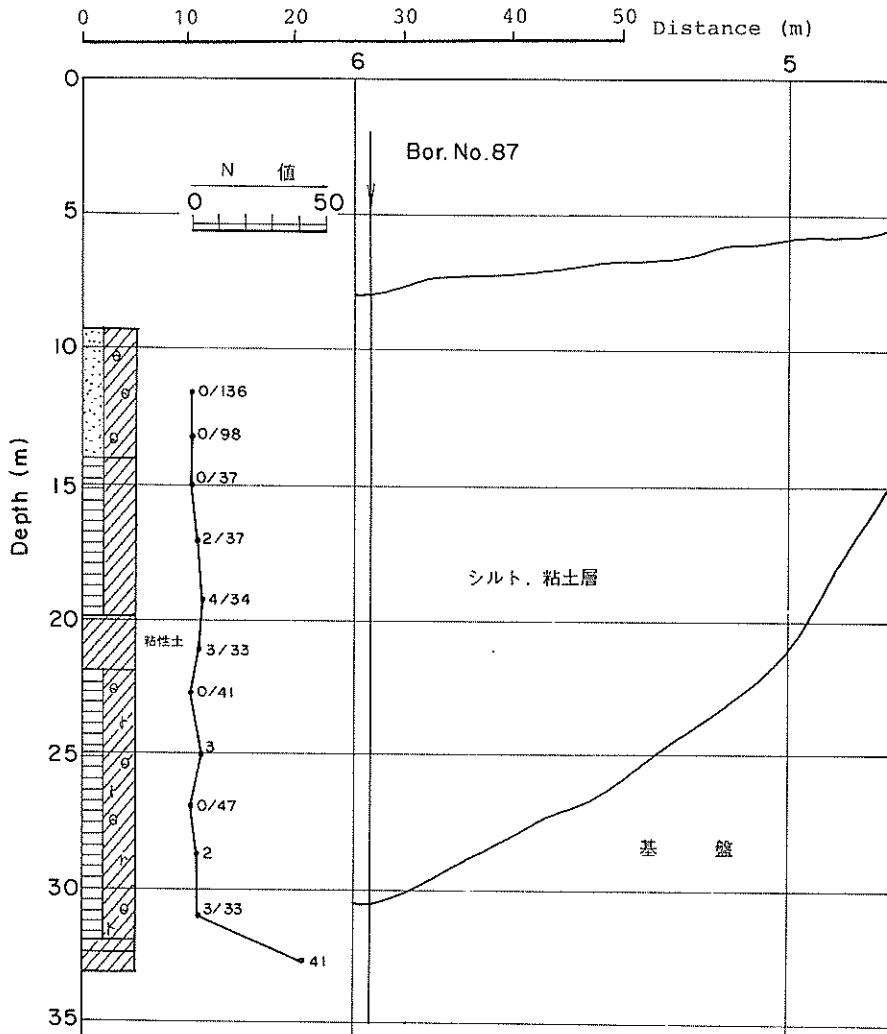


図-35 ボーリング結果との対比図 (C-13)

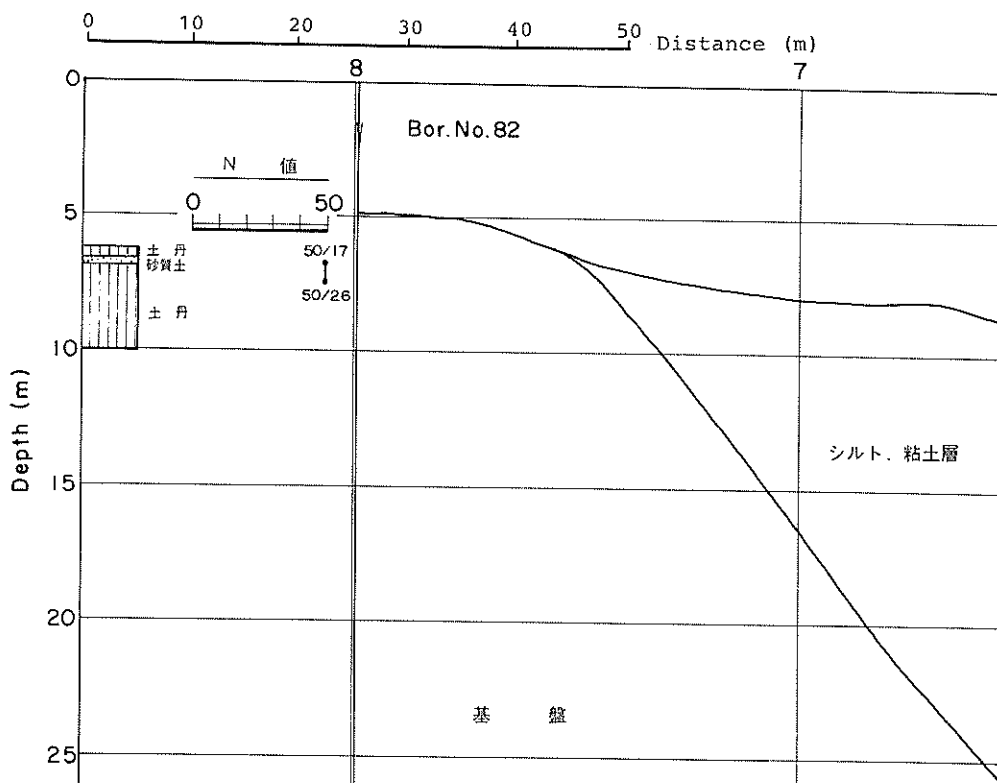


図-36 ボーリング結果との対比図 (C-13)

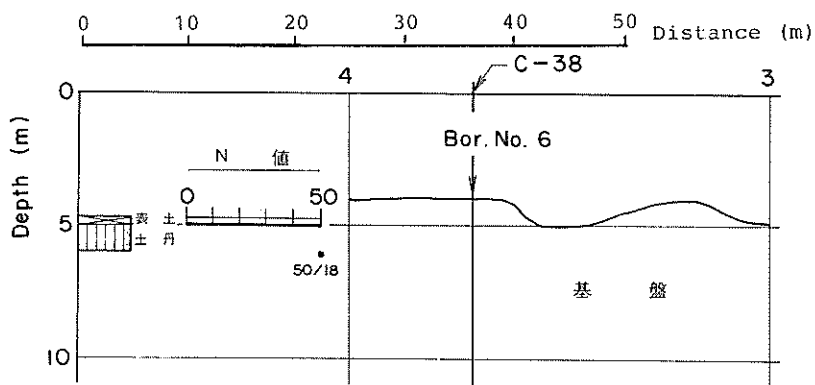


図-37 ボーリング結果との対比図 (C-15)



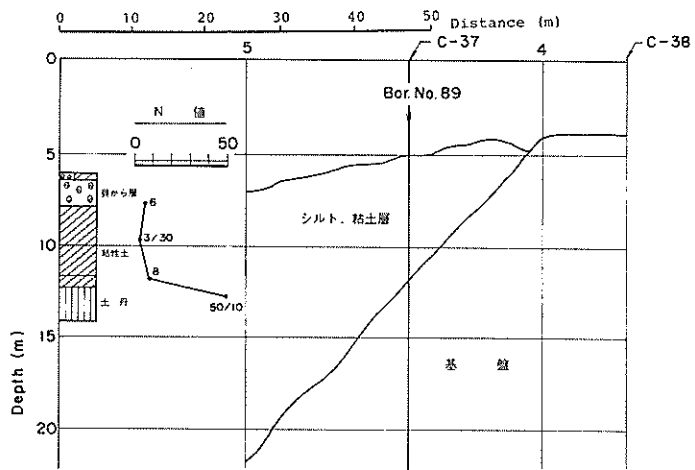


図-38 ボーリング結果との対比図 (C-15)

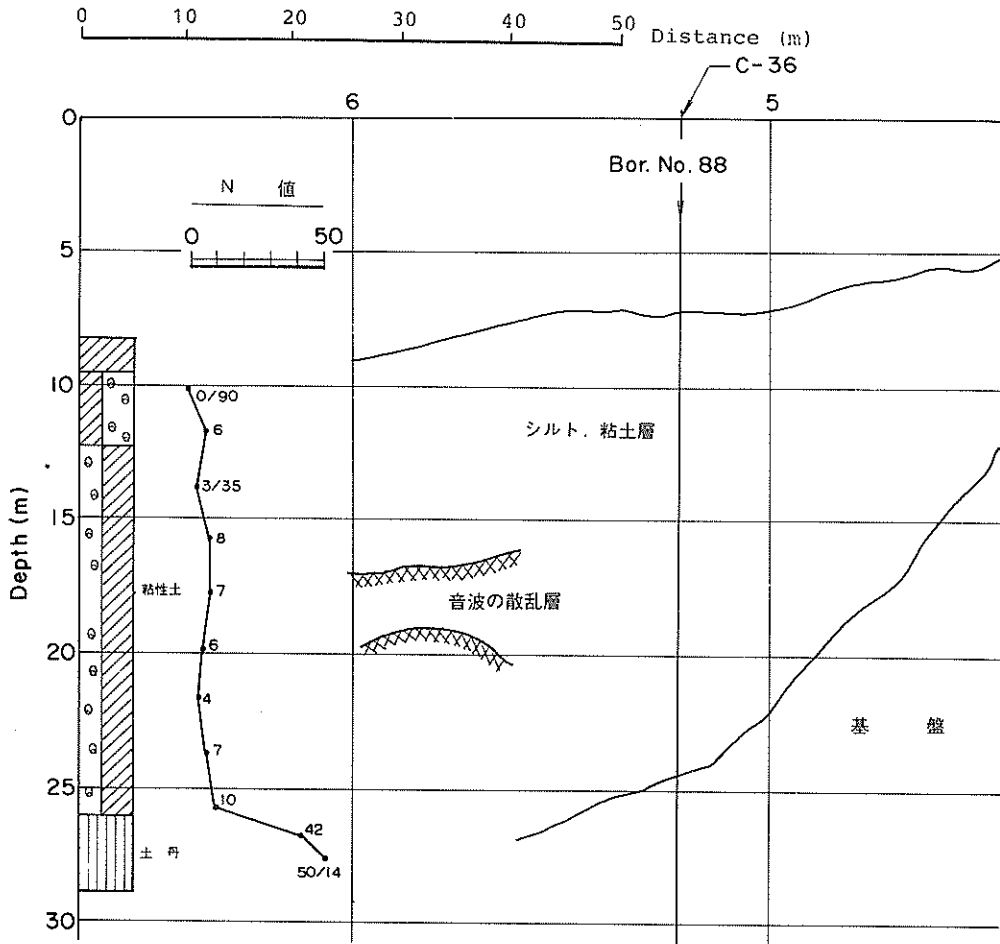


図-39 ボーリング結果との対比図 (C-15)

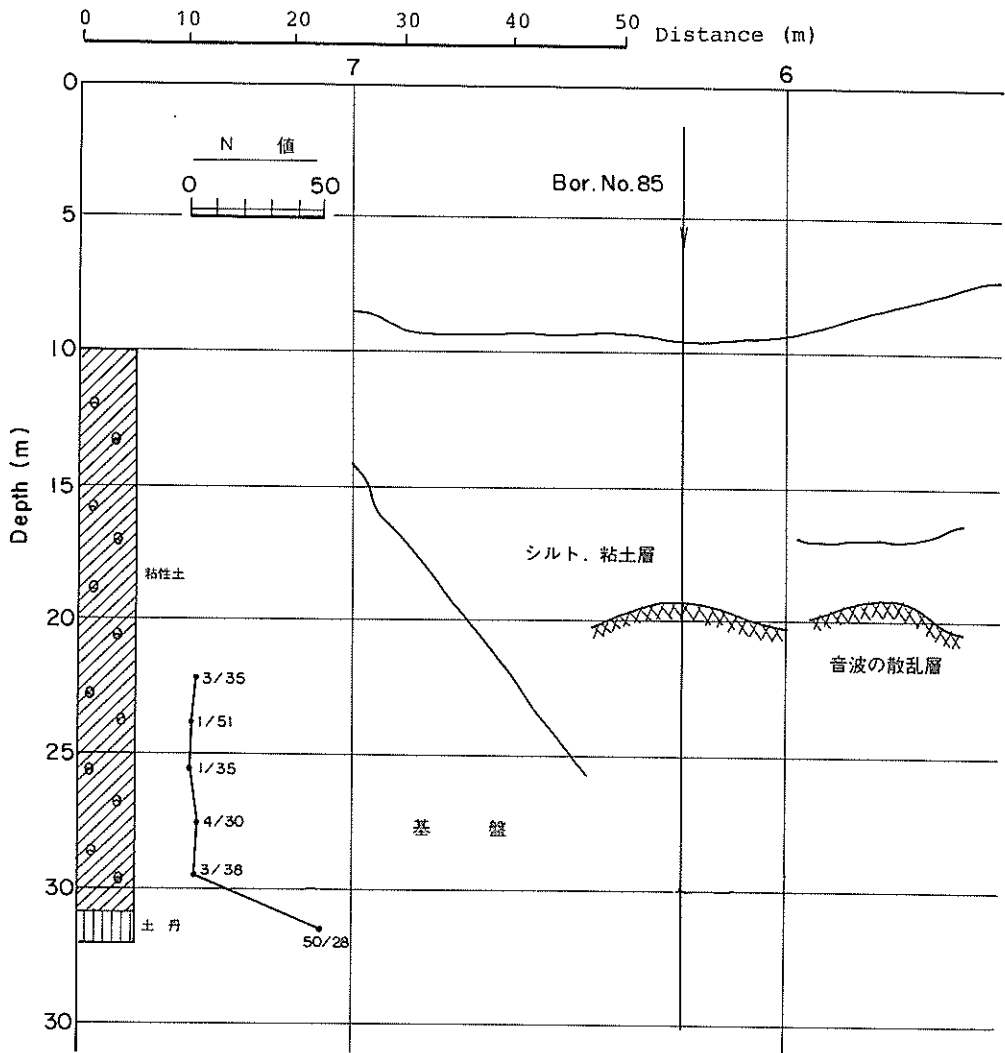


図-40 ボーリング結果との対比図 (C-15)

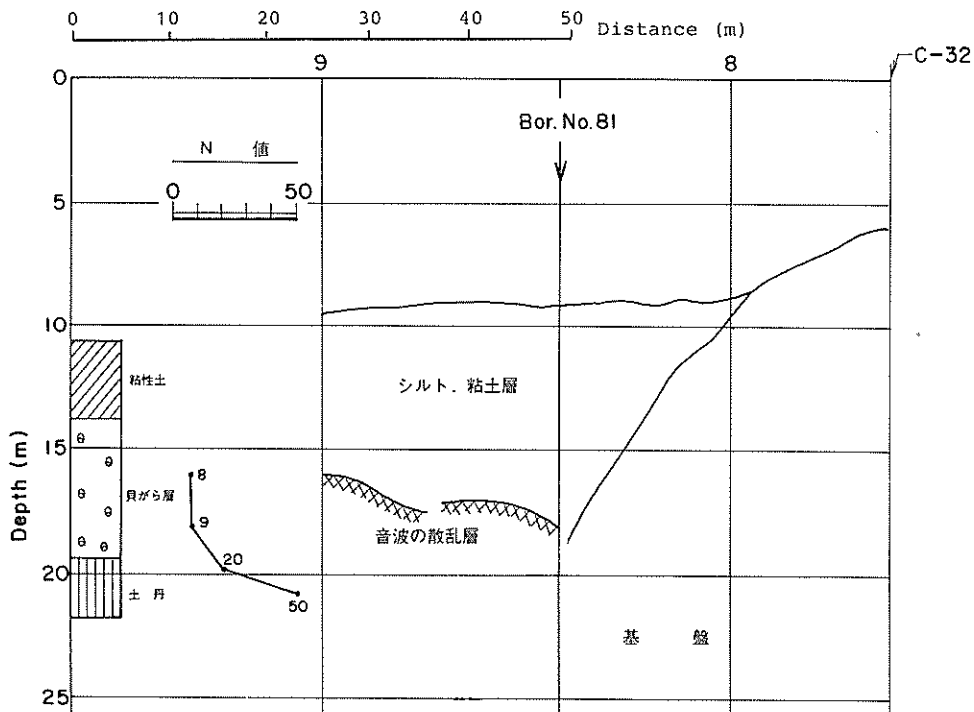


図-41 ボーリング結果との対比図 (C-15)

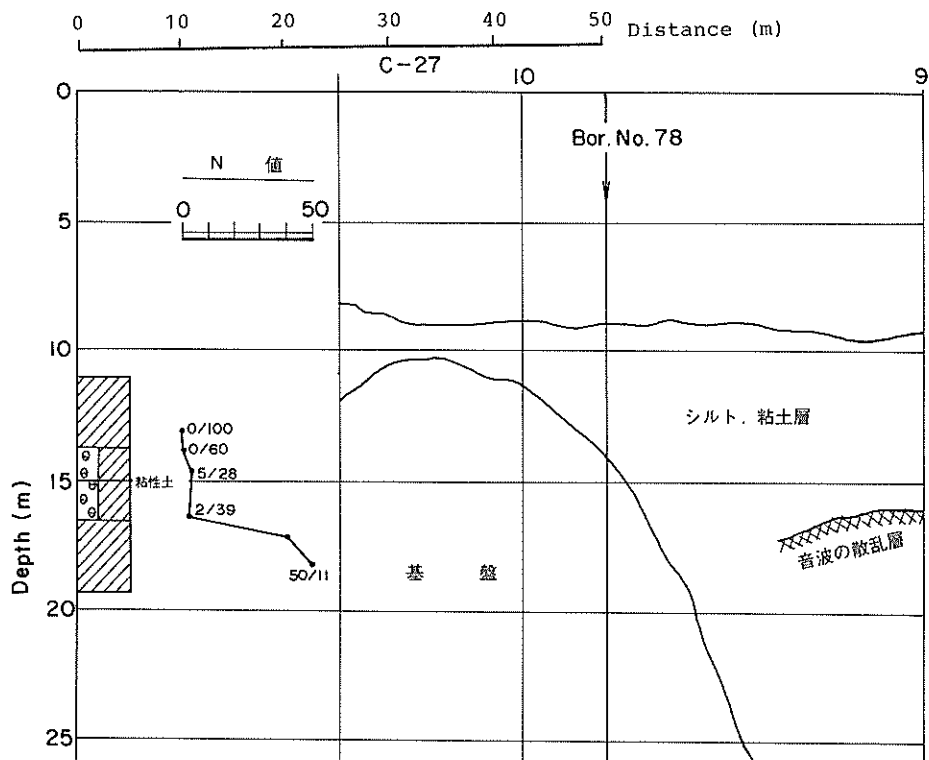


図-42 ボーリング結果との対比図 (C-15)

