

# 電子計算機による都市地盤資料の検索法

幾志新吉

国立防災科学技術センター

## Retrieval by Computer of the Data of Urban Ground Information

By

Shinkichi Kishi

*National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo*

### Abstract

The data of about 3,000 borings, i.e., columnar picture of soil, N-value of standard penetration test and soil test, centering around Kawasaki City which had been appointed to a model area in this research project, were coded suitably for electronic computer and, via punched cards, rewritten onto magnetic tape.

When coding the data, non-numerical data, such as soil name, soil color, comment of observations, and operator, were coded using mnemonic codes previously defined. As a part of the ground analysis system, a program was developed for automatic detection of errors, together with their kinds, in the data punched on the cards.

The location of boring was determined by the mesh method using the meshes of quadrangles with one side about 100 m long. The location of mesh was coordinated by the longitude and latitude of the lattice point, listed at the southwest corner of the mesh. To facilitate the retrieval by location index, the serial file in the order of boring number was put on the magnetic disk and was transformed into the inverted file in the order of coordinates.

Among the output results there are the print of columnar picture of soil at requested position, the soil profile along any line on a map, the discrete map of depths of equal N-value, the discrete map of underground water levels, and the discrete map of liquefaction of sand layer. These analyses are practically utilized in some surveys planned by Kawasaki municipal authorities, for instance, in the plan of elevated railroad of Nambu Line of J.N.R., in the plan of the prognostication of soil liquefaction, etc.

Furthermore, concerning the boring data representing each of the meshes, using the experimental formula to seek the velocity of S-wave from N-value, layers of several velocities were automatically established, and the vibration of ground surface corresponding to the incident seismic wave towards the basement rock can be simulated, using the wave equation.

These results were indicated by an English letter line printer most commonly used as an output device, which have recently been obtained in a more comprehensible type with a curve plotter, an improved facsimile receiver and a C.R.T. (Brown tube) connected on line to computer.

In addition, with regard to a method of the ground data and computer utilization, mutual exchange of information between man and computer is necessary to be performed more speedily, and then a man-machine communication system with C.R.T. and writing-pen could be expected to be more developed.

要 旨

当研究のモデル地区川崎市を中心とする、ボーリング・データ3000本の土質柱状図・標準貫入試験(N値)・土質試験結果を電算機向きにコード化し、パンチカードを介して磁気テープに書き込んだ。

コード化の際、土質名・色調・観察記事・施行者名などの非数値データは、あらかじめ定めたニーモニック・コードを用いてコーディングした。カードにパンチされたデータの誤りとその種類を自動的に検出するプログラムを、地盤解析システムの一部として開発した。

ボーリング位置は、一辺約100mのメッシュ法により定め、メッシュの位置はその南西隅の格子点の経度・緯度をもって、その座標とした。位置を索引とする検索に便利のように、ボーリング番号順のシリアル・ファイルを、ディスク上における並べ換えによって、座標順のインバーテッド・ファイルに変換した。

出力としては、要望箇所の柱状図のプリント・地図上の任意線上の土質断面図・等N値深度分布図・流動化砂層の分布図などがある。これらは国鉄南部線の立体化の為の予備調査、土の流動化の予測に関する調査など、川崎市役所の諸調査に実際に役立っている。

また、各メッシュを代表するボーリング・データをもとに、N値からS波速度を求める実験式によって数層の速度層を設定し、基盤への入射地震動に対する地表の地震動を、波動方程式でシミュレートすることもできる。

これらの結果の表示・図示は、最も一般的な出力機器である英字ラインプリンタによっていたが、最近では電算機に接続されたプロッタやファクシミリ受像機およびCRT(ブラウン管)を用いて一層見やすい形で取り出せるようになった。

さらに、地盤資料と電算機利用の方法に関して、人間と電算機との相互の情報交換を速やかに行なう必要があり、そのためにCRTとライトペンによるマン・マシン・コミュニケーション・システムを作ることが望まれる。

1. 検索資料の作成  
1.1. 原資料の整理<sup>1)3)</sup>

1.1.1. ナンバリング 原資料には、照合のための、整理番号(ボーリング番号)を付けておく。

地盤資料は行政区画、道路・鉄道、埋立地域など施行区分によってまとまっている場合が多い。これらの一とまとまりごとに大番号を付け、続いてその中において整理順に通し番号を付ける。電算機が手許にある場合には、原資料の分類・整理をさ程上手にすることはなく、照合が必要となき番号で引き出せるようにさえしておけばよい。電算機では、問題向きのファイルに再編成することが容易だからである。

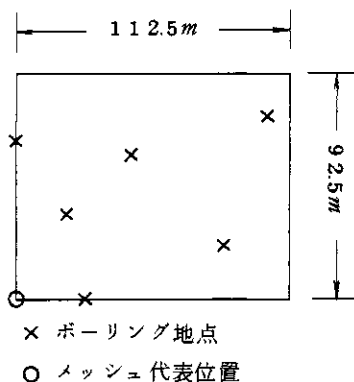


図-1 ボーリングとメッシュ

1.1.2. ボーリング位置の表示法 メッシュ法によった。その大きさは経度4.5", 緯度3.0"であり、北緯35°附近では、東西112.5m, 南北92.5mである。これは1:25,000地形図一枚のたて・よこともに100等分したメッシュであり、実際に位置の決定は1:25,000地形図によった。メッシュそのものの位置は、その南西隅の格子点の緯度・経度をもって表わした。メッシュ法によった理由は、地点の座標の絶対的精度を上げることがきわめてむずかしく、また市街地の形態変化がはげしく、数年前のボーリング地点を道路・町名番地などを手がかりに決定することさえも困難だからである。そこで、位置の識別が可能で地盤解析に支障がないと思われる大きさのメッシュを用いたわけであるが、場所によってはひとつのメッシュの中に多数のサンプルが入り、その中に大きな変動が含まれることもあった。このことは、メッシュが粗ら過ぎるか、地質が複雑すぎることを意味し、土質・地質の専門家にとってはこのようなメッシュは情報量に富んでいるが電算機には代表的または平均的なデータを与える必要がある。よってメッシュ法による検索・解析結果は、広範囲における地盤特性の、大局的傾向

調査名	(仮称)江川橋設計委託				試錐孔 № 1	
調査地名	川崎市下小田中子母口地内					
調査年月日	昭和41年8月9日～8月11日				孔内水位	観測日時
孔口標高	7.0 m	調査深度	21.30 m	備考	2.30 m	9日13時
試錐方法	ロータリー式	試錐孔径	85 mm		2.30 m	10日9時
試料採取方法	標準貫入試験 シンオールサンプラー				1.90 m	11日9時

