

情報の集め方と利用の方法

12. 地盤資料(土質柱状図)の電算化と検索法

科学技術庁国立防災科学技術センター 幾 志 新 吉

12.1 情報の集め方

防災科学技術センターでは電算機による都市地盤土質柱状図資料の検索法について研究を進めているが、当学会誌¹⁾に紹介したとおり、ボーリング・データ収集後の処理方法に関する、情報処理技術上の試験的研究は一応完成している。本稿では、その方法を情報検索という、一般的観点から見なおしてみたいと思う。

情報検索は正確にいうと、情報の蓄積と検索というべきであり、蓄積がなければ検索は考えられないのである。ボーリング資料についても、その検索法を論ずる以前に、蓄積方法すなわち収集と整理と電算化の問題を考えておかなければならない。

情報源としてのボーリング・データの収集・規格化・電算化に関する、行政的・組織的問題はまだ実現・確立されていない。

地盤に関する科学的な調査が計画的・組織的に行なわれるようになったのは、比較的新しいことである。すなわち、昭和32年10月科学技術庁資源調査会が勧告第2号として、「都市域地盤測定計画推進に関する勧告」を行ない、これを契機として、昭和35年度以降建設省で「都市地盤調査」、また通産省で「工業地帯地下構造調査」という本格的な調査が実施されてきている。このほか、住宅公団・国鉄・道路・港湾関係において精密な測定が行なわれており、また資料精度は劣るが大都市においては高層建築の建設などに伴い数多くのボーリング資料が生産されており、市区町村の建築関係の部門に保管されている。

これらの資料は、それぞれ、各省庁・各機関の調査目的・行政目的に適するように収集されているので、その対象とする地域および資料の精度・種類に大きな差がある。しかしこれらはそれぞれの地点での貴重な自然条件の資料であって、相互に補完し合い完全に利用しうるならば、より効果的なものになる。

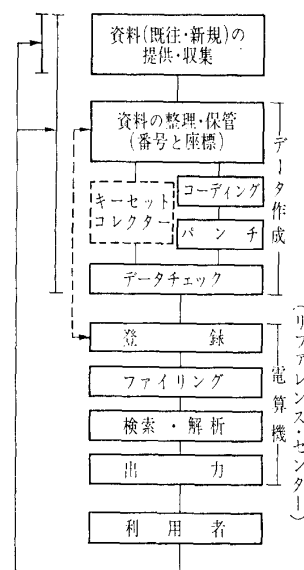
東京では昭和42年に約500棟の5階建以上のビルが建

設されており、これらの建設に当たって、その設計施工の上から少なくとも3,000本の地盤調査がなされていると推定されるが、これらの成果はほとんど未公表の資料となっている。全国では毎年新たに1万本近く生産されており、その中で比較的精度の高い資料は約5千～6千地点のものである。都市地盤調査において取り扱った地域は、10年間におよそ26地域であり、その調査地域はおよそ8,000km²(主要都市域の16%)である。この調査において収集した既往ボーリング資料はわずかに31,000本程度である。

より役に立つ、より細密な地盤図作成のためにも、また個々の利用者の需要に応ずるためにも、まず数多くの埋もれてしまう資料を収集する必要がある。また、ここに集められる膨大な資料の中から、照会のたびにすぐ答えられるために、このリファレンスセンターの機能として近代的な情報管理システムの導入が必要である。

つぎに、資料収集のシステム化と同時に、資料の規格化・標準化も重要である。今日まで、地盤調査が研究調査の域を脱し、事業としての体系が確立してきたおもな要因は、関係省庁・地方公共団体・公共企業体・学会などにおける標準化の努力があってのことである。今後、数多くのボーリング資料の収集・整理・利用という、調査事業から利用分野にいたる過程の体系化においては、資料の質の向上と均一性ある資料生産が要求され、さらに電算機による情報管理へつなぐためなお一層の標準化が必要である。

この意味で、土質工学会土の判別分類法基準化委員会による土質分類法ならび



図一 システムフロー

講座

に分類結果表示法の制定は、将来体系化の一端をになうであろう電算機側の立場からも有意義なことであり、この分類表示法が関係各方面に徹底され、規格化された資料の生産されることが望まれる。

20世紀後半の科学技術の一つに情報管理がある。地震の予知への道は遠くても、耐震の技術、災害防止の技術は一步一步進めることはできる。地盤の調査、地盤調査資料の収集・利用もその一歩である。

以上、地盤資料収集に関する一般的方法論を述べてきた。現在のところ、既往および新規の資料の標準化と収集ルートの体系化はなされていない。国立防災科学技術センターでの情報検索法の研究に用いた資料は、先述の都市地盤調査に関して、(財)資源総合開発研究所で収集した全国の既往の資料である。電算化されているのは、東京・川崎の約5千本のボーリングデータである。

12.2 資料の整理

12.2.1 ナンバリング

原資料は、それが電算化された後も照合が必要なので、固有名詞としての整理番号（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・埋立地域など事業区分によってまとまっている場合が多い。これらの1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れば、番号の重複は避けられる。電算機が利用できる場合には、原資料の分類・整理をさほど上手にすることはなく、照合が必要ときに番号で引き出せるようにさえしておけばよい。電算化の後、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。