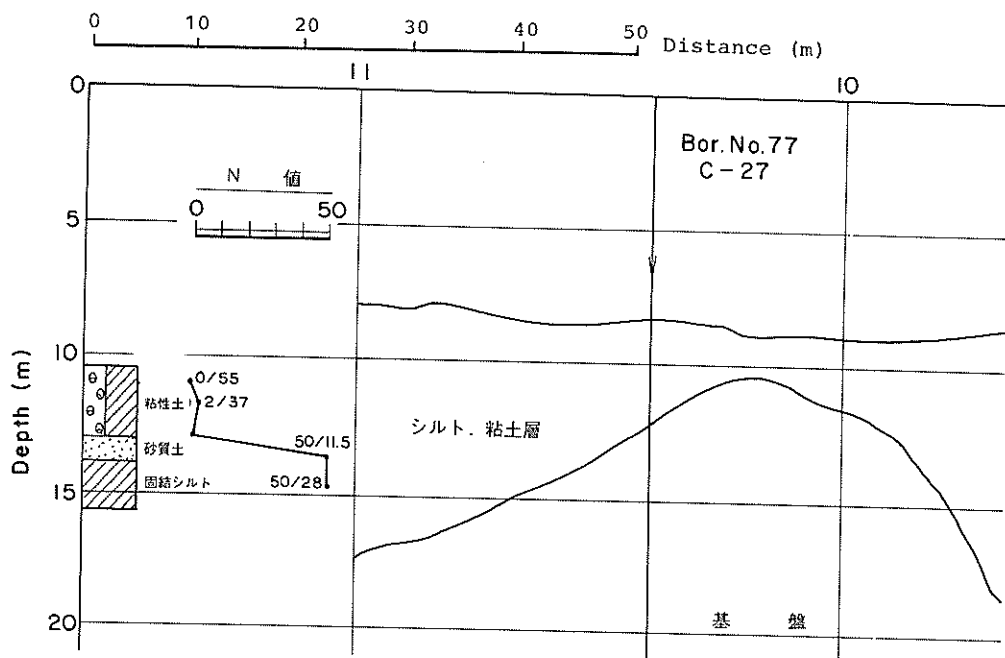


図-43 ボーリング結果との対比図 (C-15)

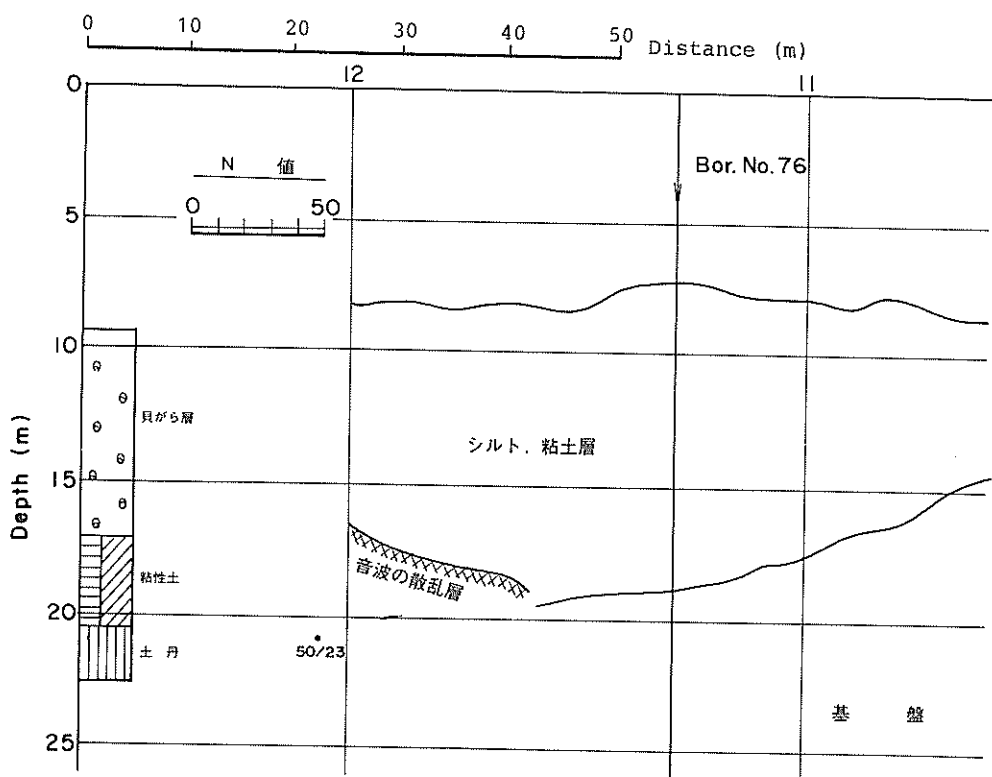


図-44 ボーリング結果との対比図 (C-15)

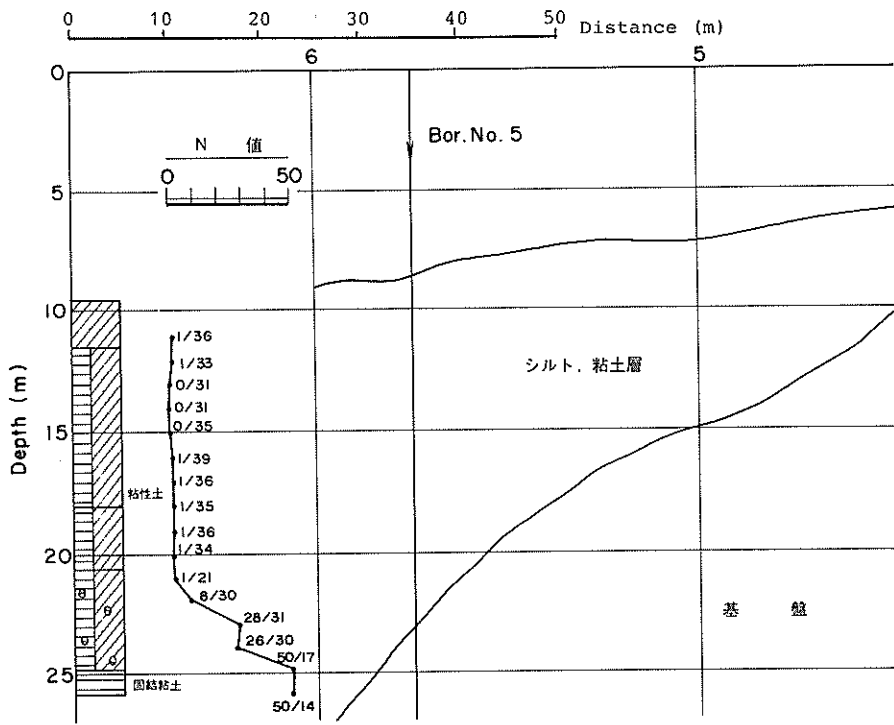


図-45 ボーリング結果との対比図(C-16)

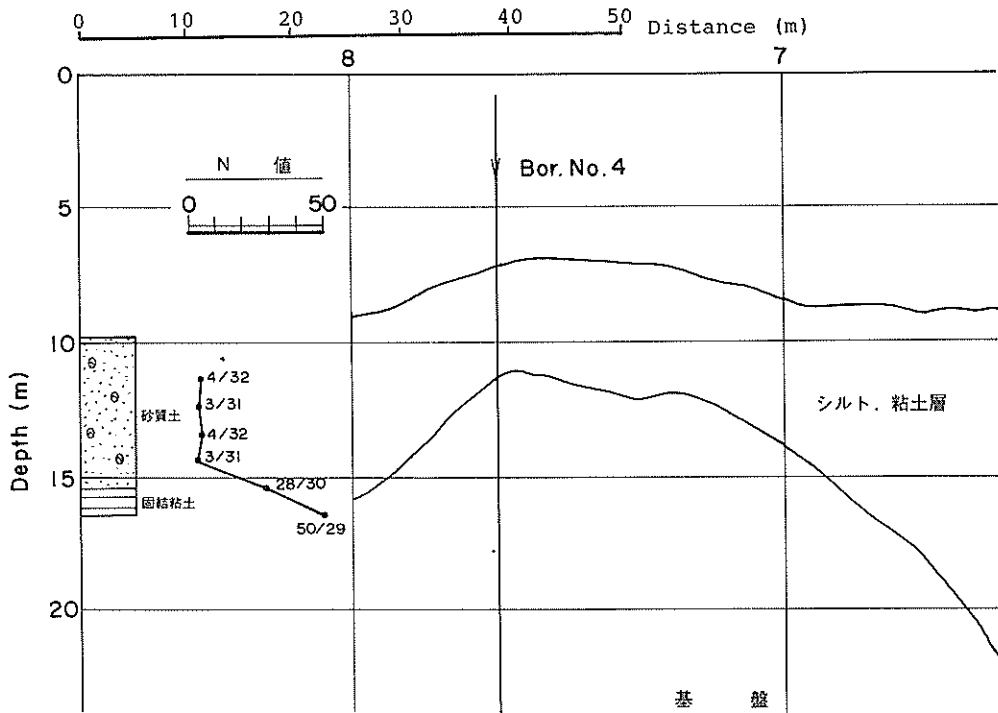


図-46 ボーリング結果との対比図(C-16)

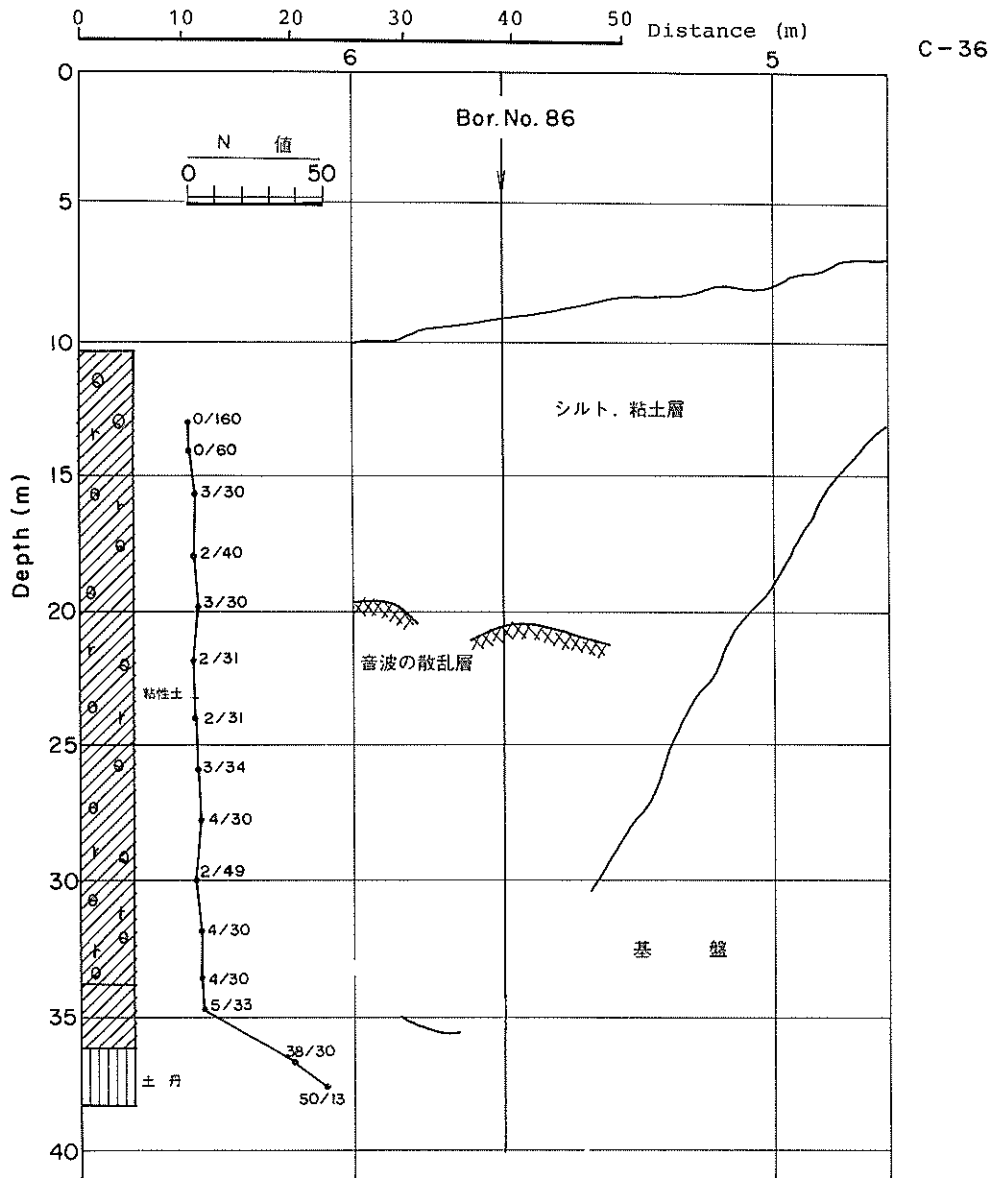


図-47 ボーリング結果との対比図 (C-17)

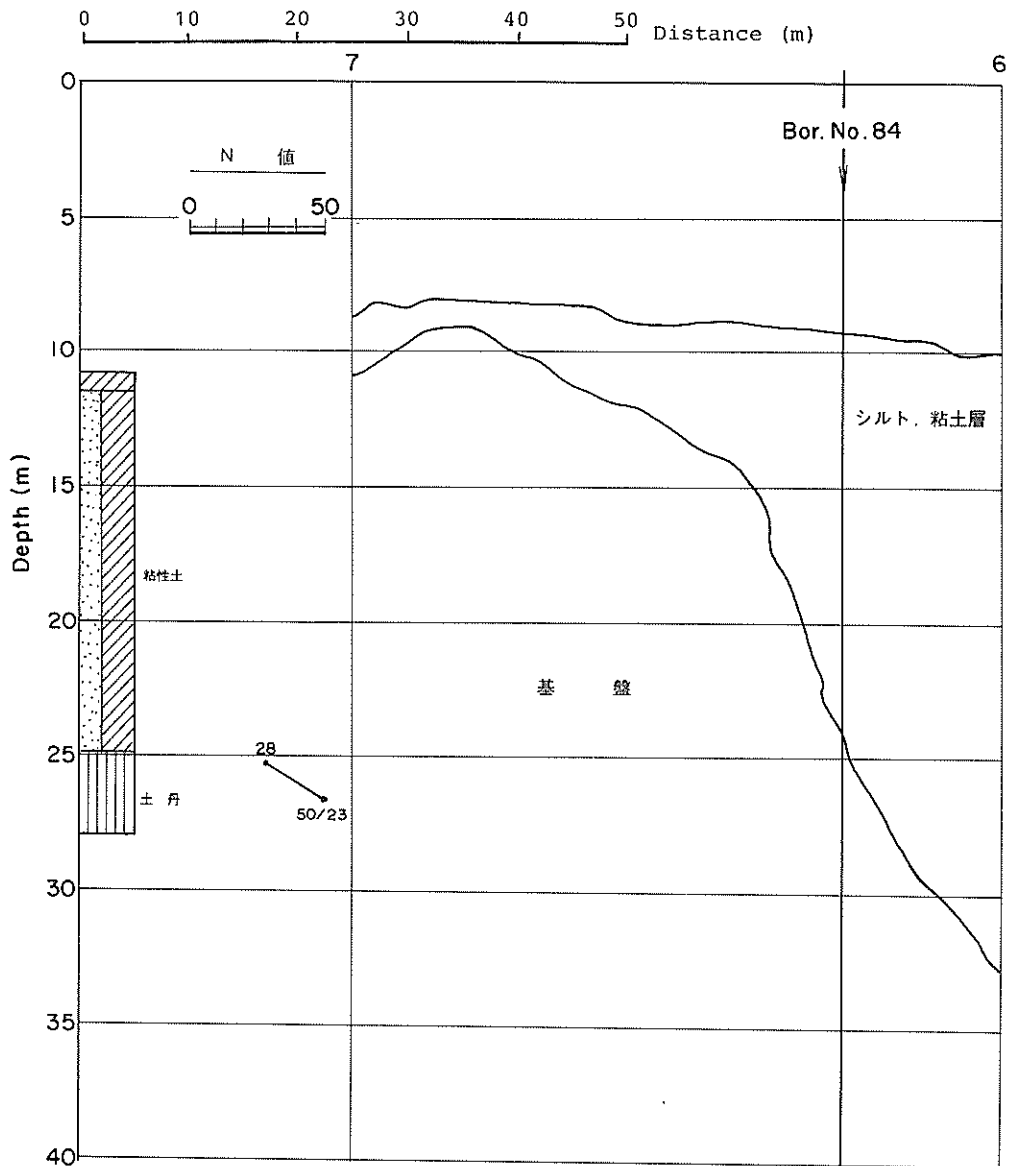


図-48 ボーリング結果との対比図(C-17)

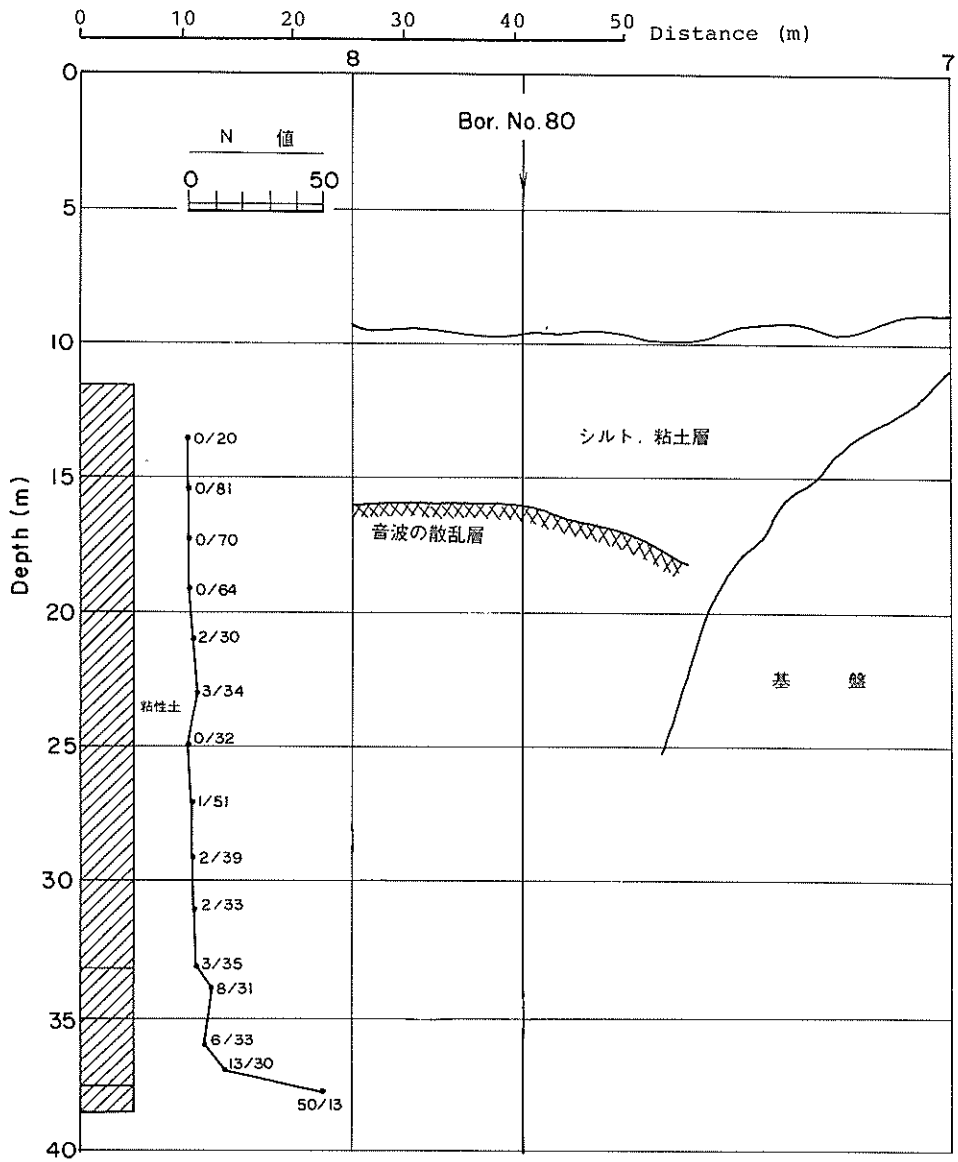


図-49 ボーリング結果との対比図 (C-17)