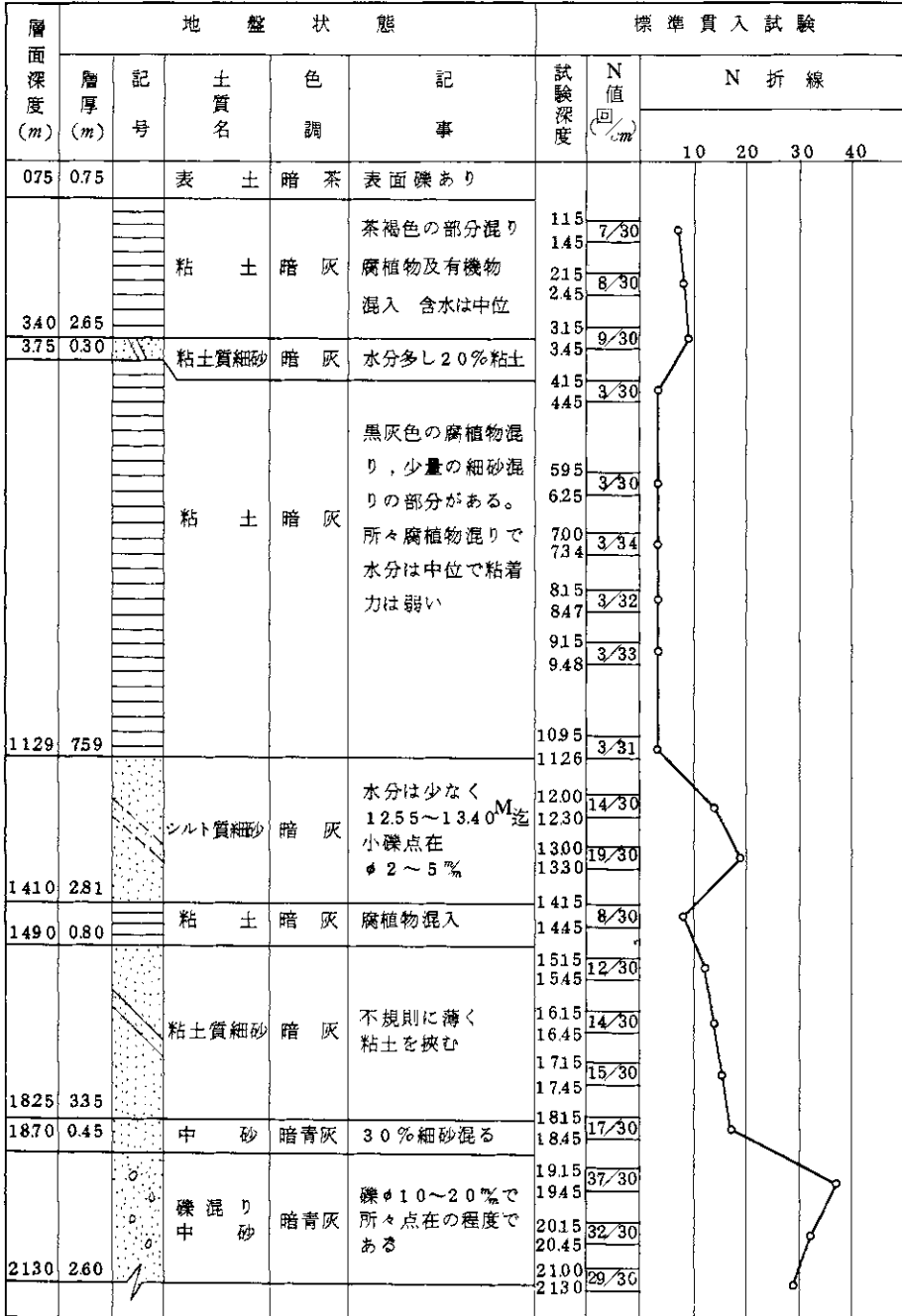


図-2 土質柱状図 (入力)



を表わすものとなる。

標高は、メッシュの平均標高を用いればよいわけであるが、原資料に記載されている場合はその値を用いた。なお、上述の大きさのメッシュは、地理院の1/100分割メッシュに相当し、人口統計などに利用されているものである。

図-3は、各メッシュ内のボーリングの個数を、ライプリンタでプロットしたものである。この方式で打ち出すと、尺度がほぼ1:25,000地形図と同じになり、プリンタ用紙1頁で1:25,000地形図の1/4部分を表わすことができる。図-3は1:25,000川崎の右下1/4部分で、南西から北東にデータが集中して並んでいるところが、京浜産業道路に当たっている。図の右上に、1:25,000の地形図名とそのどの部分であるかが示してある。後述の検索結果もこの形式で表示されるものが多い。

1.2. コーディング<sup>1)4)</sup>

コーディングはカードパンチの前の作業であり、定められた項目と様式にしたがって原資料をコーディングシートにコピーする作業である。様式を定めるにあたっては、カードの有効桁数をフルに使うこと、データの桁数をそろえ、また英字と数字を混合しないでパンチを容易にすることなどに注意した。コーディングシートの様式および記入例を表-1、表-2に示す。

表-1 標題のコーディング・シート

東	経	3	8	0	6	0
北	緯	3	4	1	5	0
標	高	0	0	7	0	0
孔	深	0	2	1	3	0
水	位	0	0	2	1	0
年	月	9	6	6	0	8
施 行 者		S	I	G	S	O
		G	K	A	I	K
		E	K			
カ	ー	ド	番	号		
		3	0	5	4	0 1

1.2.1. 標題 ボーリング資料の標題として不可欠の要素である整理番号・位置・施行年月などのほか、施行者名や後の解析に必要な孔内水位

表-2 地層データのコーディング・シート

層 深 度	0	1	1	2	9
土 質 名			C		
色 調			D	H	
混 入 物			Y		
土 質 名			F		
状 態			R		
土 質 名					
状 態					
土 質 名					
状 態					
レ キ 径					
レ キ 径					
記 事 続					
層 深 度	0	1	4	1	0
土 質 名			T	F	
色 調			D	H	
混 入 物					
土 質 名			G		
状 態			C		
土 質 名					
状 態					
土 質 名					
状 態					
レ キ 径				0	2
レ キ 径				0	5
記 事 続					
カ	ー	ド	番	号	
		3	0	5	4 0 4

・孔の深さなどを記入した。このほか町名・発注者・工事名・地形区分なども考えたが今回は省略した。

緯度経度は上2桁で分を表わし、次の2桁を秒、下の1桁を1/10秒とした。標高・孔深・水位は、単位をcmにすると5桁で収まる。孔深・水位は孔口からの深度に統一した。施行年月は施行終了の時点で、西暦の1,000の位を省いたもの3桁と月を2桁とって表わす。

つぎに施行者名をコード化して英字12桁で表わす。施行者名をローマ字で書くと長くなり過ぎるので、コード化した。施行者名を構成する単語のコード表の一部を表-3に示す。施行者名を分解してみるとたいの施行者名が株式会社、ボーリング、開発などという幾つかの共通の単語と個有の名称から構成されており、その単語の種類はあまり多くはなく、施行者名は4種類の単語を並べれば十分表わすことができる。これらの単語をコード化の際、コーディングの容易さを考え

ると、blankも含めて英字3桁は必要である。発研究所は表からSIGSOGKAIKEKとなる。施行者名のコーディング例を示すと、資源総合開

表-3 施行者名構成単語のコード表の一部

単語	コーディング コード	マシン コード	ラインプリンター コード
ボーリング	BO	0	BORING
調査所	CHJ	1	CHOSAJO
調査	CHO	2	CHOSA
地質	CIS	3	CHISHITSU
コンサルタント	CO	4	CONSULTANT
土質	DOS	5	DOSHITSU
地盤	JIB	6	JIBAN
開発	KAI	7	KAIHATSU
研究所	KEK	8	KENKYUJO
建築	KEC	9	KENCHIKU
基礎	KIS	10	KISO
株式会社	KK	11	K.K.
鉱業	KOG	12	KOGYO
興業	KOG	12	KOGYO
協和	KYO	13	KYOWA
日本	NIP	14	NIPPON
日東	NIT	15	NITTO
設計	SEK	16	SEKKEI
資源	SIG	17	SHIGEN
綜合	SOG	18	SOGO
東京	TOK	19	TOKYO

1.2.2. 地層データ. 表-2がコーディングシートの様式である。各地層ごとに地層の深度・土質名・色調・記事を記入する。2つの地層データがカード1枚に相当する。

まず地層の下限の深さ(孔口からの)を層深度としてcm単位で5桁とする。つぎにその層の土質名・色調を英字3桁以内で表わす。

色調については種類が少なく、そのコード化は簡単で、よく現われる基本的な色調をコード化しておいて、混合した色調の場合はそのまま併記する。表-4のコードを使って例を示せば、緑青灰色のときはMAHである。暗と淡はDとLの文字を頭に付けることにする。また暗緑青灰色のように、そのまま記号で表わすと4文字を要する場合には、判断によって3文字に収まるようにした。この例では暗緑青DMAとする。

つぎに記事欄にはその地層の構成・産状・混合量などを普通3記事記入する。その地層に貝がら・腐植物・軽石などが混っているときは、混入物

の欄に記入する。これらは本来、土質というより混り物と考えられるから、原資料は土質名の欄に記載されていた場合でも、記事欄へもっていった。また土質名が多すぎて3桁の枠からはみ出すときは、混っている割合の少ないものを記事欄へまわした。レキ径はmm単位で下限と上限をしるす。

図-4が土質名と貝がらなどの混入物のコード表である。施行者名のコード化のところ述べてように、合成された名称は構成要素に分解し、個々の要素をコード化するのだが、基本となる土質名は大体定まっていて、40~50種類で間に合った。地層が、いくつかの基本と考えられる土質が混ってできているときは、基本となる土質名を併記する。2つまたは3つ混る場合のあるものは英字1字または2字で表わし、混ることがないと思われるものは3文字で表わす。このとき、1字のものを2つ以上併記したものと、2字や3字のものとの区別ができなくて困る。また1字のものと2字のものを併記したものと、3字のものとの

表-4 色調のコード表

色調	コーディング コード	マシン コード	ラインプリン ターコード
黒	K	0	BLA
青	A	1.	BLU
茶 褐	C	2	BRO
緑	M	3	GRE
灰	H	4	GRY
赤 紅	R	5	RED
紫	V	6	VIO
白 乳	W	7	MIL
黄	Y	8	YEL
暗	D	9	D-
淡	L	10	L-

表-5 記事欄の状態のコード表

状態	コーディング コード	マシン コード	ラインプリン ターコード
薄層状	T	0	THIN
レンズ状	L	1	LENS
ブロック状	B	2	BLOCK
互層	A	3	ALTER
上部に	J	4	UPPER
中部に	C	5	MIDDLE
下部に	K	6	LOWER
多い	F	7	FREQ
中くらい	M	8	MEDIUM
少ない	R	9	RARE

が区別できなくても困る。こういうことが論理的に起らないように、また連想しやすい記号を作るには英字3桁が必要であった。たとえば、砂混り粘度はDC、玉石混り砂質シルトはBDT、砂レキ混りシルトはDGTであるが、これらは砂岩DN、シルト岩TNなど、2字からなるコードをもつ土質や、泥土MUD、凝灰岩TUFなど3字からなるコードの土質と重複することはない。

1.2.3. 標準貫入試験・土質試験 コーディング様式の図は省略するが、試験を行なった深度の上限をcm単位で5桁記入し、続けて打撃回数と進度を2桁ずつ記入する。進度30cmあたりの打撃数に統一しようとする、桁数は減るが情報も減るし、手計算で換算する手間もかかるので、打撃数と進度をそのまま記入することにした。この記入法で回数のみ記載された資料に出会った場合は、進度を30cmとみなした。貫入不能は進度0とすることによって数値化できる。

土質試験については、柱状図に試料採取位置を印刷するために、深度5桁、試料の厚さ3桁を、貫入試験に準じた様式でコーディングした。土質試験結果は、別個にコーディングし磁気テープに収録し、要求があれば印刷することにした。現在のところ、土質試験結果については内容をそのまま印刷するだけで、土質学的解析までに至っていない。

1.2.4. 標準化 昨今情報処理の分野ではデータの標準化(Standardization)という言葉がよく使われる。これは、原資料が生産される時点で、後に電算機にかけやすいように、普遍性・統一性をもった形式に合わせるということである。

土質データは本来数値的でなく、統一性がとりにくく、規格化しにくいものであるが、柱状図を作成する段階で極力この標準化を徹底することが望ましい、コーディング様式について詳述したのは、地盤資料の標準化に役立つことを期待したからである。

今回は、土質の知識を有しない者にでもコーディングできるようにすることを考え、たとえば土質コードは、専門的見地からよりも、むしろ単なる論理的構成という見地から、また英名から連想しやすい記号であるように作られた。今後大量の資料をコーディングすることになれば、土質の専門家だけでこの仕事をするわけにもいかない。またボーリング資料は現場の観察者の主観が多分に含まれ、土質名の表現もまちまちで、この資料を普遍的見地から一定の形式に統一することは専門知識を持った者でないとできない。たとえば、ロームと関東ロームの区別、固結粘土や固結シルトを土丹とするか否かの判断などがあげられる。今回は原資料を土質の立場から統一することよりも、原データをそのまま電算機に持ち込むことを主眼とした。それは後の出力段階で統一することがある程度可能だからである。

1.2.5. データチェックプログラム カードにパンチされ、直接電算機入力の形に直されたデータは、作業の各段階で発生したすべての誤りを含んでいる。このデータをそのままの形でラインプリンタに印刷し、原資料と照合することによって誤りの検出と訂正を行なう。そのとき、土質の判定の誤りは別として、形式的・数値的な誤りはできるだけ電算機に検出させ、その種類を印刷する