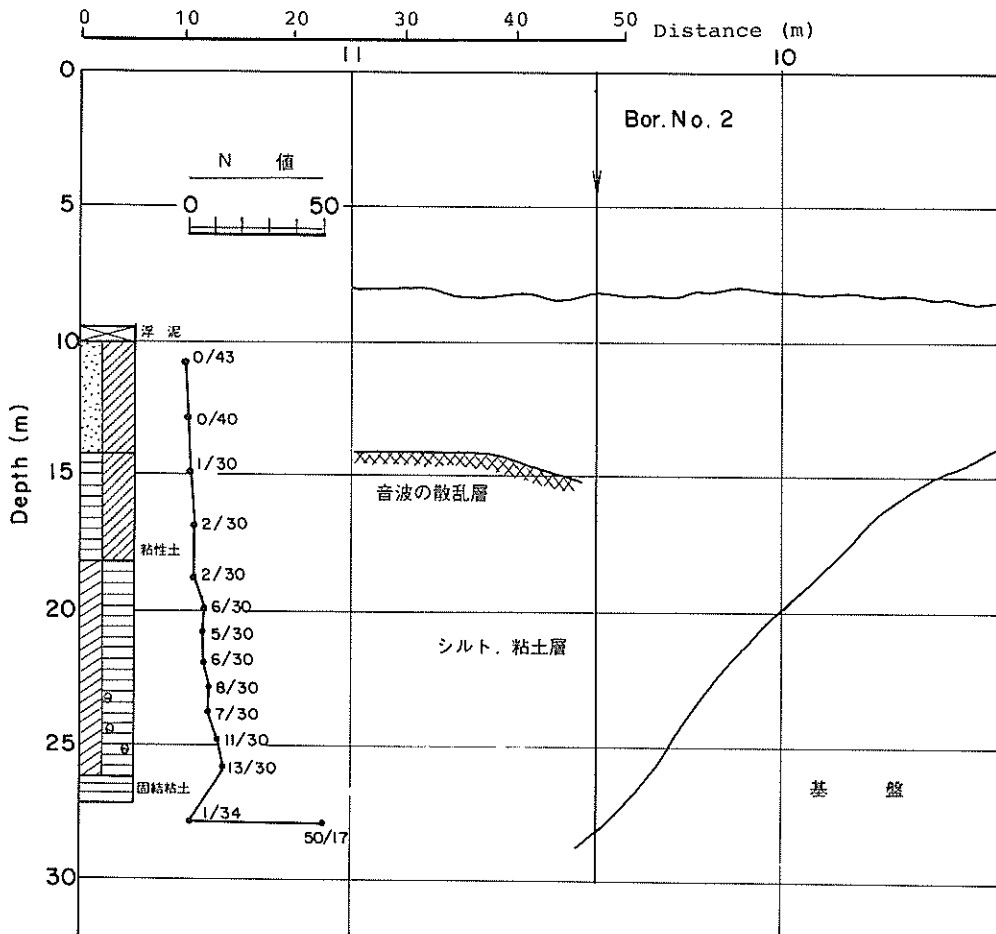


図-50 ボーリング結果との対比図(C-17)

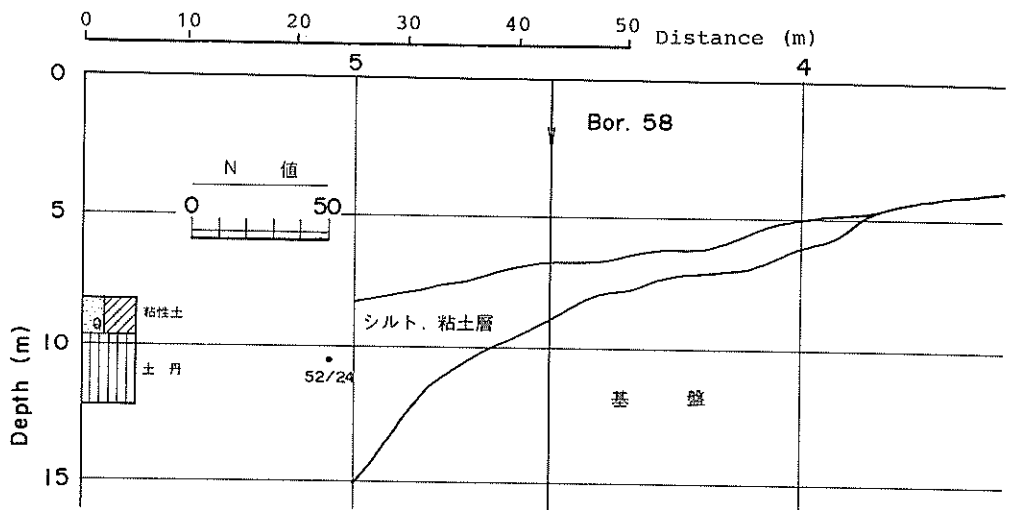


図-51 ボーリング結果との対比図(C-18)

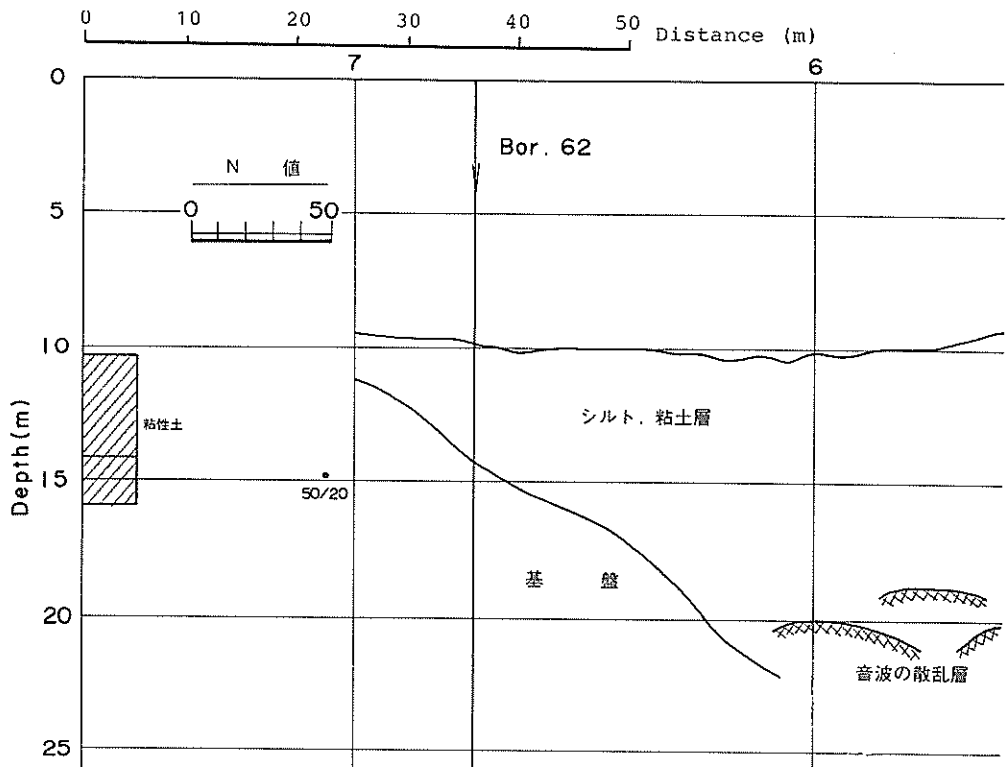


図-52 ボーリング結果との対比図(C-18)

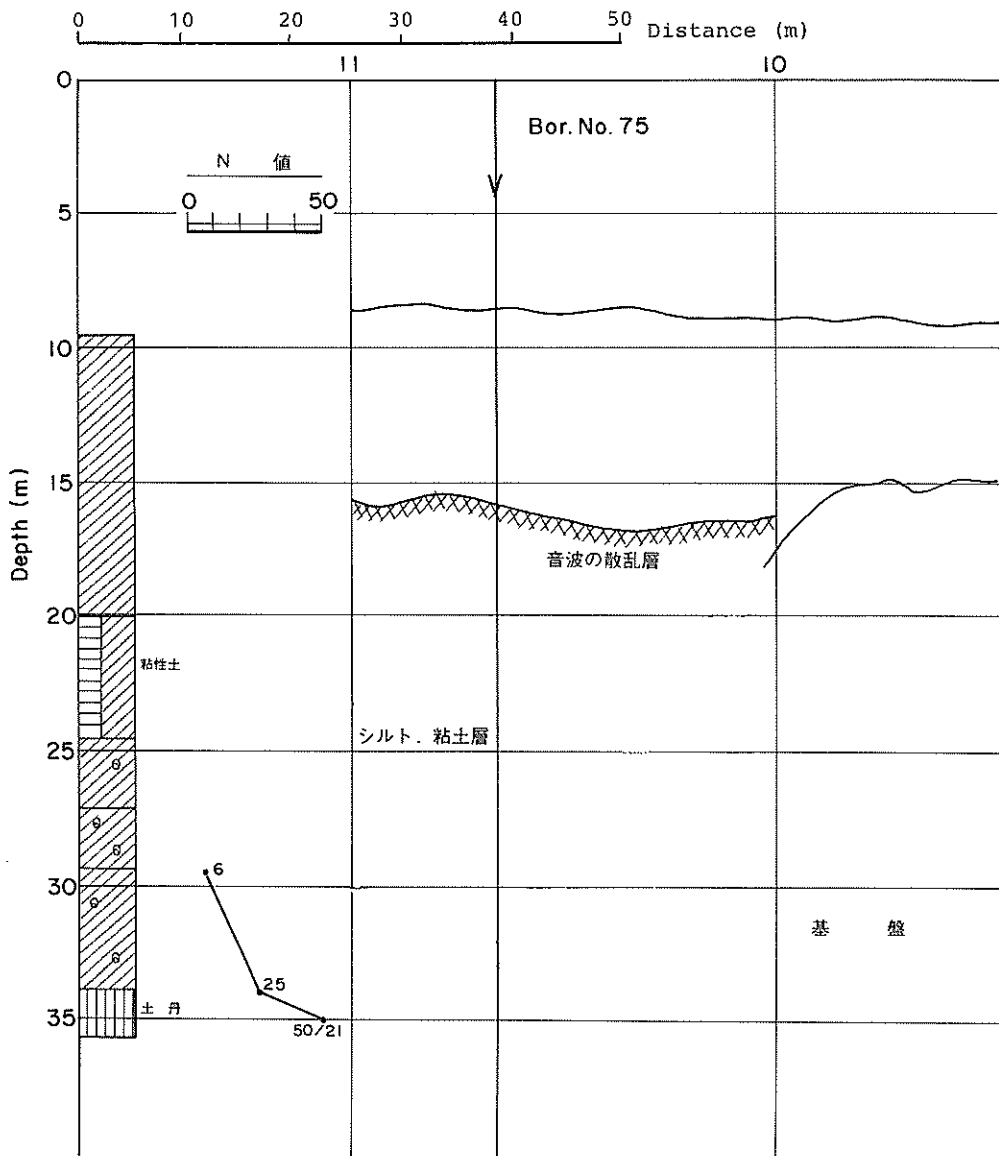


図-53 ボーリング結果との対比図 ( C-18 )

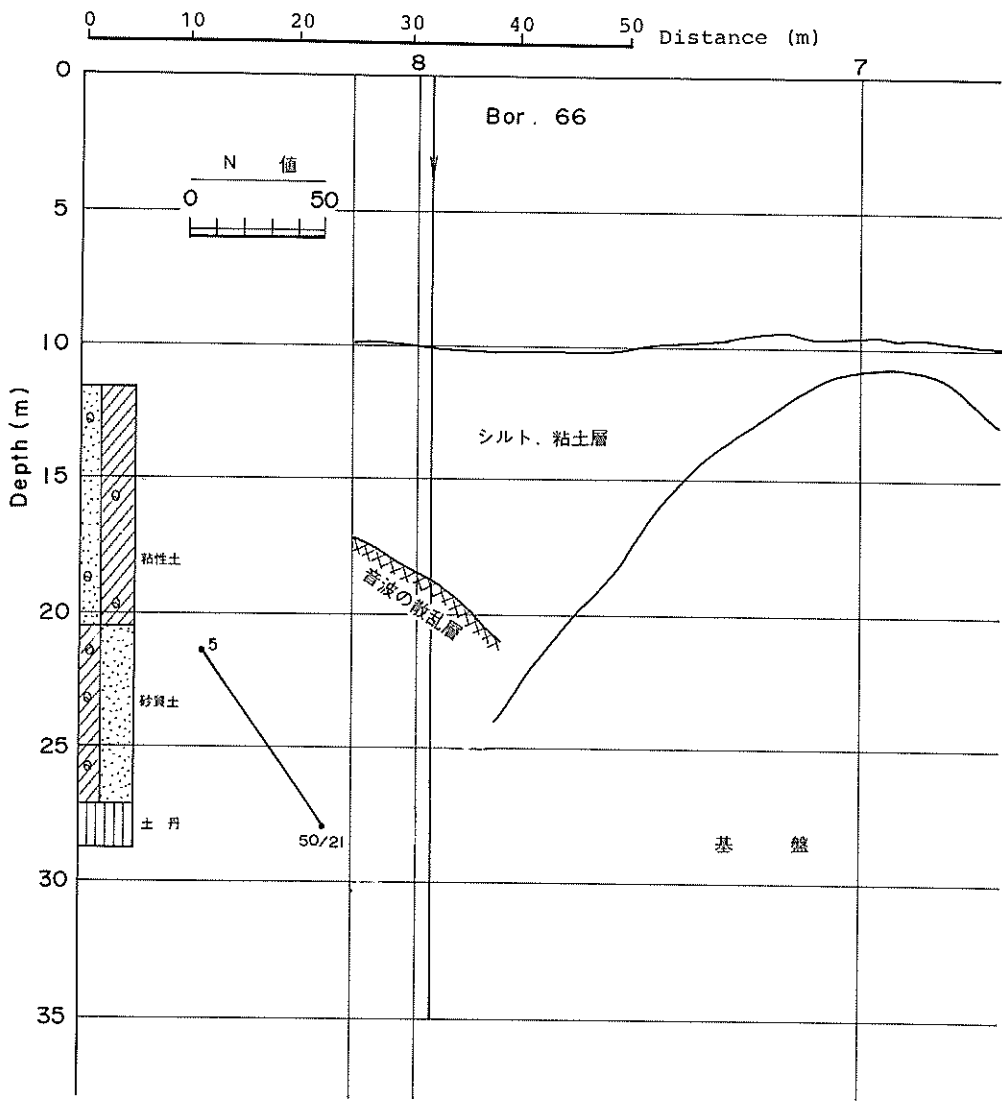


図-54 ボーリング結果との対比図 (C-19)

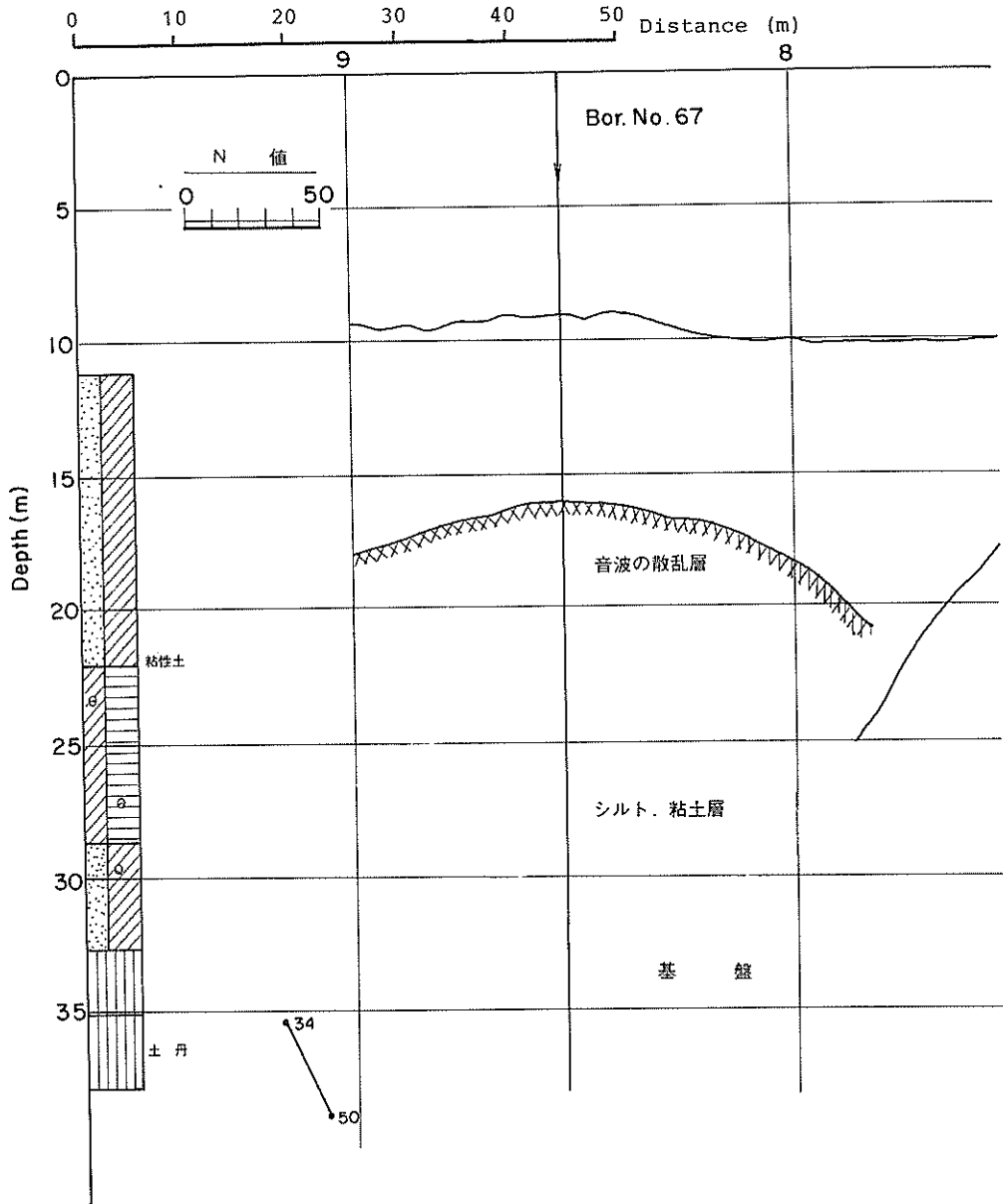


図-55 ボーリング結果との対比図 (C-19)