順に付けた通し番号で与えた。一方で、出力機器に表現される土質記号を上と同じ順序に並べた表に記憶させておけば、土質名に対応する土質記号は表上同じ順位のところに記憶されていることになり、検索プログラムにおける番地計算が容易である。

また、磁気テープに情報を無駄なく詰め込む理由は、電算機本体の演算時間に比べて、磁気テープなどの入出力機器との情報の交換が格段におそいことと、コア・メモリーの容量に制限があって、バッファをあまり大きくとれないことにある。数値データは一情報一語としたが、英字データは一語の中に数情報詰め込んだ。たとえば、一つの地層を表わす土質名に一語を使うことにすると、それは前述したように最高3つの要素から成るから、1語24ビットを3つに分けて各々8ビットを割り当てた。

### 2.2 ファイリング<sup>4)</sup>

以上の処理で作られた磁気テープ・ファイルは、中味のデータがボーリング番号順に並んでおり、シリアル・ファイルとよばれる。これに対し、索引ごとにまとめられたファイルをインバーテッド・ファイルというが、われわれの検索の大部分が座標を索引として行なわれるので、座

標順に配列しなおしたファイルが必要である。シリアルからインバーテッド・ファイルを編成する処理はディスク上で行なわれた。ディスク上に二次元配列の座標(メッシュ)を割り付けておき、テープから逐次読み出したボーリング・データを、ディスク上の該当箇所へ収めて行けばよい。

川崎を中心とする、ボーリング3,000本を収録した磁気テープはごくわずかであり、逐次検索法すなわち全データの読み出しに要する時間は約1分である。今後、データの範囲が拡大された場合、1:25,000地形図内のデータを一まとめにしてレコードとし、さらにそのレコードを座標順に並べてファイルとする。ファイルの頭にはファイル番号を付け、格納されている地形図番号と、含まれる行政区画などの表を入れておく。さらにファイルが多くなる場合は、各ファイルが受け持つ地形図上の範囲(地形図番号又は座標)を表にして、索引用ファイルとして、別途記憶させておく。こうしておけば、いくつかの地理区画(レコード、さらにファイル)にわたる断面図を作製する場合などにも、検索が容易である。また、データが追加された場合にも、該当ファイルの所定位置をさがし、ディスク上で再編成することが容易である。これらは、全国的規模のデータ・バンクを考えた場合、避けられない問題である。

### 3. 検索と出力例

電算機からの出力は、理解や判断に適する形になっていることが望ましい。印刷機から出てきた数値をグラフに描いてみて、はじめて大要がわかるというのでは、せっかく電算機が早く結果を出した効果が減少する。人間は元来、視覚的動物で、情報の大部分は目から入ることが多い。それも数字や文字を読むという形に入るより、図形として、さらに動く図形としてながめ、その全般的印象をつかみとることができれば一番よい。事実、地質や地盤については多くの図が作られ、大部分の人はその図を利用している。そこで地盤の情報検索・情報解析の結果はできるだけ図に表わすことに努めた。以下、いくつかの検索例を紹介する。

#### 3.1. ラインプリンタ活字による土質柱状図の表現<sup>1)</sup>

図-7の柱状図の印刷例をみると、原図をほぼ再現していると思われるが、プリンタ用紙および活字の大きさが一定という制限があるため、土質

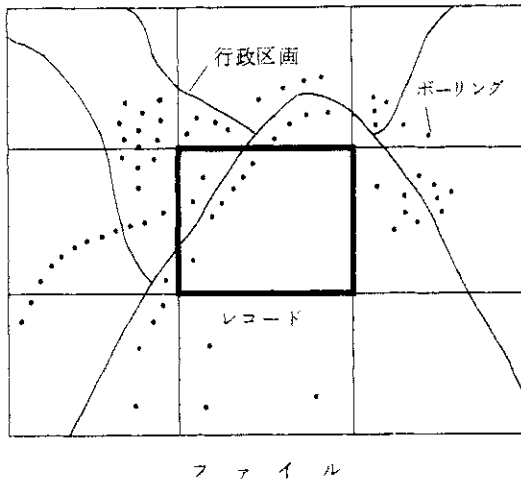


図-6 座標順ファイル

AREA KASAKI  
 YEAR-MONTH 1966. 8  
 HORT. C. NO. 3054

LONGITUDE 139.38.06.0  
 HEIGHT 7.00

LATITUDE 35.34.15.0  
 WATER LEVEL 2.10

DEPTH	THICK-NESS	SOIL SYMBOL	COLOR	SOIL NAME	COMMENT	SAMPLING POSITION N-VALUE	10	20	30	40	50
0	0.10		D-BRO.	SURFACE	*GRAVEL	1.15 N= 7 *					
	0.75		D-GRY.	CLAY	*HUMUS	2.15 N= 8 *					
	3.10		D-GRY.	CLAY -F.SAND	*HUMUS, F.SAND	3.15 N= 9 *					
	3.70		D-GRY.	CLAY	RARE	4.15 N= 3 *					
5						5.95 N= 3 *					
						7.00 N= 3 *					
						8.15 N= 3 *					
						9.15 N= 3 *					
10						10.95 N= 3 *					
	11.29	7.59	D-GRY.	SILT -F.SAND	*GRAVEL	12.00 N= 14 *					
						13.00 N= 19 *					
						14.15 N= 8 *					
15	14.10	2.61	D-GRY.	CLAY	*HUMUS	15.15 N= 12 *					
	14.90	0.80	D-GRY.	CLAY -F.SAND	*CLAY	16.15 N= 14 *					
						17.15 N= 15 *					
						18.15 N= 17 *					
20	18.25	3.25	D-BLU.GRY.	MEDIUM SAND	*F.SAND	19.15 N= 37 *					
	18.70	0.45	D-BLU.GRY.	GRAVE-M.SAND	*D=10-20	20.15 N= 32 *					
						21.00 N= 29 *					
	21.30	2.60									

調子計算機による都市建設資料の発表第一巻

図-7 土質柱状図 (出力)

E	139.40.48.0	139.40.52.5	139.40.48.0	139.40.48.0	139.40.48.0
N	35.32.48.0	35.32.51.0	35.32.51.0	35.32.51.0	35.32.51.0
H	5.40	4.60	4.70	4.80	4.60
W	1.55	1.10	2.10	3.40	3.28
Y	1970.07	1967.05		1969.05	1969.05
NO	1389	2364	2463	2464	2465

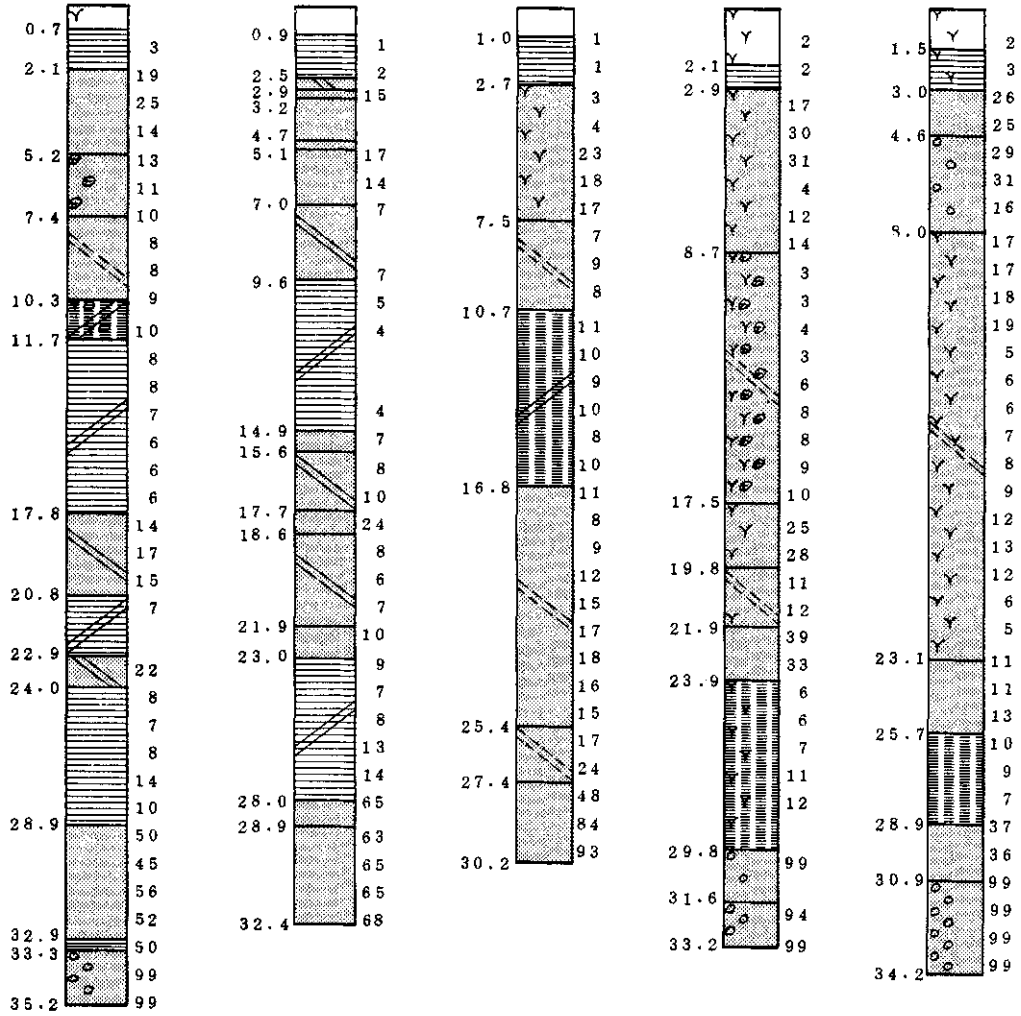


図-8 土質断面図

記号と土質名および記事の表現には工夫を要した。

土質記号の表わし方については、プリンタの所有する活字の中から、標準の土質記号によく似たものを選び、基本となる土質記号とし、土質コード表の順番にしたがって記憶装置に格納しておく(図-4のPRINTER CODE参照)。テープから読み出した土質記号は、詰め込んだときと逆に、3つに分離し、それぞれの番号に対応する活字を表から引いてきて、つぎに述べる規則にしたがってプリンタに打ち出させる。すなわち土質記号は原則として1字おきに空白も含めて12桁印刷する。2、3字を組み合わせた土質記号はそれらを交互に印刷する。2つの土質が混合しているときは、混合の多少にしたがって、副となる土質を主となる土質記号の中の定まった位置に配置する。同一地層が続いて土質記号が数行にわたって印刷されるときには、見やすくするため活字を横に1つずらせる。これに貝がらや腐植物の記号を混ぜることは行なったが、土質記号を3つ混ぜると非常に見にくく、識別がつけにくくなる。そこで土質記号としては2つまでを表わし、3つめはその土質名を記事欄へまわした。1つの土質記号の表現に2、3種類の活字を用いた土質は、コーディング段階のコードで英字3桁の土質に相当し、そこで述べたように、混合することがないと思われるものであり、また2つの土質の混合を示す活字の組み合わせと一致することがないように作ってある。

土質名は、英名またはその略語を12桁以内で表わす。混合したときは長さも考え土質記号に対応して2つまで印刷し、それぞれ6字以内で表わし、ハイフンでつなぐ。3つめは記事欄へまわし、セミコロンで区切りをつけた。なお、混合した場合、はじめの土質名の語尾を形容詞化すれば、たとえば“砂まじり”とか“砂質”とかいう表わし方にぴったりするのだが、今回は名詞形のまま併記することにした。

記事は、英文章として表わすと多くの字数を要し、紙面が足らなくなるので、動詞・冠詞・接続詞・格変化などは一応省き、単語を並べるだけにとどめた。この記事は土質名を主語とし、その土質が混じっている位置と状態と量を述語として構成され、1記事の終わりの印としてコンマをつけた。

検索法としては、メッシュを指定して、その中

のボーリングすべてについて印刷してもよいし、ボーリング番号を指定して印刷してもよい。

### 3.2 土質断面図<sup>2) 3)</sup>

図-8は川崎市内の国鉄南部線に沿った地質の断面図を、ファクシミリ受像機に印画したものの一部である。川崎駅から登戸付近までの沿線で片側100m、両側で200mの幅をもつ範囲のものである。断面図を構成するボーリングデータの検索法は次のとおりである。それは要望の線に沿ったボーリングを検索するわけであるが、線上にボーリングがあることはまれであるので、適当な幅を与えてその範囲内の資料を抽出する。図は直線の場合で、直線ABの両側にそれぞれ100mの幅をもたせ、それにかかるメッシュを太枠で示し、直線上におけるメッシュの位置はその中心から下