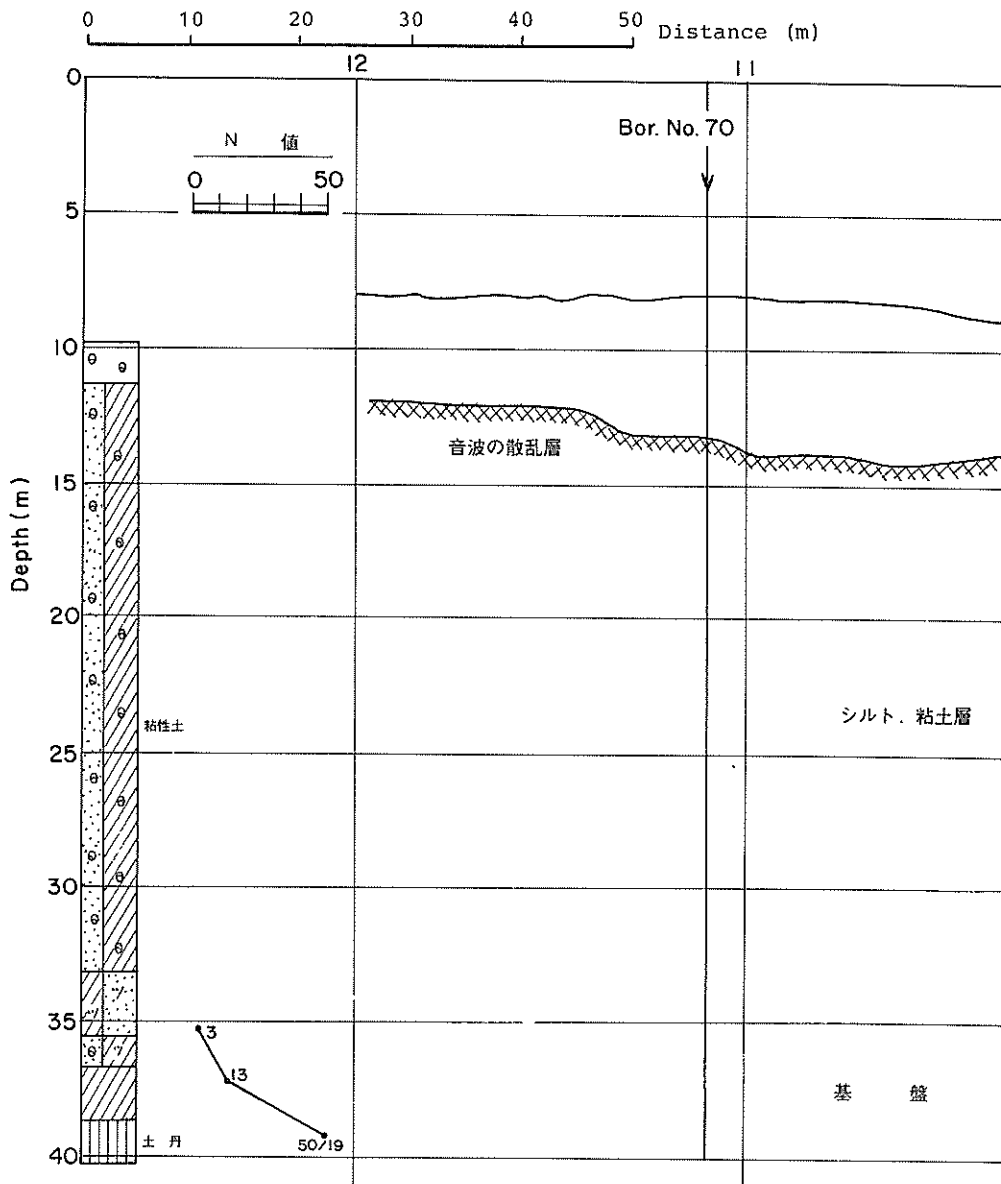


図-56 ボーリング結果との対比図 (C-19)

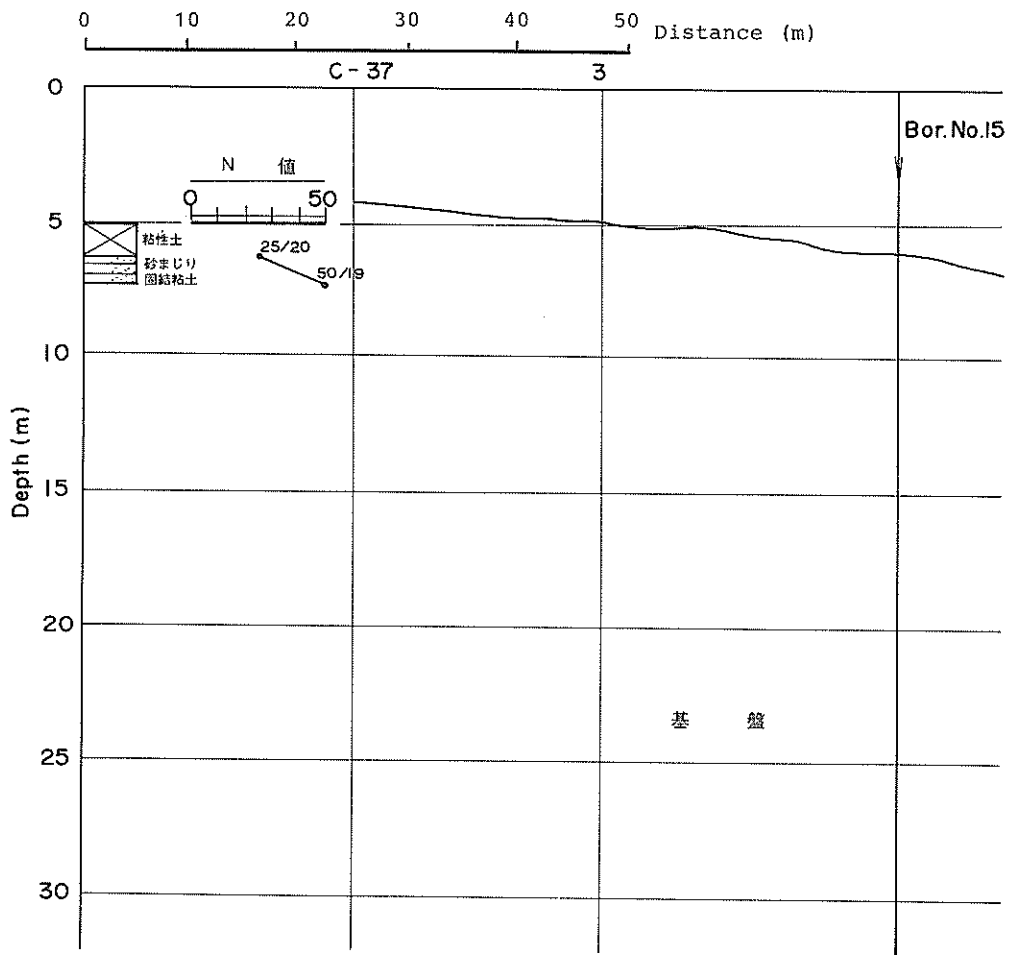


図-57 ボーリング結果との対比図(C-20)

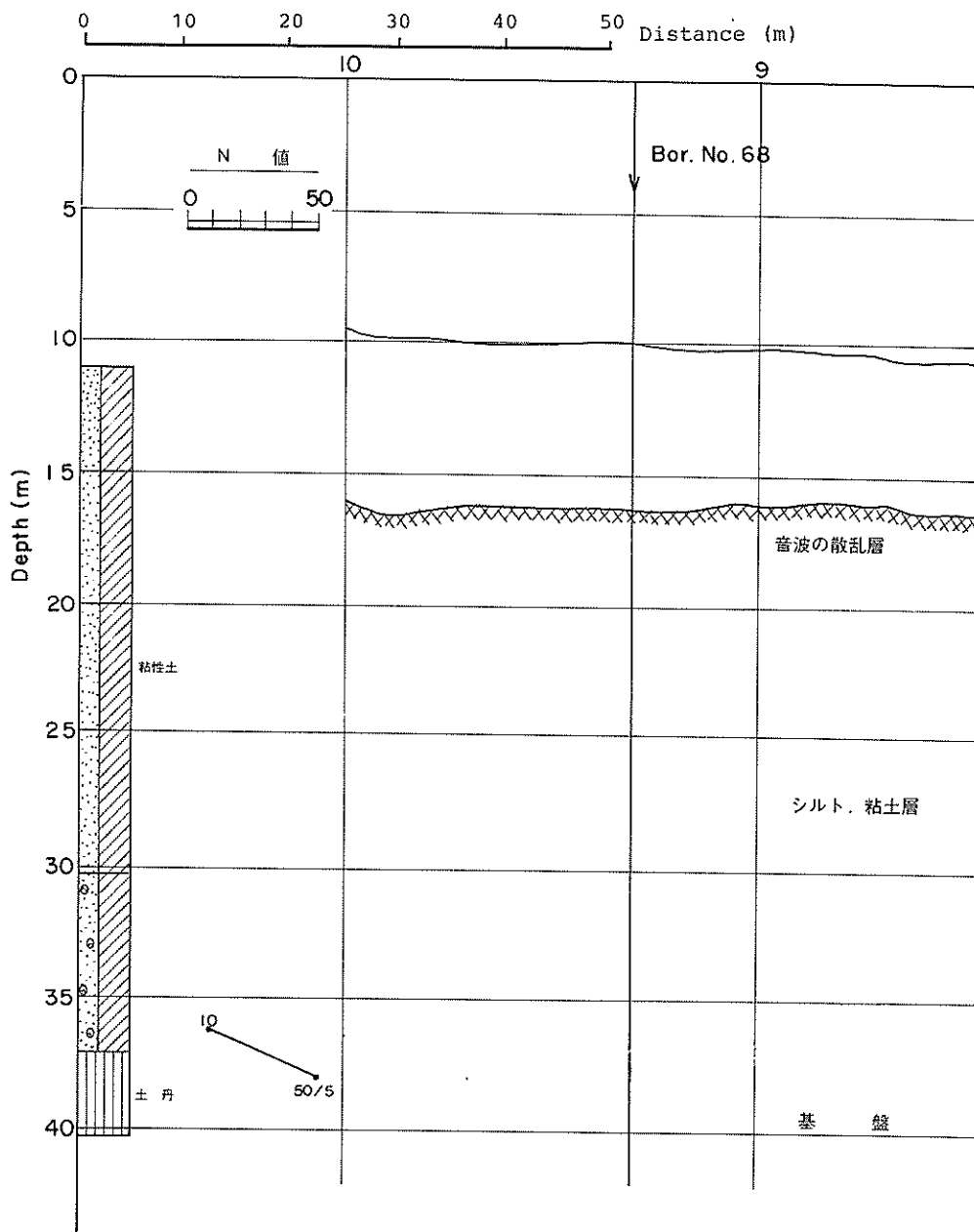


図-58 ボーリング結果との対比図 (C-20)



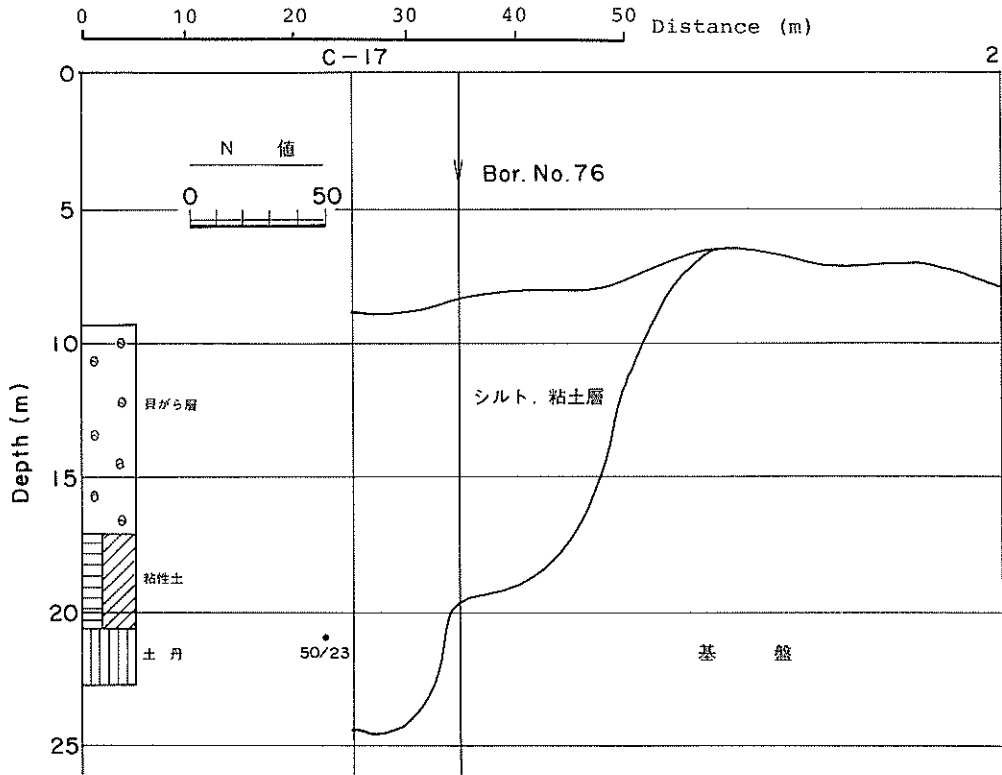


図-59 ボーリング結果との対比図 (C-26)

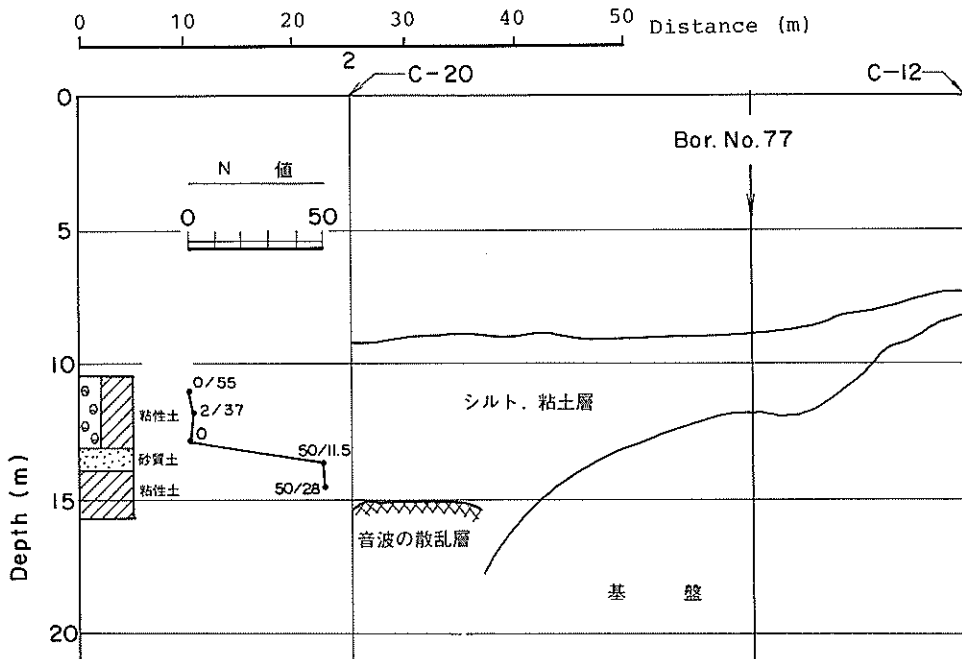


図-60 ボーリング結果との対比図 (C-27)

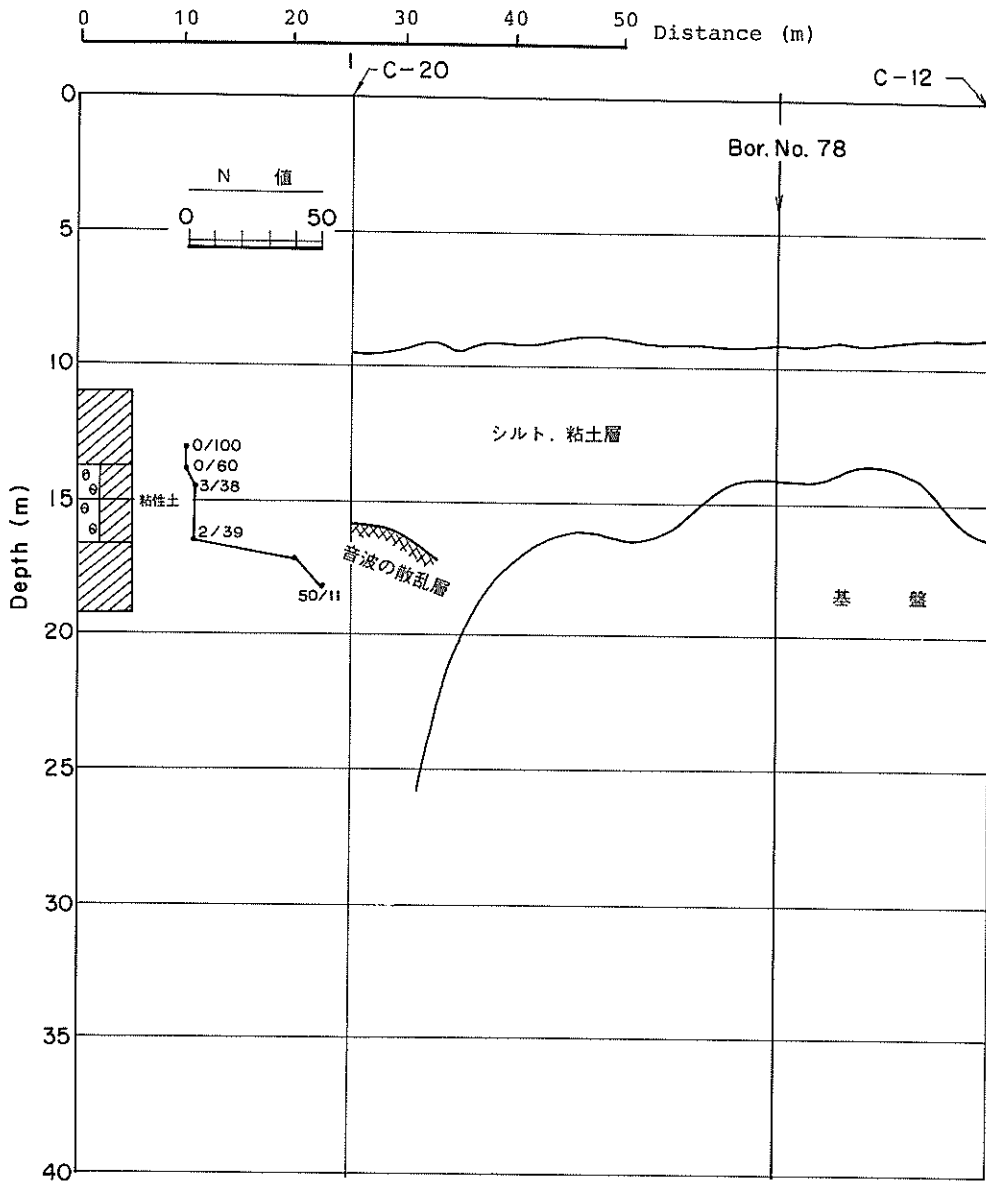


図-61 ボーリング結果との対比図 (C-28)