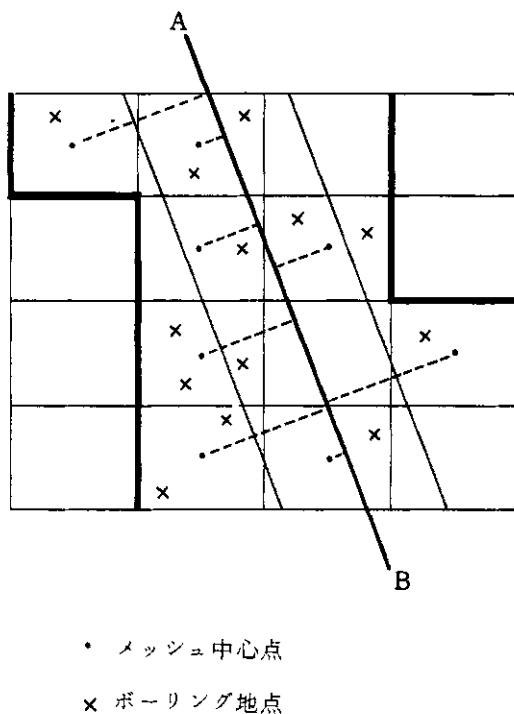


図-9 断面図の検索

した垂線の足とする。実際の計算は、各メッシュの座標の中で、指定された線分の両端の座標により決定される連立一次不等式を、満足するものを選ぶことである。曲線の場合には、それを折線で近似すればよい。検索の結果、該当するボーリングは約200本、印画紙40枚であった。これは、目的(鉄道の高架化)のために新たに地盤調査をせず、予備調査として既存のデータを利用する例である。図には、水平距離はとっておらず、またメッシュ内のボーリングは全部検出した。実用上の断面図は、柱状図をタンザク状に切り、距離目盛をとった紙に貼り、同時に1メッシュ内のボーリングを1本にしぼるなどの手作業と地層のつながりなどの地盤上の判断を経て作製される。柱状図の上部に標題、左の数字が深度、右がN値を表わす。

ここに用いたファクシミリ受像機はインターフェースを介して電算機とオンラインで結ばれている。プログラム上、柱状図の組み立て方は、ライプリンタが活字単位であるのに対し、黒点を1、白点を0とするようにビット単位でパターンを作る。したがって、図のような任意の絵が描ける。

ファクシミリと全く同様の図形をCRT(ブラウン管)とプロッタでも作れる。CRTは早い記録が簡単に残せないこと、プロッタは遅いが細かく精度のよい図が得られる特徴をもっている。さらに、CRTと入力タブレットまたはライトペンを組み合わせたシステムが得られれば、人と電算機との速やかな情報交換を行なうことができる。断面図に例をとれば、CRTに表示された地図上において、人が点又は線を指定し、対応する断面図を電算機が検索してCRTに描き、人がそれを見て、たとえば不連続面があるか否かなどの判断を下し、必要ならばさらに位置を変更して同じことを繰り返す、といった作業が可能である。

ところで柱状図を印刷するだけならば、原資料をマイクロフィルムやアパチャーカードの形で保存し位置座標によって整理しておいて、人手で検索することも可能であり、電算機を使うことがそれほど有利とはいえない。これから述べる方法は、電算機がデータに対して一般性をもち、高速であるが故に可能なものである。

たとえば、ある定まった方向についての土質断面図を作ること、時間さえかければ人手でできることである。しかし、任意の方向について並べ

ることは、たとえ柱状図が座標順に整理されていたとしても、短時間にはできない。電算機によれば、人が自由に指定した方向に対して、数分間で断面図を印刷できる。所要時間の大部分は入出力にかかる時間である。

都市地盤解析の初期の頃は、利用できる出力機はライプリンタだけであったので、断面図も活字により数本並べて印刷した。また、土質記号を活字の組み合わせ模様ではなく、土質コードに準じて一土質に一字を定めて打出し、色を塗って地層を表わすことも試みた。こうすると、プリンタ用紙の横方向を深さに、縦方向を断面の距離にとることができ、着色するだけで実用的な断面図が作られた。

その後、出力機としてカーブプロッタをはじめ、ファクシミリ受像器やCRTを利用できるようになり、上記のようにディスプレイの方法は格段に改良された。

### 3.3. 等N値深度分布図<sup>2)3)</sup>

地域開発・建築物建設の予備調査として、軟弱地盤の厚さが問題となる。これに対するデータ検索の方法として、N値が一定値 $N_0$ 。(例えば $N=30$ )を初めて越える深度を、メッシュごとに計算した地図をライプリンタに打ち出した。当初は、N値に関する等深線をプロッタに描かせることを考えていたが、仮りに等深線が描けるとしても、ボーリングのあるメッシュの数が少なく、補間によっても滑らかな曲線にならないであろうと考え、まずメッシュごとの値を印刷してみた。あるメッシュに関する情報は、この地図では、1つの活字で表わさなければならないので深度をいくつかの階級に分けてその階級に定められた活字を印刷する。

メッシュ内にボーリングが1つしかないならば、N値を孔口から順にみて行き、 $N_0$ を越えたとき、その1つ上のN値を使い、補間によってちょうど $N_0$ になる深さを計算すればよい。ところが、メッシュ内にはボーリングが何本もあるから、ある種の平均値について上記のことをしなければならぬ。メッシュ内の標高は同一とする、つまりメッシュ内のすべてのボーリングの孔口を揃えて考える。貫入試験位置は不連続で間隔も一定ではないから、孔口から一定間隔ごとの深さにおいて、おのおののボーリングについてN値を補間し、それを全ボーリングについて平均する。平均の方法

としては、N値のデータが正確と思われるボーリングに大きなウエートを掛ける方法も考えられる。あるメッシュ内の数本のボーリングに関するN値のカーブを重ねて印刷してみると、前述の断面図同様、同一メッシュ内でも不一致がみられるし、どれが適切かという判定もむづかしい。平均化によって、おのおののボーリングデータのもつ誤差は減るが、メッシュによってボーリングの本数が異なり、平均の度合はまちまちである。

以前は、この平均法によってN値深度図を計算していたが、今回はメッシュの代表ボーリングとして、孔底の最深のものを1本採用することにした。それは、メッシュの大きさに関連して、上述の如く平均法には無理があることと、孔底の深いボーリングは、一応精確で情報に富んでいると思われるからである。

プログラムは“N値が地表から初めて $N_0$ 以上になる”という条件だけではなく、それが“与えられた厚さ”以上続くという条件も加味して作ってある。つまり、 $N_0$ 以上になっても、それが一定の厚さにわたって続かず、すぐに $N_0$ 以下になるときはさらに穴の下へと見ていく。電算機を用いると、 $N_0$ 、厚さ、階級の分け方といったパラメータを任意に変えられるのが利点である。

図-10、図-11は等N値深度分布図の例である。深くなるにつれて初めて、厚さ1m以上にわたって、N値が30以上になるところの地表からの深度を文字で表わしたものである。文字と深度階級との対応表は図の右の部分に印刷されている。たとえば、Cで表わされたメッシュでは、深度10~15mで初めて、N値が30以上の層が1m以上続いて表われることになる。

結果は、N値が $N_0$ 以上になる深度は、山手(図-11)では浅く、低地(図-10)では深い、すなわち地盤は山手で固く、低地で柔らかいという常識的なものしか見いだせないようである。これは、ある程度の数のメッシュが地図上に集まったという意味での平均化によるものである。とくにメッシュの大きさは、分析の目的によって変わってくるべきものであり、大ざっぱな結果でよいならばメッシュは大きくても構わないが、詳細な結果を求めるならば、メッシュは小さくしなければならない。地盤解析に、1/100分割メッシュが適当か否かは今後の問題である。

### 3.4. 流動化砂層分布図<sup>5) 6)</sup>

この検索方法は、川崎市における土の流動化の予測に関する調査に実用化されている。川崎市の地盤が流動化する可能性があるかないかについて、未だ詳細には研究されていない。流動化は埋設管の耐震性を考える上に最も重要な要素であるので、過去のボーリングデータを参考に、流動化の予測調査が行なわれている。砂の粒径分布、最大加速度と流動化限界N値との関係、などの研究結果をもとに、定量的流動化限界条件を求めると、次のとおりである。

i) 砂が飽和砂であること。(地下水位以下の意味)

ii) N値の限界は12~15である。

iii) 流動化は地盤の深いところでは生じなく、その限界の深さは12~15mである。

iv) 以上は砂層が一様に分布している場合であるが、現実には一様な砂層は少なく、シルト、レキなどの互層である場合が多いので、流動化を生じる砂層厚(最小限)をきめる必要があるが、この値は、国鉄の示方書では7mと考えている。

v) 粒径分布は0.1~1.0mmであること。

図-12は地下水位以深、15m以浅の区間において、7m以上の砂層が存在し、その砂層内のN値の平均が15以下、という条件を満足するボーリングを検索したものである。地図上にプリントされている数字が、そのメッシュにおける該当ボーリングの本数である。0はボーリング資料は存在するが、流動化の条件に当てはまるものがないことを示す。図の右下部において、ボーリング資料が豊富に存在する斜めの線が京浜産業道路に当たっている。図は1:25,000地形図川崎の右下4分の1の区画である。流動化の条件を満たすボーリングの本数は、川崎市全域において111本見なかった。

実用上は、さらに柱状図・土質試験結果から土質の吟味を行なって流動化危険地域をきめることになるが、N値の最大値が15以下とすると、候補(検索結果)が僅少になってしまうので、N値は平均値を用いた。この辺の土質の判定規程がいまいちなため、情報処理上はN値曲線の“大よその形状”が15以下という条件が最も実用的判断に近いように考えられる。単に最大値や平均値をとると、1つだけ特異な値があった場合、前者では全体的判断をあやまり、後者では余りにも平滑化するおそれがある。概形で判断する場合に便利

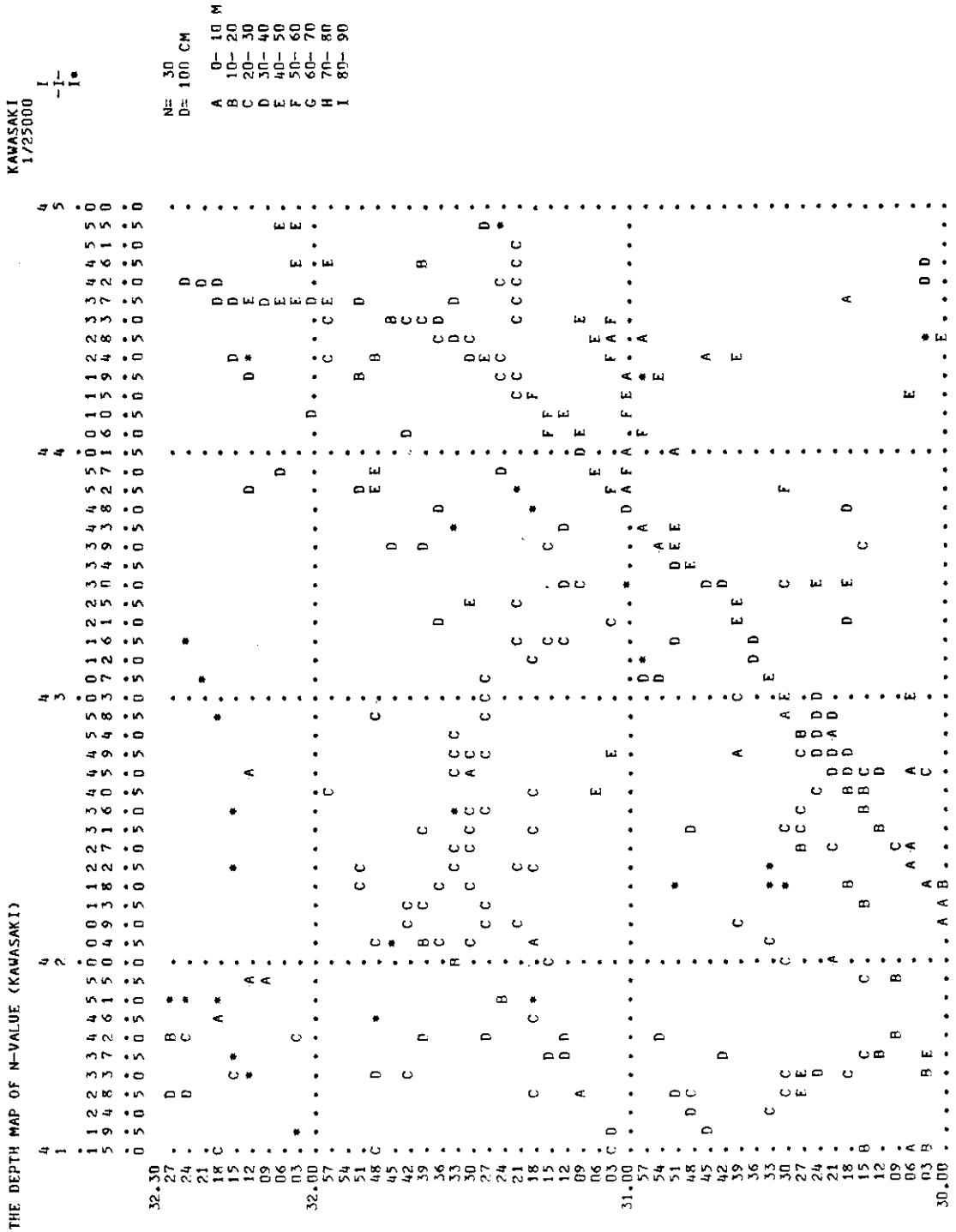


図-10 等N直深度分布図 (その1)



THE DEPTH MAP OF N-VALUE (KAWASAKI)