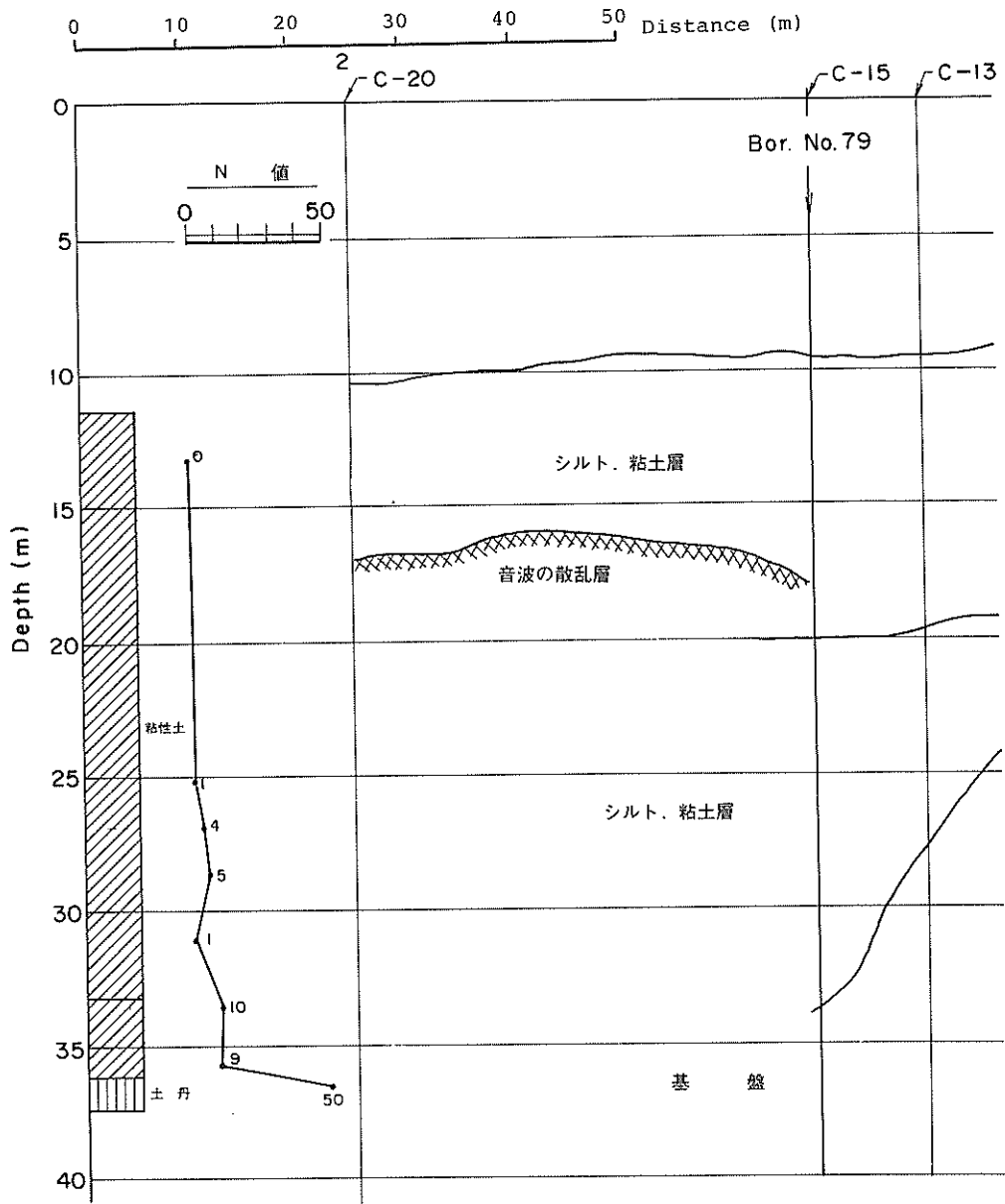


図-62 ボーリング結果との対比図 (C-29)

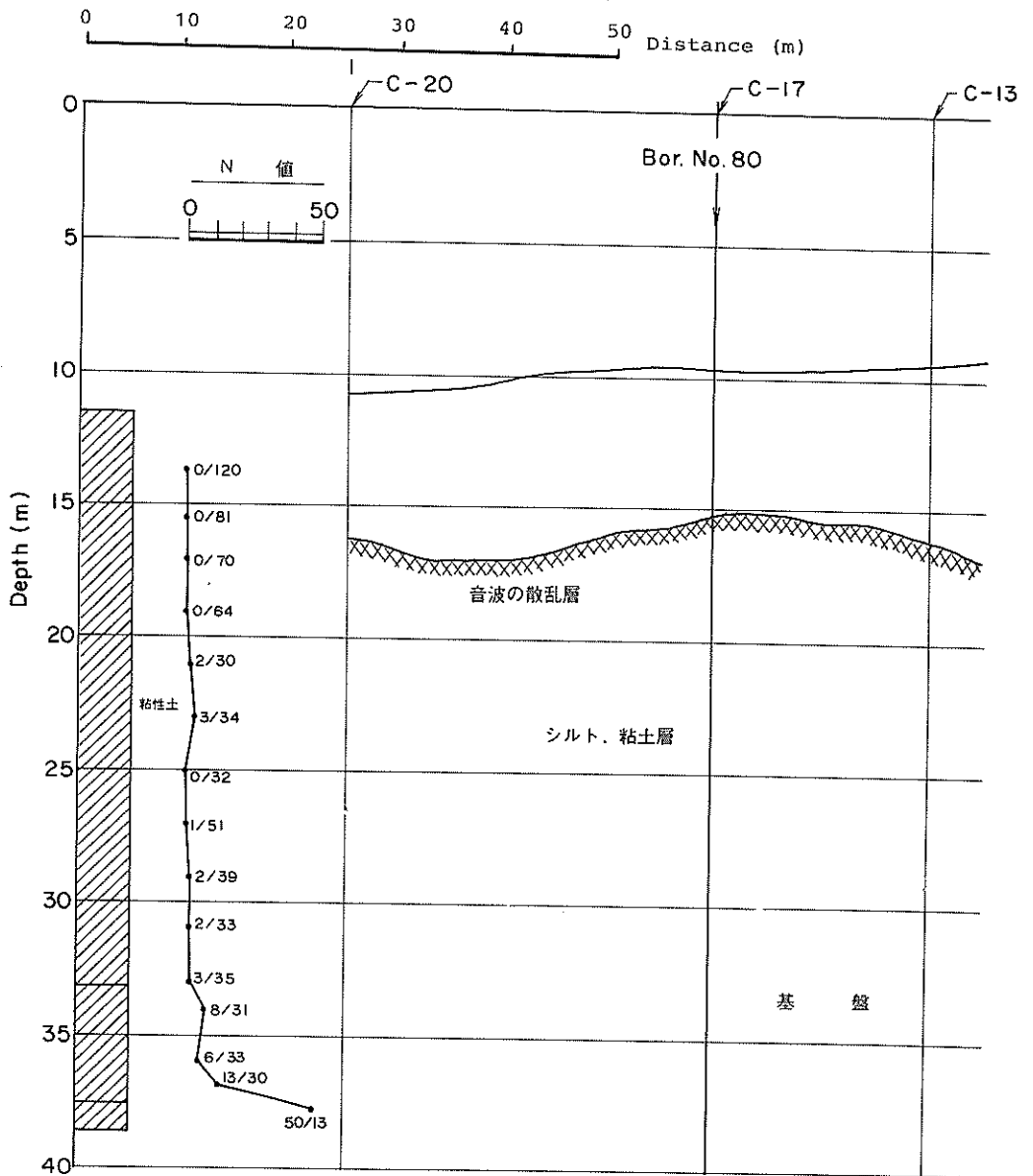


図-63 ボーリング結果との対比図(C-30)

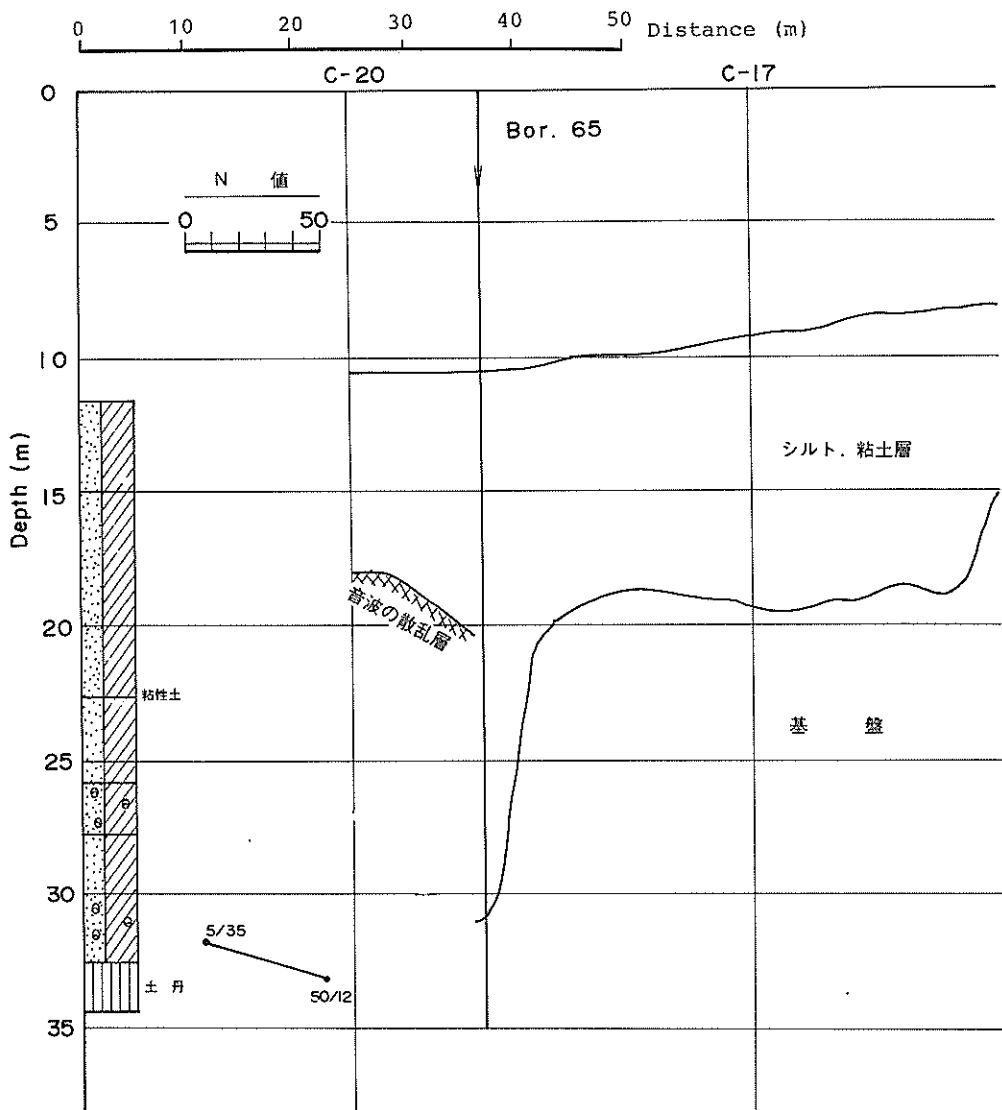


図-64 ボーリング結果との対比図 (C-31)

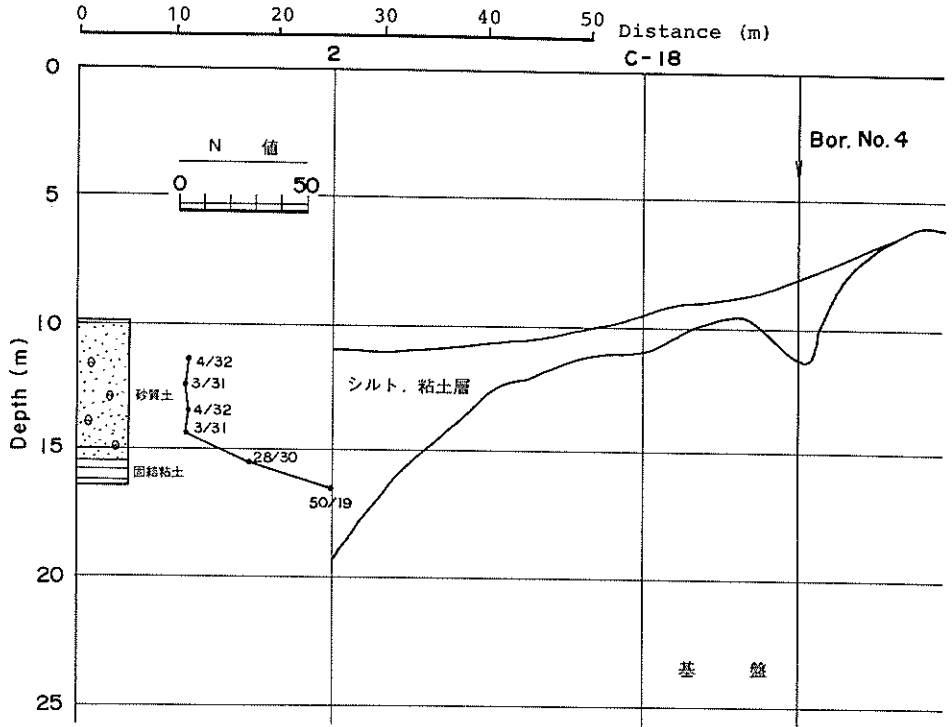


図-65 ボーリング結果との対比図 (C-32)

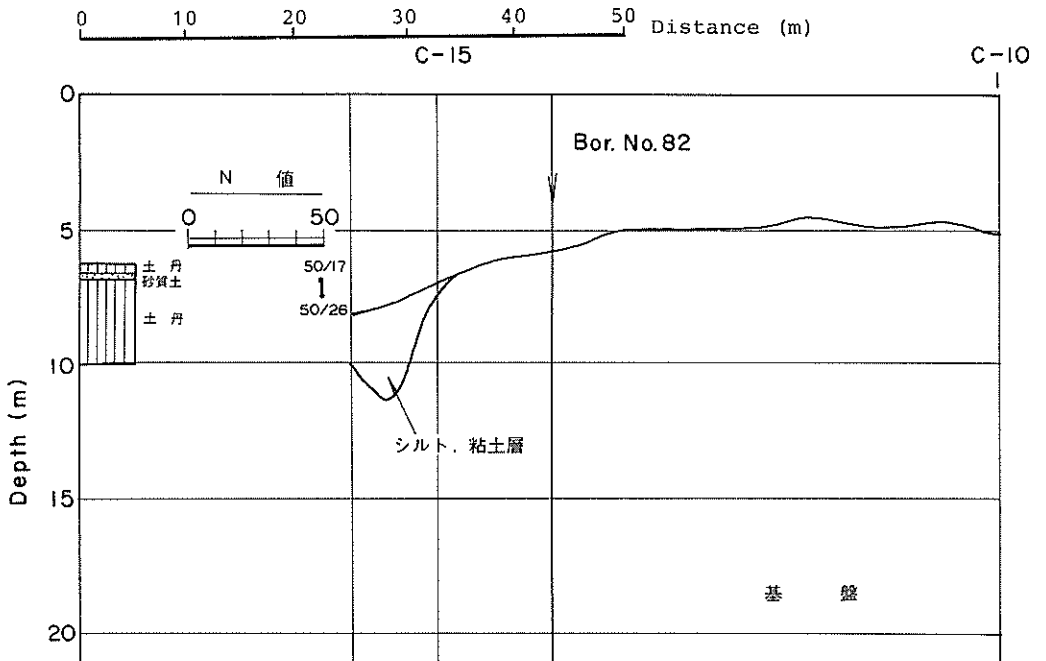


図-66 ボーリング結果との対比図 (C-32)

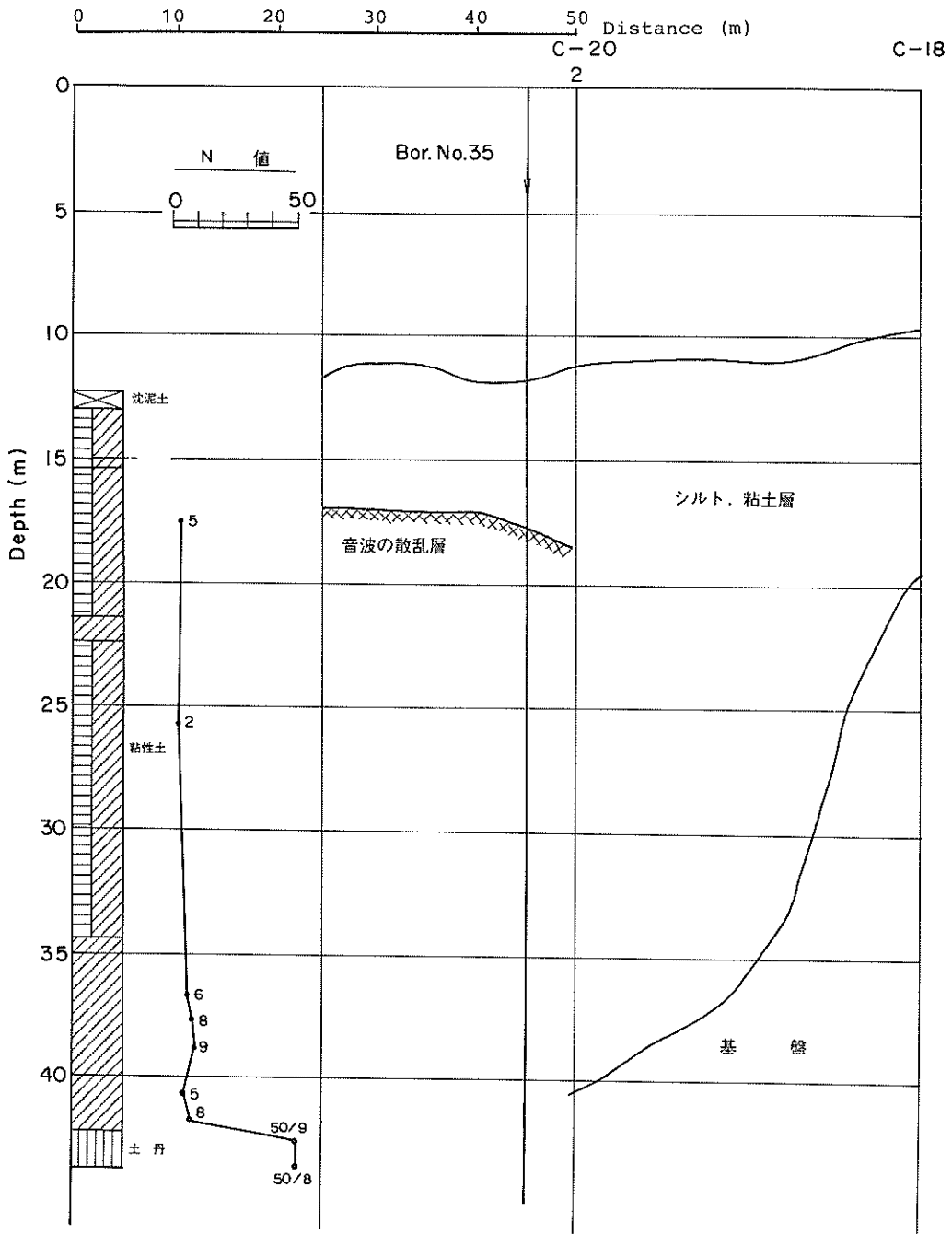


図-67 ボーリング結果との対比図 (C-33)