KAWASAKI  
1/25000

\*I  
-I-  
I

N= 30  
0= 100 CM  
A 0- 10 M  
B 10- 20  
C 20- 30  
D 30- 40  
E 40- 50  
F 50- 60  
G 60- 70  
H 70- 80  
I 80- 90

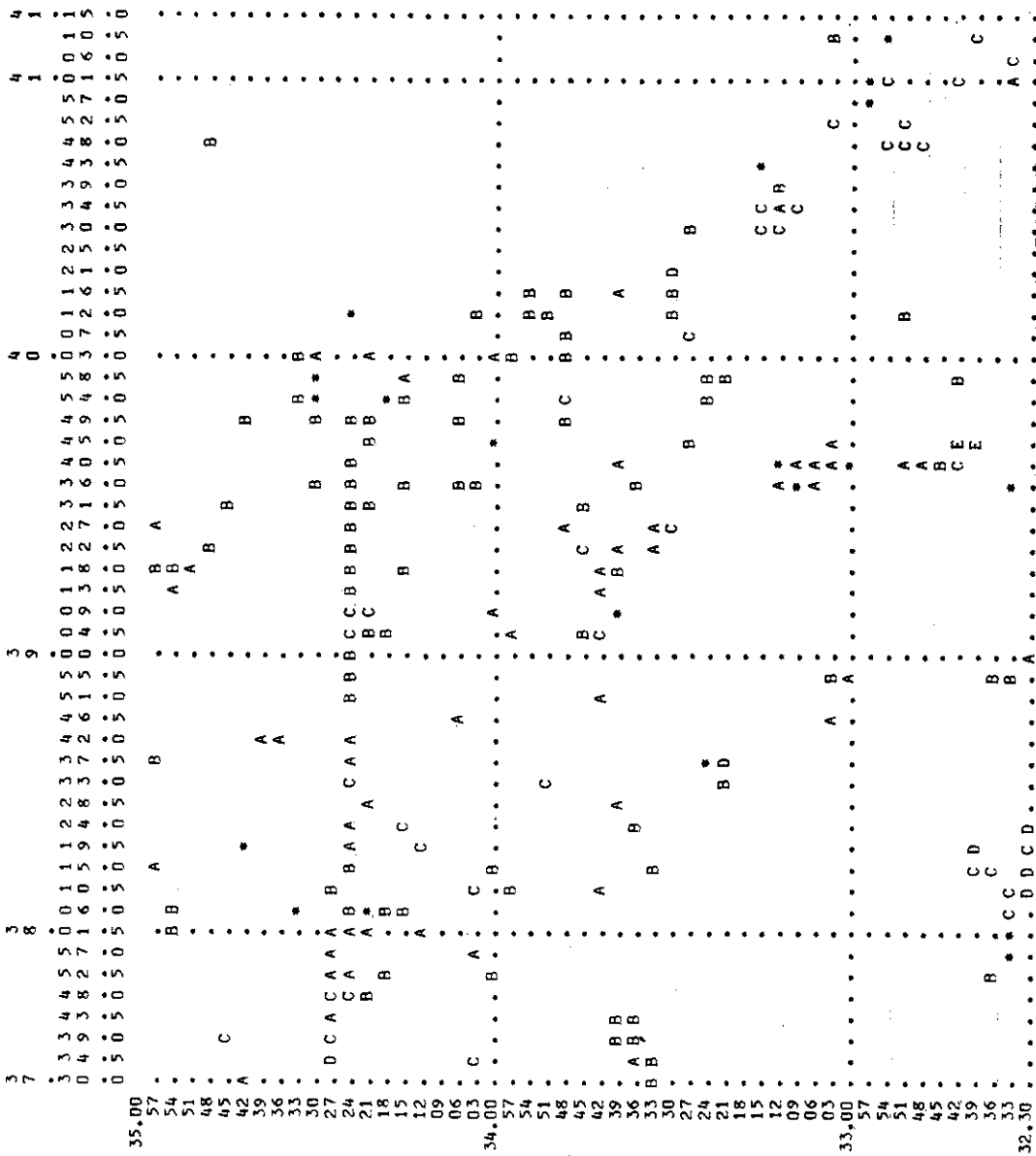


図-11 等N直深度分布図 (その2)

LIQUIFACTION		KAWASAKI 1/25000		I -I- I*		PARAMETERS	
						DEPTH<20M TRICK> 7M N<15	
						SYMBOL **9	
						191 83 1590 82 1690 94 2714 92 1014 95 107 106 1176 3200 2785 2786 202 200 1179 2763 2765 1189 1190 1188 2793 3173 3195	
32.30	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
09	0	0	0	0	0	0	0
06	0	0	0	0	0	0	0
03	0	0	0	0	0	0	0
32.00	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
09	0	0	0	0	0	0	0
06	0	0	0	0	0	0	0
03	0	0	0	0	0	0	0
31.00	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
09	0	0	0	0	0	0	0
06	0	0	0	0	0	0	0
03	0	0	0	0	0	0	0
30.00	0	0	0	0	0	0	0

図-1.2 流動化砂層分布図

なひとつの数值的方法は、移動平均をとることである。すなわち、ある程度平滑化した上で最大値を見る方法である。あるいは、N曲線の突起状部分を見つけるために、分散を用いてもよい。これらの方法により、実用的判定を電算機に行なわせることが可能であると思われる。同様な問題が、砂層の厚さや砂の質についても提起される。今回は中砂・細砂または単に砂という土質名を砂層とみなしたが、他の土質が少量混入していたり、薄く狭んでいたりしても構わないという条件にすれば、候補はさらに多くなる。

### 3.5. 最大加速度分布図<sup>5) 7) 8)</sup>

これは検索法の主題からそれるので、地盤の地震動に関するシミュレーションとして別途報告する予定である。要旨は、基盤に推定地震動を与え、それが数個の地層を、多重反射を行ないながら、通過して地表に至る模様を波動方程式でシミュレートし、最大加速度の分布を求めるものである。これは水平な成層地盤に基盤より地震波が入射した場合に、地盤の地震応答がすべてS波の重複反射で説明できるという仮定に基いている。この計算も各メッシュについて行なうのであるが、あらかじめそのメッシュにおける弾性的性質による地層の構造をきめておかなければならない。これはボーリング資料に記載されているN値から自動的に設定することができる。

### あとがき

おわりに、本報告作成にあたり御教示いただいた、国立防災科学技術センター所長菅原正巳氏・同第2研究部長高橋博氏・資源調査所科学調査官清水良作氏、また御協力いただいた防災センター第3研究部尾崎睿子氏・松本義孝氏および川崎市公害局の方々に謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 幾志・菅原・清水：(1971)「電算機による都市地盤土質柱状図資料の一検索法(第一報)」土質工学会誌V. 1. 19-4, P. 23-30.
- 2) 同上(第二報)V. 1. 19-5, P. 9-14.
- 3) 高橋・幾志：(1970)「電子計算機による都市地盤資料の整理および解析」第7回災害科学総合シンポジウム講演論文集, P. 13-16.
- 4) 幾志：(1972)「地盤資料の電算化と検索

法」情報処理学会第13回大会講演予稿集, P. 215-216.

- 5) 幾志：(1972)「震災シミュレーションの方法」資源調査所
- 6) 川崎市防災会議：(1972)「川崎市の震災予防に関する調査」, P. 161-165.
- 7) 今井・吉村：(1970)「軟弱地盤における弾性波速度と力学特性」土質工学会誌V. 1. 18-1, P. 17-22
- 8) 金井：(1969)「地震工学」井立出版, P. 72-73.