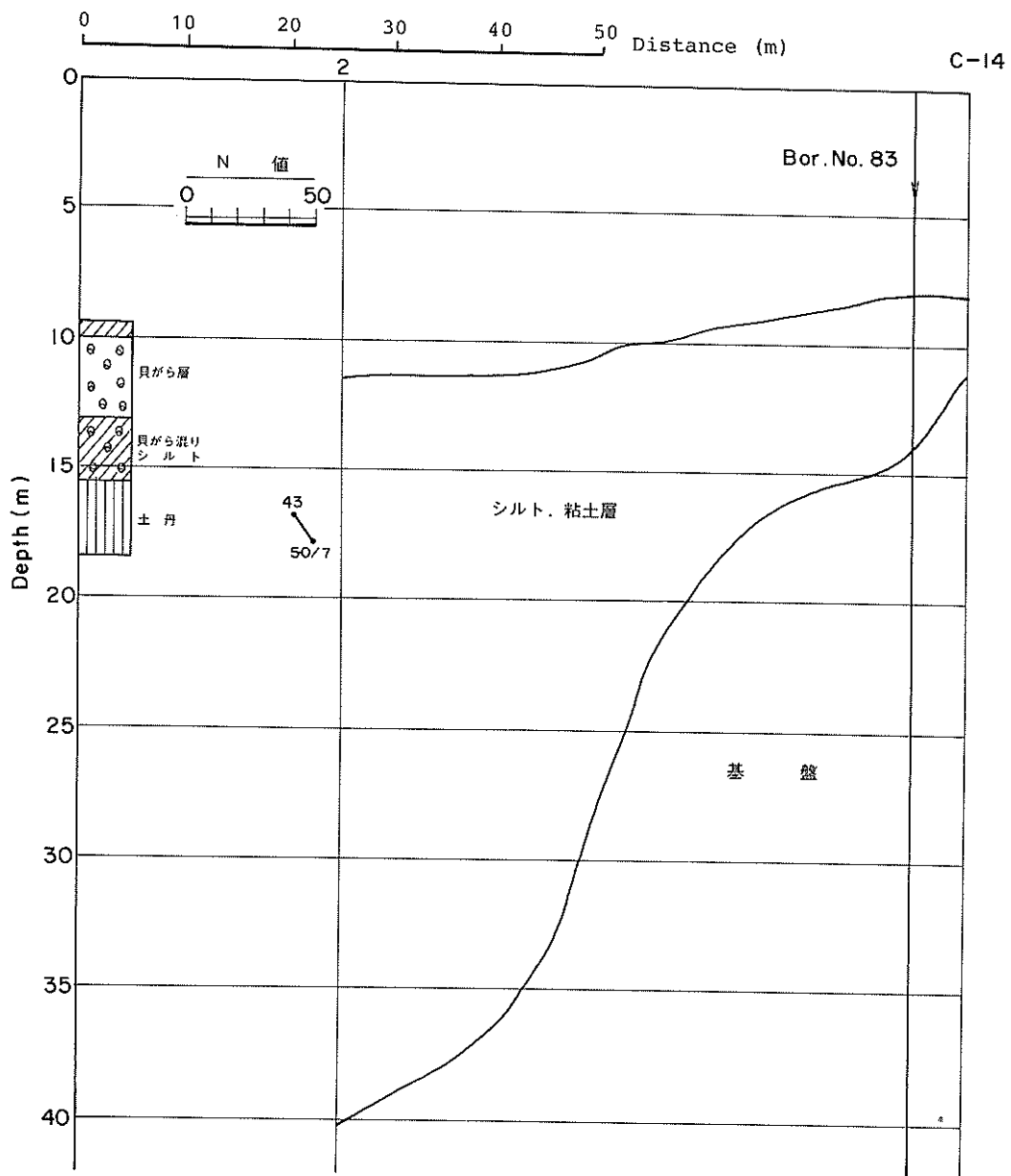


図-68 ボーリング結果との対比図 (C-33)



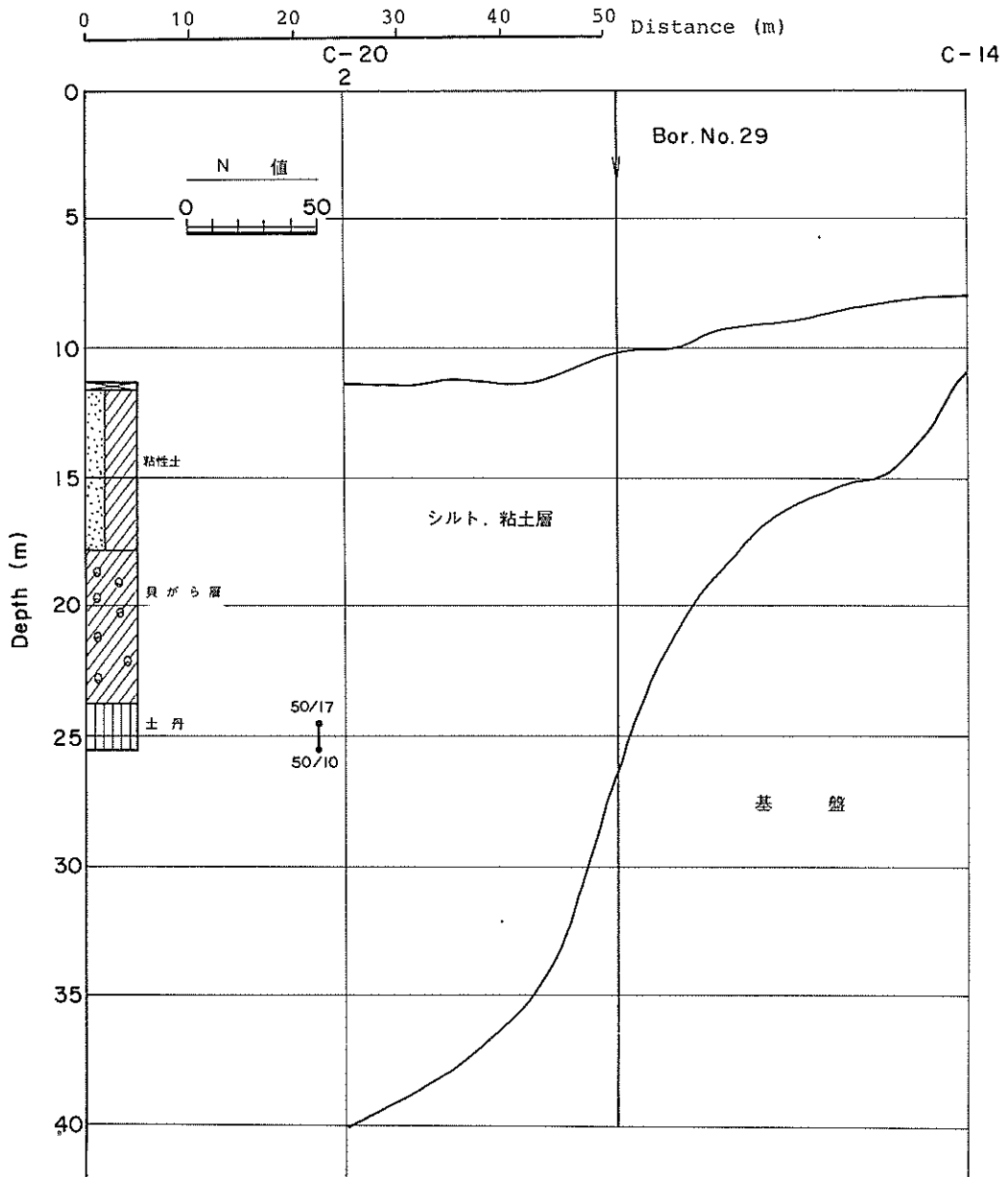


図-69 ボーリング結果との対比図 (C-33)

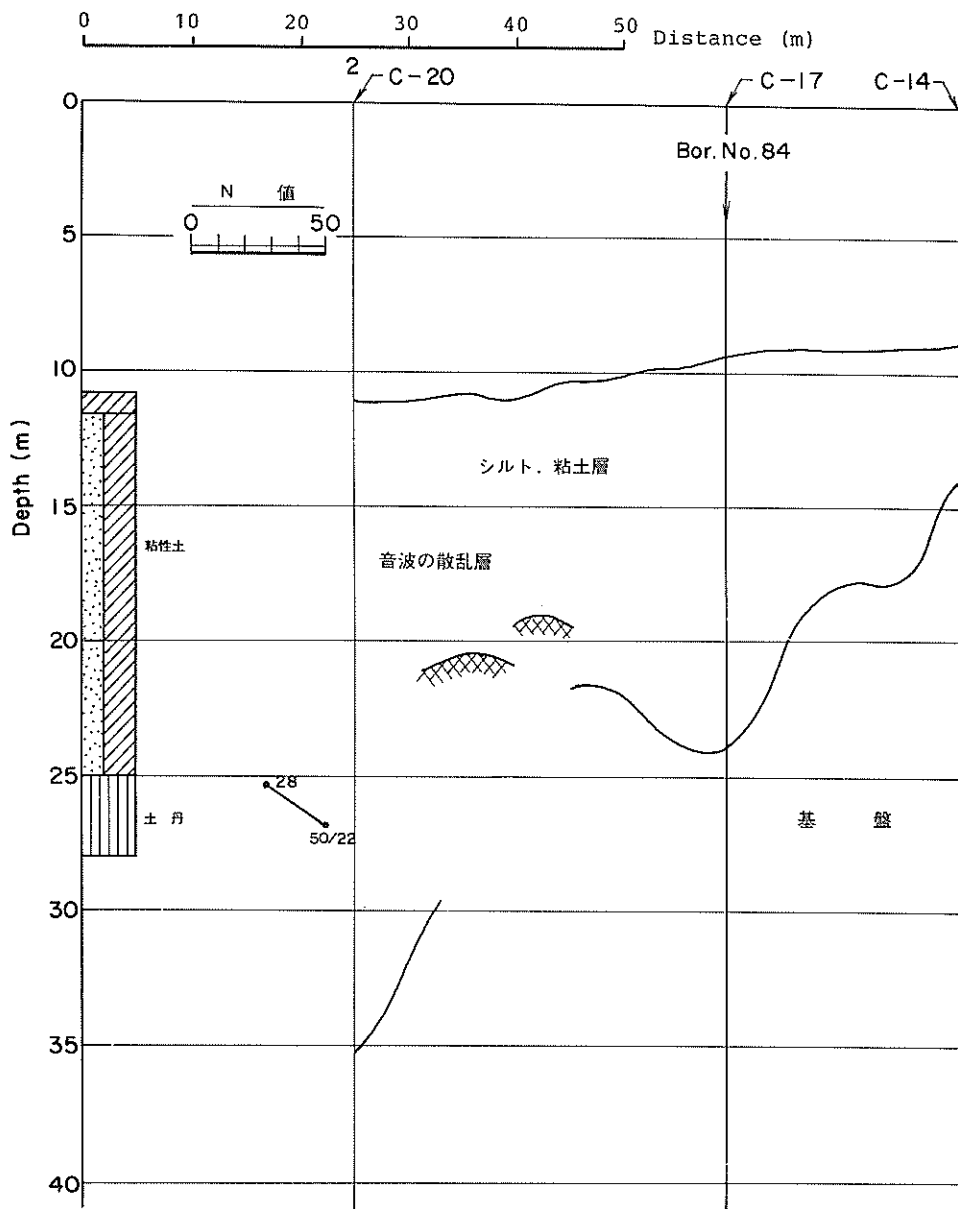


図-70 ボーリング結果との対比図 (C-34)

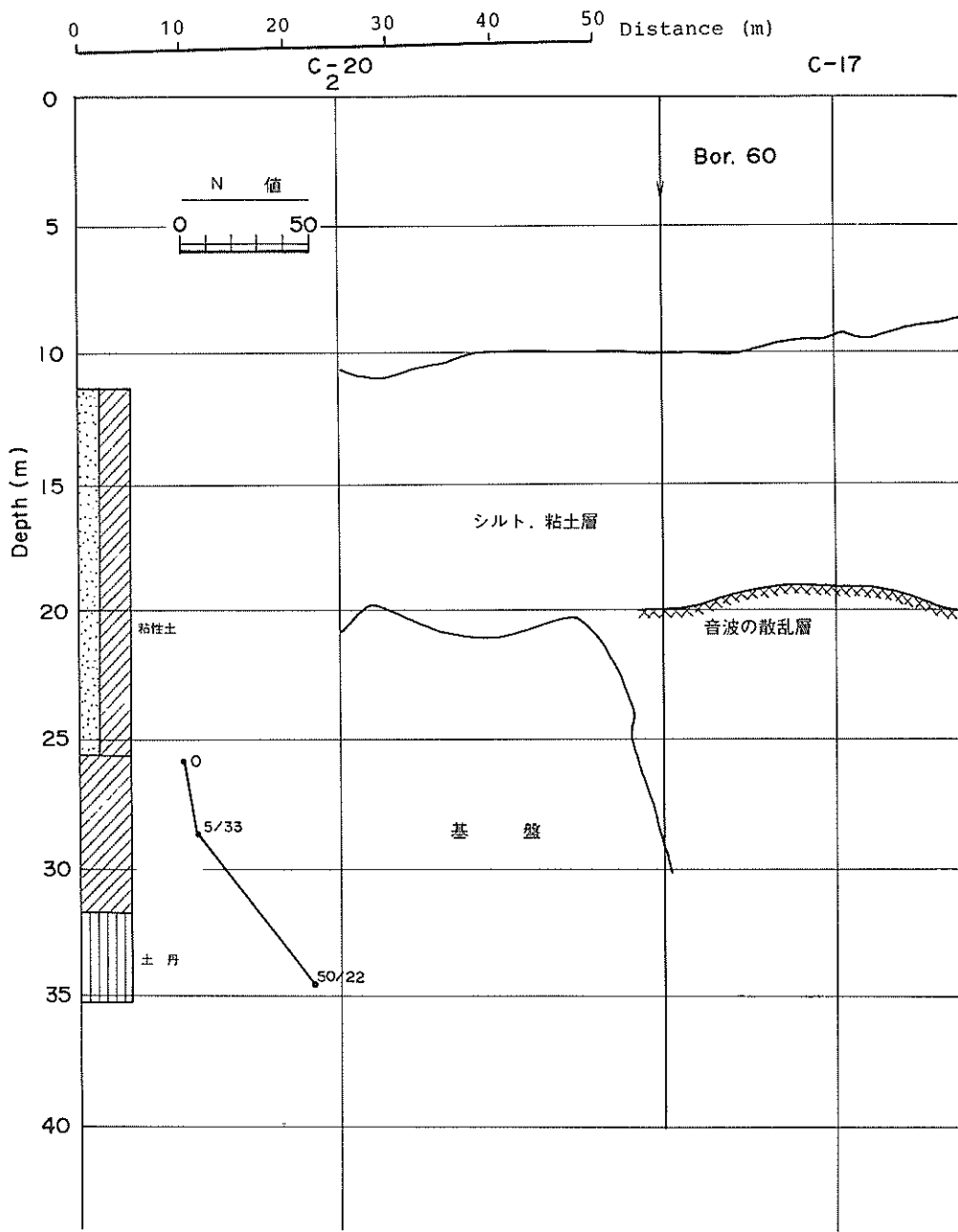


図-71 ボーリング結果との対比図 (C-35)

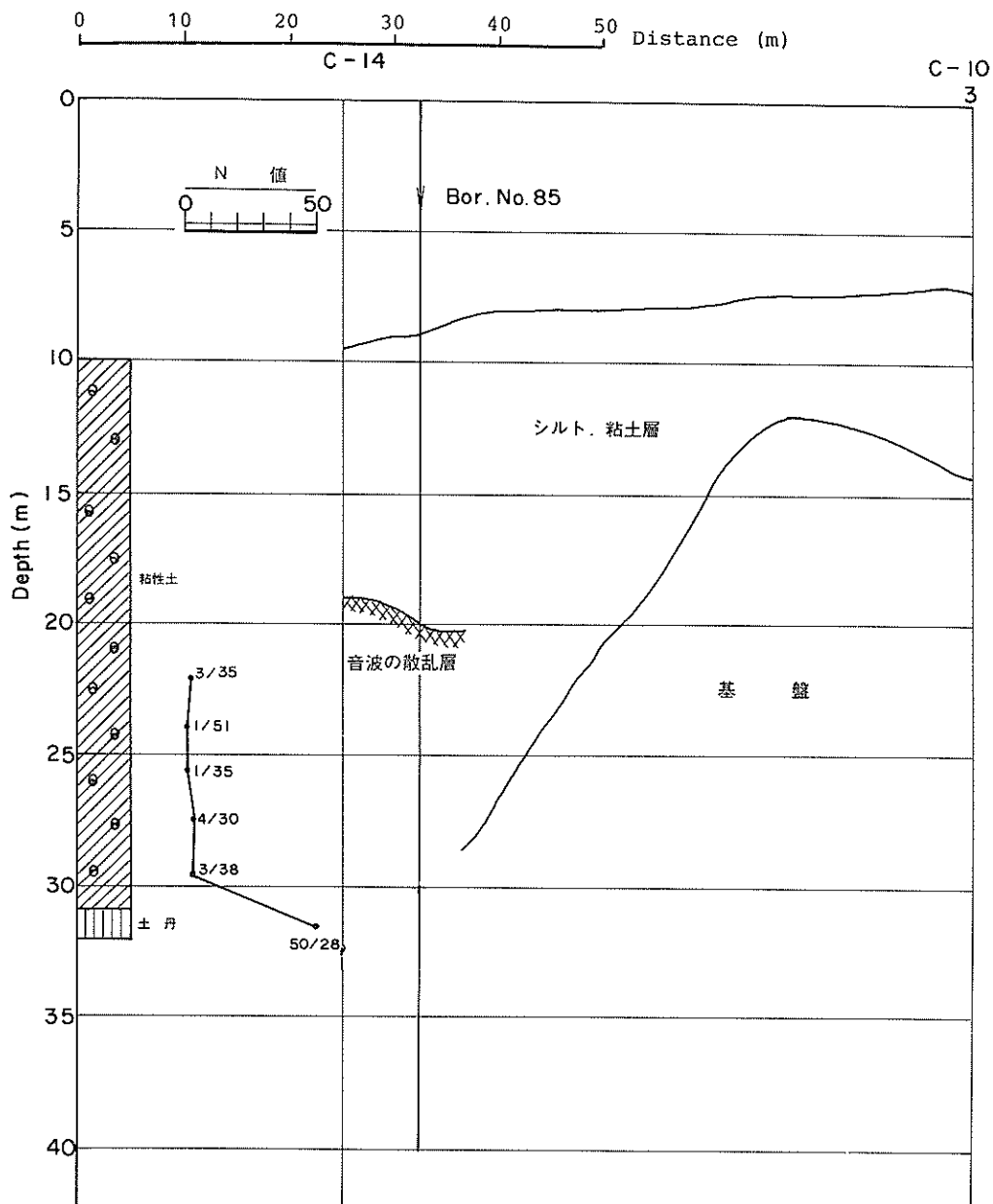


図-72 ボーリング結果との対比図 (C-35)

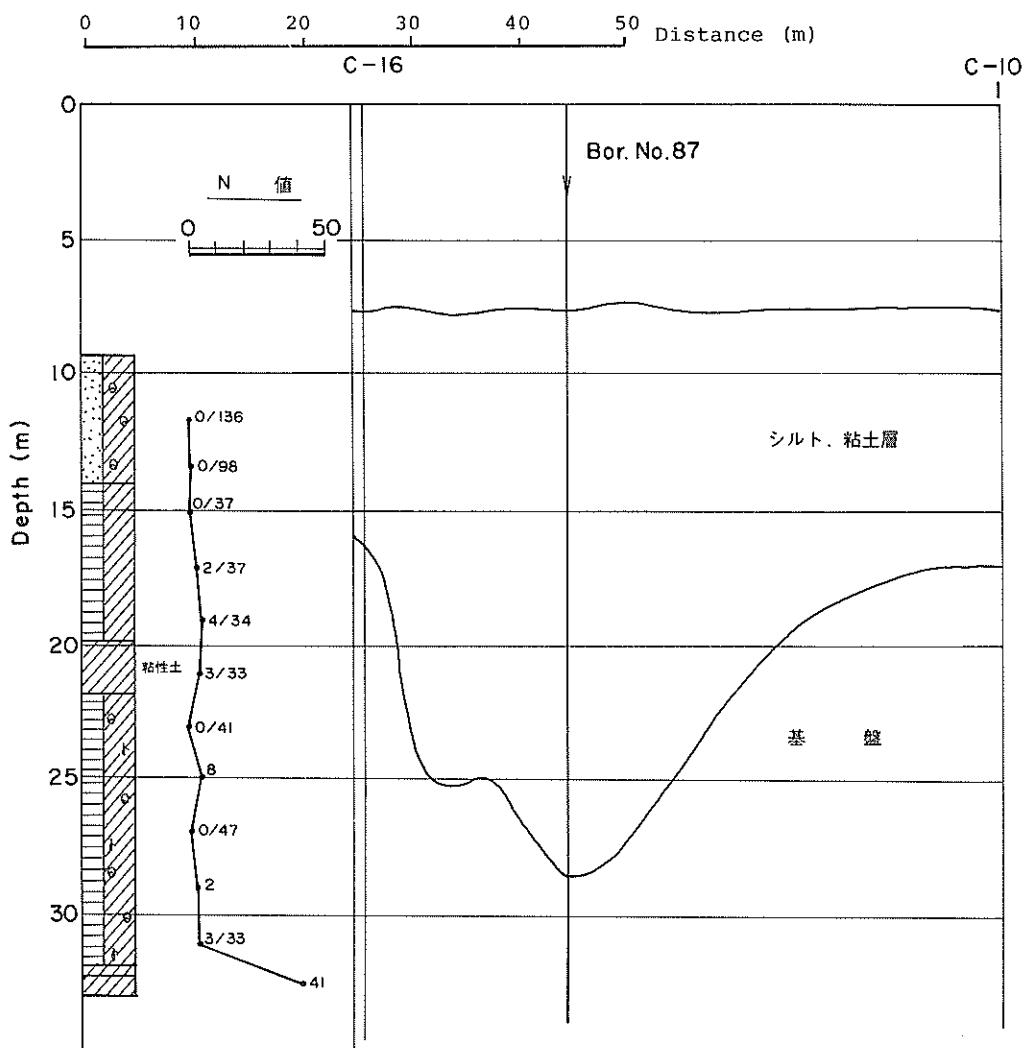


図-73 ボーリング結果との対比図 (C-36)

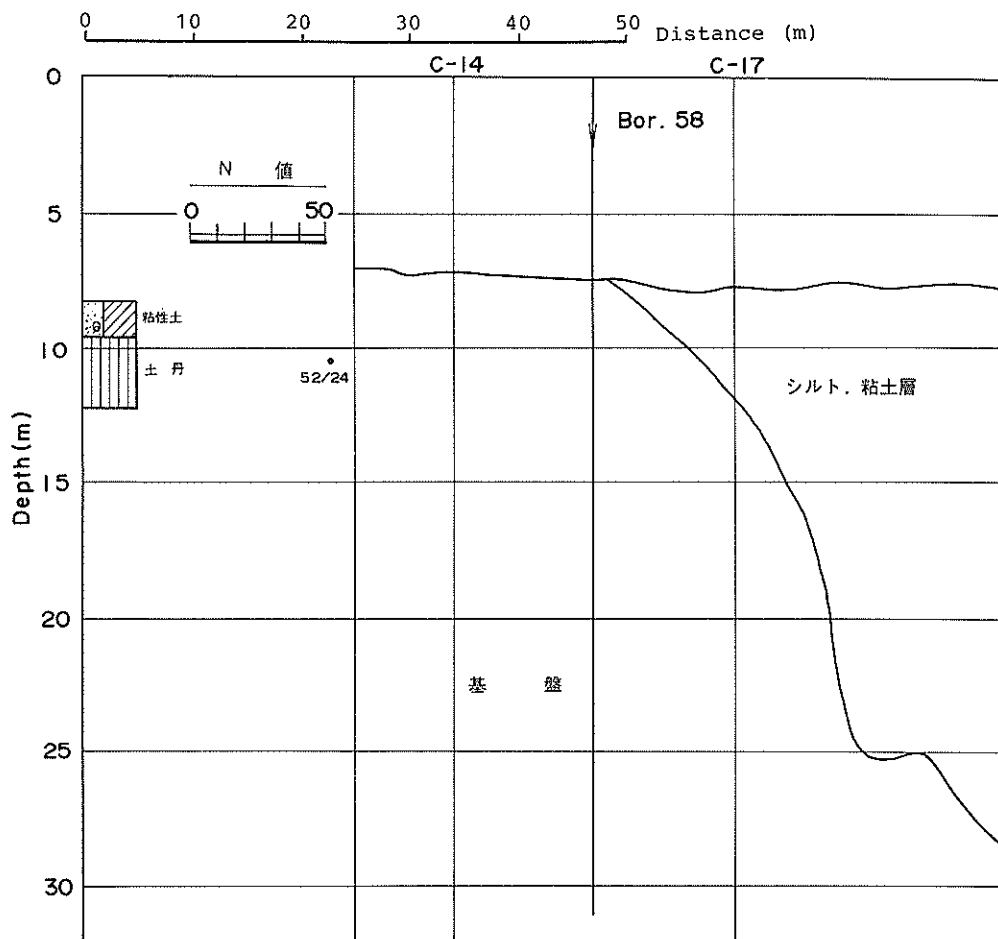


図-74 ボーリング結果との対比図(C-36)

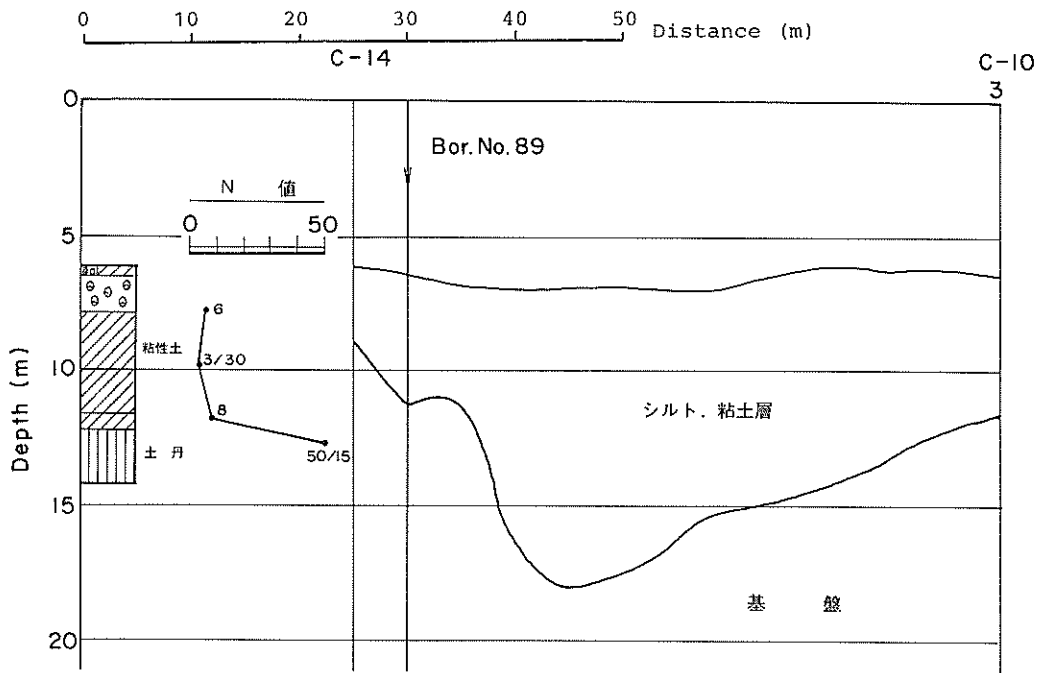


図-75 ボーリング結果との対比図 (C-37)

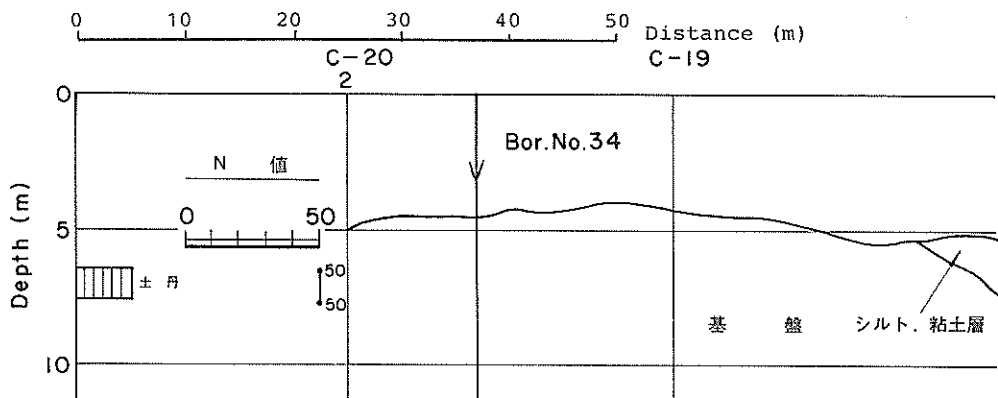


図-76 ボーリング結果との対比図 (C-37)

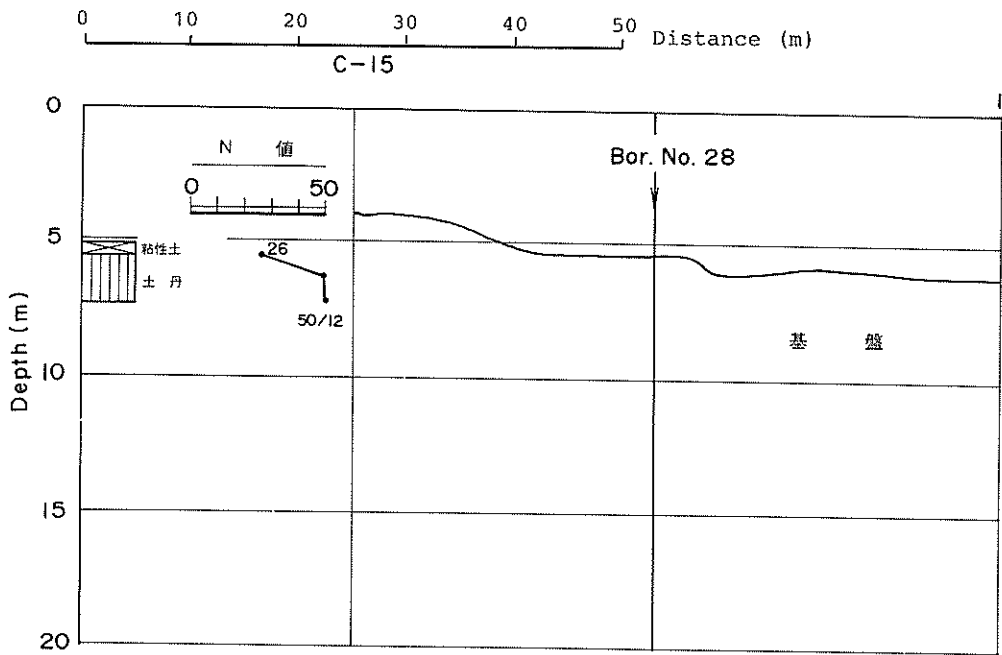


図-77 ボーリング結果との対比図 (C-38)

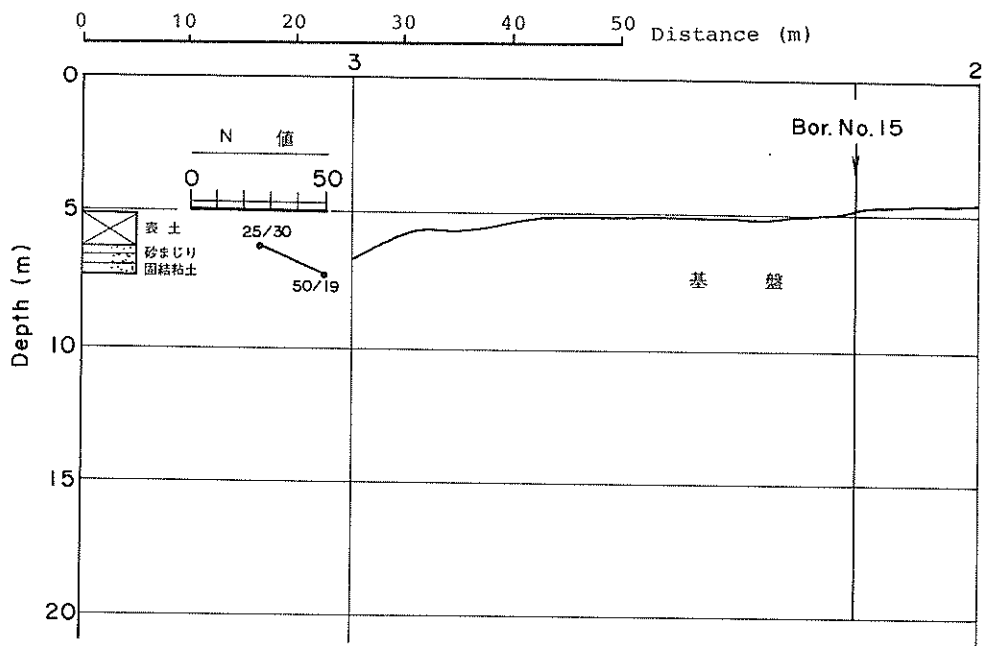


図-78 ボーリング結果との対比図 (C-38)



表-3 ボーリングと音波探査の比較  
(岸壁部法線方向 その1)

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	19	4(8~9)	31	5(1~2)	38	5(2~3)	32	5(3~4)
堆積層上面(m)	10.8	11.4	8.6	10.1	11.2	10.8	10.4	11.2
堆積層上面表示の差(m)		+0.6		+1.5		-0.4		+0.8
堆積層厚(m)	3.5	5.3	1.7	2.9	8.6	8.2	8.7	9.3
堆積層差(m)		+1.8		+1.2		-0.4		+0.6
基盤層上面(m)	14.3	16.7	10.3	13.0	19.8	19.0	19.1	20.5
基盤層上面表示の差(m)		+2.4		+2.7		-0.8		+1.4
備 考								
図 番 号	6		7		8		9	

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	39	5(4~5)	40	5(5~6)	53	5(8~9)	41	5(9~10)
堆積層上面(m)	13.3	12.7	11.4	11.4	12.1	12.1	13.4	12.1
堆積層上面表示の差(m)		-0.6		±0		±0		-1.3
堆積層厚(m)	11.5	11.3	12.1	10.2	9.3	10.4	18.5	19.0
堆積層差(m)		-0.2		-1.9		+1.1		+0.5
基盤層上面(m)	24.8	24.0	23.5	21.6	21.4	22.5	31.9	31.1
基盤層上面表示の差(m)		-0.8		-1.9		+1.1		-0.8
備 考								
図 番 号	10		11		12		13	

表-4 ボーリングと音波探査の比較  
(岸壁部法線方向 その2)

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	25'	7(4~5)	24	7(6~7)	48	7(8~9)	51	7(9~10)
堆 積 層 上 面 (m)	-	-	10.1	11.0	10.5	10.0	11.2	9.6
堆積層上面表示の差(m)		-		+0.9		-0.5		-1.6
堆 積 層 厚 (m)	0	0	8.4	8.4	5.8	6.5	4.9	6.3
堆 積 層 差 (m)		0		±0		+0.7		+1.4
基 盤 層 上 面 (m)	6.9	7.9	18.5	19.4	16.3	16.5	16.1	15.9
基盤層上面表示の差(m)		+1.0		+0.9		+0.2		-0.2
備 考								
図 番 号	14		15		16		17	

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	54	7(10~11)	55	7(11~12)	26	8(1~2)	25	8(3~4)
堆 積 層 上 面 (m)	11.9	11.0	12.6	11.0	5.2	9.0	7.3	6.9
堆積層上面表示の差(m)		-0.9		-1.6		+3.8		-0.4
堆 積 層 厚 (m)	23.4	23.8	12.8	14.3	2.4	2.0	7.6	4.3
堆 積 層 差 (m)		+0.4		+1.5		-0.4		-3.3
基 盤 層 上 面 (m)	35.3	34.8	25.4	25.3	7.6	11.0	14.9	11.2
基盤層上面表示の差(m)		-0.4		-0.1		+3.4		-3.7
備 考								
図 番 号	18		19		20		21	

表-5 ボーリングと音波探査の比較

(岸壁部法線直角方向)

対比項目	種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置		31	<sup>39</sup> (C3~C6)	25	<sup>39</sup> (C7~C9)	8	<sup>40</sup> (C1~C3)	38	<sup>40</sup> (C3~C6)
堆 積 層 上 面 (m)		8.6	10.2	7.3	7.3	14.5	14.1	11.2	10.3
堆積層上面表示の差(m)			+ 1.6		± 0		- 0.4		- 0.9
堆 積 層 厚 (m)		1.7	2.7	7.6	4.1	18.3	17.1	8.6	8.2
堆 積 層 差 (m)			+ 1.0		- 3.5		- 1.2		- 0.4
基 盤 層 上 面 (m)		10.3	12.9	14.9	11.4	32.8	31.2	19.8	18.5
基盤層上面表示の差(m)			+ 2.6		- 3.5		- 1.6		- 1.3
備 考									
図 番 号		22		23		24		25	

対比項目	種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置		25'	<sup>41</sup> (C4~C8)	9	<sup>42</sup> (C1~C3)	39	<sup>43</sup> (C3~C7)	10	<sup>44</sup> (C1~C4)
堆 積 層 上 面 (m)		-	-	14.4	13.3	13.3	12.7	12.1	11.7
堆積層上面表示の差(m)			-		- 1.1		- 0.6		- 0.4
堆 積 層 厚 (m)		0	0	13.3	9.6	11.5	10.5	6.4	4.9
堆 積 層 差 (m)			± 0		- 3.7		- 1.0		- 1.5
基 盤 層 上 面 (m)		6.9	7.3	27.7	22.9	24.8	23.2	18.5	16.6
基盤層上面表示の差(m)			+ 0.4		- 4.8		- 1.6		- 1.9
備 考									
図 番 号		26		27		28		29	

対比項目	種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置		40	<sup>45</sup> (C5~C8)	19	<sup>47</sup> (C3~C7)	41	<sup>48</sup> (C3~C7)	17	<sup>49</sup> (C3~C7)
堆 積 層 上 面 (m)		11.4	10.9	10.8	10.0	13.4	12.0	9.2	12.1
堆積層上面表示の差(m)			- 0.5		- 0.8		- 1.4		+ 2.9
堆 積 層 厚 (m)		12.1	10.4	3.5	5.0	18.5	19.4	11.8	21.6
堆 積 層 差 (m)			- 1.7		+ 1.5		+ 0.9		+ 9.8
基 盤 層 上 面 (m)		23.5	21.3	14.3	15.0	31.9	31.4	21.0	33.7
基盤層上面表示の差(m)			- 2.2		+ 0.7		- 0.5		+ 12.7
備 考									
図 番 号		30		31		32		33	

表-6 ボーリングと音波探査の比較  
( 栈橋部法線方向 その1 )

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	28	<sup>11</sup> ( 3~4 )	87	<sup>13</sup> ( 5~6 )	82	<sup>13</sup> ( 7~8 )	6	<sup>15</sup> ( 3~4 )
堆 積 層 上 面 (m)	5.0	0	9.2	8.0	-	-	4.7	-
堆積層上面表示の差(m)		-		- 1.2		-		-
堆 積 層 厚 (m)	0.5	0	23.8	22.5	0	0	1.3	0
堆 積 層 差 (m)		- 0.5		- 1.3		± 0		- 1.3
基 盤 層 上 面 (m)	5.5	4.0	33.0	30.5	6.2	4.9	5.0	4.0
基盤層上面表示の差(m)		- 1.5		- 2.5		- 1.3		- 1.0
備 考								
図 番 号	34		35		36		37	

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	89	<sup>15</sup> ( 4~5 )	88	<sup>15</sup> ( 5~6 )	85	<sup>15</sup> ( 6~7 )	81	<sup>15</sup> ( 8~9 )
堆 積 層 上 面 (m)	6.0	4.9	8.2	7.1	10.0	9.5	10.6	9.1
堆積層上面表示の差(m)		- 1.1		- 1.1		- 0.5		- 1.5
堆 積 層 厚 (m)	6.2	6.9	17.7	17.2	20.8	20.5	8.7	9.9
堆 積 層 差 (m)		+ 0.7		- 0.5		- 0.3		+ 1.2
基 盤 層 上 面 (m)	12.2	11.8	25.9	24.3	30.8	30.0	19.3	19.0
基盤層上面表示の差(m)		- 0.4		- 1.6		- 0.8		0.3
備 考			音波散乱		×音波散乱		×音波散乱	
図 番 号	38		39		40		41	

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	78	<sup>15</sup> ( 9~10 )	77	<sup>15</sup> ( 10~11 )	76	<sup>15</sup> ( 11~12 )	5	<sup>16</sup> ( 5~6 )
堆 積 層 上 面 (m)	11.0	9.0	10.4	8.4	9.3	7.2	9.5	8.7
堆積層上面表示の差(m)		- 2.0		- 2.0		- 2.1		- 0.8
堆 積 層 厚 (m)	8.2	5.0	3.4	3.6	11.2	11.6	15.3	14.3
堆 積 層 差 (m)		- 3.2		+ 0.2		+ 0.4		- 1.0
基 盤 層 上 面 (m)	19.2	14.0	13.8	12.0	20.5	18.8	24.8	23.0
基盤層上面表示の差(m)		- 5.2		- 1.8		- 1.7		- 1.8
備 考	音波散乱				音波散乱			
図 番 号	42		43		44		45	

注) ×印は表-11, 表-12において対比外のものを示す。

表-7 ボーリングと音波探査の比較

( 棧橋部法線方向 その2 )

対比項目	種別	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line
対 比 位 置		4	( <sup>16</sup> <sub>7~8</sub> )	86	( <sup>17</sup> <sub>5~6</sub> )	84	( <sup>17</sup> <sub>6~7</sub> )	80	( <sup>17</sup> <sub>7~8</sub> )
堆 積 層 上 面 (m)		9.8	7.3	10.3	9.0	10.8	9.2	11.5	9.7
堆積層上面表示の差(m)			-2.5		-1.3		-1.6		-1.8
堆 積 層 厚 (m)		5.6	4.2	25.8	25.7	14.1	15.5	27.0	25.1
堆 積 層 差 (m)			-1.4		-0.1		+1.4		-1.9
基 盤 層 上 面 (m)		15.4	11.5	36.1	34.7	24.9	24.7	38.5	34.8
基盤層上面表示の差(m)			-3.9		-1.4		-0.2		-3.7
備 考			×音波散乱			×音波散乱			
図 番 号		46		47		48		49	

対比項目	種別	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line
対 比 位 置		2	( <sup>17</sup> <sub>10~11</sub> )	58	( <sup>18</sup> <sub>4~5</sub> )	62	( <sup>18</sup> <sub>6~7</sub> )	75	( <sup>18</sup> <sub>10~11</sub> )
堆 積 層 上 面 (m)		9.4	8.1	8.2	6.7	10.2	9.8	9.5	8.5
堆積層上面表示の差(m)			-1.3		-1.5		-0.4		-1.0
堆 積 層 厚 (m)		16.7	20.0	1.4	2.1	3.9	5.5	24.3	24.2
堆 積 層 差 (m)			+3.3		+0.7		+1.6		-0.1
基 盤 層 上 面 (m)		26.1	28.1	9.6	8.8	14.1	15.3	33.8	32.7
基盤層上面表示の差(m)			+2.0		-0.8		+1.2		-1.1
備 考		音波散乱				音波散乱		×音波散乱	
図 番 号		50		51		52		53	

対比項目	種別	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line
対 比 位 置		66	( <sup>19</sup> <sub>7~8</sub> )	67	( <sup>19</sup> <sub>8~9</sub> )	70	( <sup>19</sup> <sub>11~12</sub> )	15	( <sup>20</sup> <sub>3~C37</sub> )	68	( <sup>20</sup> <sub>9~10</sub> )
堆 積 層 上 面 (m)		11.6	10.0	11.1	9.0	9.8	8.0	5.1	-	10.9	10.0
堆積層上面表示の差(m)			-1.6		-2.1		-1.8		-		-0.9
堆 積 層 厚 (m)		15.5	17.3	23.9	22.9	28.8	28.8	2.2	0	26.1	27.3
堆 積 層 差 (m)			+1.8		-1.0		±0		-2.2		+1.2
基 盤 層 上 面 (m)		27.1	27.3	35.0	31.9	38.6	36.8	7.3	6.0	37.0	37.3
基盤層上面表示の差(m)			+0.2		-3.1		-1.8		-1.3		+0.3
備 考		×音波散乱		×音波散乱		×音波散乱				×音波散乱	
図 番 号		54		55		56		57		58	

注) ×印は表-11、表-12において対比外のものを示す。

表-8 ボーリングと音波探査の比較

( 棧橋部法線直角方向 その1 )

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	76	<sup>26</sup> (2~C17)	77	<sup>27</sup> (C12~C20)	78	<sup>28</sup> (C12~C20)	79	<sup>29</sup> (C13~C20)
堆 積 層 上 面 (m)	9.3	8.3	10.4	8.8	11.0	9.2	11.3	9.4
堆積層上面表示の差(m)		- 1.0		- 1.6		- 1.8		- 1.9
堆 積 層 厚 (m)	11.2	11.2	3.4	2.9	8.2	4.9	24.8	24.3
堆 積 層 差 (m)		± 0		- 0.5		- 3.3		- 0.5
基 盤 層 上 面 (m)	20.5	19.5	13.8	11.7	19.2	14.1	36.1	33.7
基盤層上面表示の差(m)		- 1.0		- 2.1		- 5.1		- 2.4
備 考			音波散乱		音波散乱		音波散乱	
図 番 号	59		60		61		62	

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	80	<sup>30</sup> (C13~C20)	65	<sup>31</sup> (C17~C20)	4	<sup>32</sup> (C18~2)	82	<sup>32</sup> (C10~C15)
堆 積 層 上 面 (m)	11.5	9.6	11.5	10.4	9.8	8.0	-	-
堆積層上面表示の差(m)		- 1.9		- 1.1		- 1.8		-
堆 積 層 厚 (m)	27.0	24.5	21.0	20.3	5.6	3.2	0	0
堆 積 層 差 (m)		- 2.5		- 0.7		- 2.4		± 0
基 盤 層 上 面 (m)	38.5	34.1	32.5	30.7	15.4	11.2	6.2	4.8
基盤層上面表示の差(m)		- 4.4		- 1.8		- 4.2		- 1.4
備 考	×音波散乱		音波散乱					
図 番 号	63		64		65		66	

対比項目 \ 種別	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line	ボーリングNo	音探 Line
対 比 位 置	35	<sup>33</sup> (C18~C20)	83	<sup>33</sup> (C14~2)	29	<sup>33</sup> (C14~C20)	84	<sup>34</sup> (C14~C20)
堆 積 層 上 面 (m)	12.3	11.7	9.4	8.0	11.3	10.2	10.8	9.3
堆積層上面表示の差(m)		- 0.6		- 1.4		- 1.1		- 1.5
堆 積 層 厚 (m)	28.8	29.4	6.1	6.0	12.4	16.0	14.1	14.6
堆 積 層 差 (m)		+ 0.6		- 0.1		+ 3.6		+ 0.5
基 盤 層 上 面 (m)	41.1	41.1	15.5	14.0	23.7	26.2	24.9	23.9
基盤層上面表示の差(m)		± 0		- 1.5		+ 2.5		- 1.0
備 考	×音波散乱							
図 番 号	67		68		69		70	

表-9 ボーリングと音波探査の比較  
( 栈橋部法線直角方向 その2 )

対比項目	種別	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line
対 比 位 置		60	<sup>35</sup> (C17-C20)	85	<sup>35</sup> ( 3 ~C14)	87	<sup>36</sup> (C10-C16)
堆 積 層 上 面 (m)		11.3	10.1	10.0	8.9	9.2	7.7
堆積層上面表示の差(m)			- 1.2		- 1.1		- 1.5
堆 積 層 厚 (m)		20.3	19.2	20.8	21.1	23.8	20.9
堆 積 層 差 (m)			- 1.1		+ 0.3		- 2.9
基 盤 層 上 面 (m)		31.6	29.3	30.8	30.0	33.0	28.6
基盤層上面表示の差(m)			- 2.3		- 0.8		- 4.4
備 考		×音波散乱		×音波散乱			
図 番 号		71		72		73	

対比項目	種別	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line
対 比 位 置		58	<sup>36</sup> (C17-C19)	89	<sup>37</sup> (C10-C14)	34	<sup>37</sup> (C19-C20)
堆 積 層 上 面 (m)		8.2	-	6.0	6.3	-	-
堆積層上面表示の差(m)			-		+ 0.3		-
堆 積 層 厚 (m)		1.4	0	6.2	5.0	0	0
堆 積 層 差 (m)			- 1.4		- 1.2		±0
基 盤 層 上 面 (m)		9.6	7.4	12.2	11.3	6.3	4.5
基盤層上面表示の差(m)			- 2.2		- 0.9		- 1.8
備 考							
図 番 号		74		75		76	

対比項目	種別	ボーリングNo	音探Line	ボーリングNo	音探Line
対 比 位 置		28	<sup>38</sup> ( 1 ~C15)	15	<sup>38</sup> ( 2 ~ 3 )
堆 積 層 上 面 (m)		5.0	-	5.1	-
堆積層上面表示の差(m)			-		-
堆 積 層 厚 (m)		0.5	0	2.2	0
堆 積 層 差 (m)			- 0.5		- 2.2
基 盤 層 上 面 (m)		5.5	5.3	7.3	4.8
基盤層上面表示の差(m)			- 0.2		- 2.5
備 考					
図 番 号		77		78	

注) ×印は表-11, 表-12において対比外のものを示す。

表-10 堆積層上面表示の差

対 比 場 所	対 比 数	音波探査による表示の差			対 比 外 <sup>注)</sup>
		1 m 以内	1 m 以上 3 m まで	3 m 以上	
岸壁部法線方向	16	10	4	1	1
岸壁部法線直角方向	12	7	4	0	1
栈橋部法線方向	25	4	17	0	4
栈橋部法線直角方向	20	2	13	0	5

注) 土質の表示が異なるので対比できない。

表-11 堆積層層厚表示の差

対 比 場 所	対 比 数	音波探査による表示の差			音波散乱現象 発 生 数	音波散乱現象 により対比外
		1 m 以内	1 m 以上 3 m まで	3 m 以上		
岸壁部法線方向	16	9	6	1	0	0
岸壁部法線直角方向	12	3	6	3	0	0
栈橋部法線方向	25	7	7	2	14	9
栈橋部法線直角方向	20	9	5	2	8	4

表-12 基盤層上面表示の差

対 比 場 所	対 比 数	音波探査による表示の差			音波散乱現象 発 生 数	音波散乱現象 により対比外
		1 m 以内	1 m 以上 3 m まで	3 m 以上		
岸壁部法線方向	16	8	6	2	0	0
岸壁部法線直角方向	12	3	6	3	0	0
栈橋部法線方向	25	3	11	2	14	9
栈橋部法線直角方向	20	2	11	3	8	4

#### 4. 調査結果の検討

表-3から表-9には、同一地層におけるボーリングと音波探査の比較を示した。これらは、岸壁部と栈橋部に分け、さらに法線方向と法線直角方向とに分けて提示している。この表は、堆積層上面（海底面にあたる）表示の差、堆積層層厚表示の差、基盤層上面表示の差をそれぞれ比較したものであり、それらを項目別にまとめると表-10、表-11、表-12のようになる。

表-10は音波探査法において、場所ごとにみた堆積層上面の捕え方の差を示したもので、岸壁部の結果では表示の差が1m以内に多く集まっており、比較的よい結果が得られたといえよう。

表-11に示した堆積層の厚さの把握については、特に場所的な傾向がみられないが、表示の差が3mを越えたものが相当あって、かなり正確さを欠いている。特に栈

橋部においては、音波の散乱現象が発生して、この傾向を強めている。音波の散乱現象の発生は、部分的に、つまり発生した個所においては、その層以深の土質の判定を不可能にしてしまい、音波探査法の大きな障害となっている。

表-12には基盤層の上面をどのように把握できたかを示した。把握状況の場所的な傾向をみると、岸壁部に比べ、栈橋部では1mから3mまでの差を示しているものが大変多く、かなり正確さに欠けた結果が得られた。この原因としてはボーリングとの位置的なずれが考えられるが、主として音波の散乱現象の発生、もしくはその傾向により音波探査結果の記録パターンを不鮮明なものにして、解析上の精度を低下させたものと思われる。

音波の散乱現象とは、一般に音波礫層といわれる砂礫層や貝がらの密集した地層または粗雑な表面をもつ岩盤により、発振された音波が散乱してしまい、受波されな



い状態をさすもので、横須賀新港での発生理由としては、主として多量の貝がらが混入した地層が考えられる。貝がら混入層の出現はボーリング調査で確認されている。

この実施例において、基盤層の把握状況が比較的悪かった原因として、①基盤層自体が極めて激しい起伏をして分布していること。<sup>6)</sup>貝がらの密集層により、音波の散乱現象が発生したこと。③粗雑な表面をもつ岩盤により音波が散乱する傾向。④海中の浮遊物による記録パターンの鮮明度の低下。などが考えられよう。

## 5. 将来への展望

音波探査結果の記録パターンは、沖積層の調査における場合に比較的悪いように思われる。<sup>2)</sup>沖積世の堆積物には、量的に一定しない有機物質や貝がら等が混入されていたり、粘土鉱物の種類や粒度組成、含水比などがさまざまで、その上未固結な形をとっている。このような沖積世の軟弱な堆積物では、音波の反射の具合や浸透の具合が複雑な形をとり、なおかつ散乱現象などをひき起こす傾向をもつことなどと相まって、記録のパターンを悪くしていることが想像される。

沖積世堆積物の多い港湾地域での音波探査法の適用には、地盤条件を考慮した機種を選定も重要であろうが、装置自体の精度の向上を図る必要がある。

現在、大陸棚や海洋域における石油・ガス資源の開発には、巨大な国際石油資本により、従来の反射地震探査法を改良して、飛躍的に発展させた高度な音波探査技術が確立され、油田の発見に多大な成果を収めている。この技術は、海洋地質学の分野でも活用され、地震源探査の目的で海底の大規模活断層の発見や、深海部における地質構造の究明に利用されている。

この探査法は、デジタル音波探査法と呼ばれ、結果の記録をデジタル化して磁気テープに保存し、反射波を情報理論により高速コンピューターで定量的に解析する。これによりS/N比（Signal to Noise Ratio）の向上、多重反射の消去、マルチチャンネル方式の採用で、反射法による弾性波速度の算出や回折波軌跡線のマイグレートによる合理的な除去などが可能となった。

デジタル音波探査法の土木・建設のための調査への導入は遅れている。この方式の有利さは理解されていたが、導入のための研究・開発に多額の経費を要することがネックとなっていた。しかし音波探査法の土木・建設の分野での利用が急増した昭和40年代の後半から、同装置の改良の必要性が論じられてきた。

昭和49年から51年までの3年間にわたり、通産省工業技術院地質調査所によって、「音波探査周波数分析法に

よる軟弱層解析技術の研究」がなされている。<sup>7)</sup>同研究の目的は、音波探査に周波数分析法を導入して、海底下の軟弱層を正確に把握する方法を開発することであった。この研究に用いられた音波探査方式は、スーパーカーによるアナログ方式であったが、将来コンピューターのなお一層の発達・普及を予測して、わが国で初めてデジタル化による周波数分析が試みられ、現地実験を経て同システムの国産化に成功している。

運輸省海上保安庁水路部では、昭和53年から2年計画で「海底下探層データ処理方式の研究」に着手した。<sup>8)</sup>研究の目的は、従来の手作業による音波探査のデータ処理に代えて、コンピューターを利用し、地層断面および地層構造素図を作成するための処理方式を開発にすることであった。この研究により、多重反射信号除去プログラムや地質構造素図、地層断面の自動作図プログラムの開発に成功している。

昭和54年度には、運輸省の科学技術研究補助金の交付により、K社でスーパーカー方式によるデジタルマルチチャンネル音波探査装置の試作研究に着手し、<sup>9)</sup>同装置を開発している。この装置による調査実施例はすでに多数に上り、大阪湾泉南沖における関西国際空港建設予定地での地質調査にも活用されている。

今後は、ますますコンピューターの活用により、音波探査結果の処理面での自動化・省力化が可能となり、これに伴って調査精度の向上が期待される。しかし、現行の音波探査法に関して、①沖積層における探査精度の問題、特にある種の地層による音波の散乱現象。②分解能向上に伴う音波の減衰。など装置本体に起因する問題点が残されており、今後の研究開発による早期解決が待たれている。

## 6. 結 語

音波探査法に関する文献調査から次の事項が判明した。

1) 土木・建設の分野における音波探査の技術は、デジタル方式の採用により、結果整理の省力化や、精度の向上が期待できる。

2) 音波探査法は、主として定性的に物性を把握する手段であるから、将来その精度が向上しても、構造物設計のための直接的な土質定数を得ることはできない。

横須賀新港における実施例の検討結果からは、次の結論が得られた。

1) 基盤層が極めて激しい起伏を示しており、その上部に堆積した沖積層には多量の貝がらが混入していて、粗雑な表面をもつ岩盤の存在と相まって音波の散乱現象をもたらした。

2) 音波の散乱現象は、特に栈橋部において顕著で、この結果、堆積層上面の表示やその層厚の表示、基盤層上面の表示などの能力を低下させている。

## 7. あとがき

本文では、現行の土木・建設分野で活用されている音波探査法に関し、その種類・得失を述べるとともに、同法の将来への展望について、2・3記述している。

現在、音波探査法はデジタル化への過渡期にあると思われる、関係各機関により、デジタル方式の研究・開発が行われている。近い将来には、過去において得られた不鮮明で判読の困難な記録のパターンは姿を消し、音波探査法の信頼度も高まるものと思われる。

おわりに、本文をまとめるにあたって、貴重な資料を提供して戴いた運輸省第二港湾建設局横須賀港工事事務所の各位に深謝する次第である（1983年3月31日受付）。

## 参考文献

- 1) 国際航業㈱地質・海洋事業部編：応用地学ノート，1980年6月。
- 2) 運輸省港湾技術研究所編：エネルギー制約下における港湾技術，土質調査の重要性と今後の課題，第31回直技研資料，1980年11月。
- 3) 藤田和夫，鎌田清吉編：大阪湾の地質，大阪湾音波探査委員会，1964年。
- 4) 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所編：横須賀港土質調査台帳，1975年7月。
- 5) 鏡川親治：音波探査による海底地盤調査，土と基礎 No. 217，1976年5月。
- 6) 運輸省第二港湾建設局横須賀港工事事務所編：横須賀港新港岸壁（-5.5 m，-7.5 m）鋼管杭打込施工について，第4回管内工事報告会資料，1972年10月。
- 7) 科学技術庁研究調整局編：海底軟弱地盤の調査技術に関する総合研究報告書，1978年11月。
- 8) 茂木昭夫：海底下探層データ処理方式の研究，昭和54年度研究成果報告書，海上保安庁，1980年9月。
- 9) 川崎地質㈱編：デジタルマルチチャンネル音波探査技術資料，1982年。

港湾技研資料 No.456

1983・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 日青工業株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute  
Nagase, Yokosuka, Japan.