12.2.2 ボーリング位置の表示

メッシュ法によるものとした。その大きさは経度4.5"、緯度3.0"であり、北緯35°付近では東西112.5m、南北92.5mである。これは1:25,000の地形図1枚のたて・よこともに100等分したメッシュで、国土地理院の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。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。以前東京都大田区の1,000本の資料を電算化した際には、両方向とも6"のメッシュを用いたが、その後川崎市を中心とする3,000本についてから上述のメッシュを用いることになった。

メッシュ法による理由は、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激しく、数年前のボーリング地点

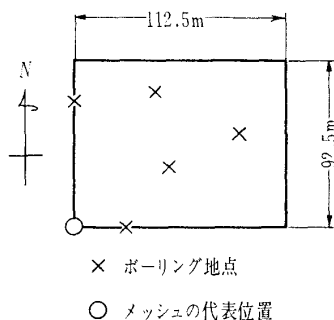


図-2 ボーリングとメッシュ

を道路・町名番地などを手がかりに決定すること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、場所によりこのメッシュの中に多数のサンプルがはいり、しかもこのメッシュの広さでは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、メッシュの目があらすぎるか、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内のサンプル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データを与える必要がある。結局、メッシュ法による検索・解析結果は、広い範囲における地盤特性の大局的傾向を表わすものとなる。

12.3 コーディング

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・様式・記号にしたがって、原資料をコーディングシートに書き写す作業である。様式を定めるに当たっては、カードの有効けたをフルに使うこと、データのけた数をそろえること、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。一方、記号を定める際には、原名から連想しやすいこと(ニーモニックコード)、記号を組み合わせたときに重複が起らないこと、かつけた数を少なくすること、などを考慮した。このようにして国立防災科学技術センターで定め利用している、コーディングシートの様式と各種コード表については、当学会誌¹⁾で詳しく述べたので、ここでは項目を列挙し、例として土質コード表を掲げるにとどめる。

12.3.1 標 題

整理番号をはじめとし、一つのボーリングの索引語として、自然条件で検索する場合に不可欠の要素である、経緯度・標高・施工年月のほか、後の解析に有効となる孔内水位・孔の深さを記入する。また社会条件である施行者名(業者名)・工事名・発注者名・行政区画名などの登録も考えられる。

12.3.2 地層データ

各地層ごとに、地層の深度・土質名・色調・記事を記入する。2地層データがカード1枚に相当する。数値データである深度以外は、ニーモニックコードが定められてい

土 質 名	コー ディ ン グ	マ シ ン	LP	FAX
表 土	SUR	0		
腐 植 土	Y	1	Y	Y
貝 ガ ラ	Q	2	Q	⊙
浮 石	P	3	P	△
玉 石	B	4	B	○
レ キ	G	5	0	。
砂 レ キ	DG	6	0	⋯
砂	D	7	。	⋯
細 砂	F	8	。	⋯
中 砂	M	9	⋮	⋯
シルト	T	10	—	⋯
粘 土	C	11	=	⋯
泥 土	MUD	12	Y	Y
砂 岩	DN	13	I	
シルト岩	TN	14	I	
泥 岩	MN	15	I	

図-3 土質コード表の一部

るので、それを使って記入する。コードは基本要素について定められているので、混合したり組み合わせた名称の場合は、基本コードを連記すればよい。記事文は土質名を主語とし、その土質が存在する位置と状態と量を述語として構成する。

12.3.3 標準貫入試験

深度・打撃数・進度を深さ順に記入する。数値データなので記号を使う必要はないが、 N 値の表わし方はまちまちであり、コーディングの際統一しなければならない。進度 30 cm 当たりの打撃数に統一しようとする、けた数は減るが情報も減るし、換算の手間もかかるので、打撃数・進度をそのまま記入する。回数のみ記載された資料の場合は、進度を 30 cm とみなす。よく貫入不能というのがあるが、これは進度 0 とすることによって数値化できる。

12.3.4 土質試験

深度・試料の厚さ・試料番号を記入する。試験結果は別途コーディングする。柱状図に試料採取位置と番号を印刷し、必要があれば試験結果をそのまま印刷するだけで、土質的解析までには至っていない。

12.3.5 標準化

昨今情報処理の分野では、データの標準化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ことである。データ検索のためのコーディングは、文献検索のそれに比べて、経験的ないしは主観的判断のはいり込む余地がないように思えるが、柱状図資料の場合には原資料の段階で不統一が目立ち、その翻訳には土質的・地質的判断が要求される。柱状図資料に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的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や固結シルト・固結粘土を岩とするか否かの判断などが挙げられる。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、柱状図を記録する段階で極力標準化が徹底されることが望ましい。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作業をするわけにもいかないから、なおさら原資料作成時における標準化が必要である。

国防防災科学技術センターにおける検索法の試験的研究では、土質的知識を有しない者にでもコーディングが容易となるように、たとえば、土質コードなどは土質の見地からよりも、単なる論理的構成という見地から作定された。すなわち原資料を土質的に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方針をとった。これは後の検索・出力段階で統一することがある程度可能だからである。

12.3.6 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のだが、その際、先述のような土質的判断による誤りは別として、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プログラムが開発されている。

まず第一に、カード番号をチェックすることによって、カードの逆転、不要カードの混入、必要カードの脱落などを調べることができる。経度・緯度が格子点を表わしているか否かのチェックは、それらが基準点からのきざみの整数倍になっているか否かによる。標題データのその他の数値データは、実際にありうる範囲を設けてチェックすれば、異常なデータは検出できる。地層や N 値の深度は、前後との大小関係から順序のチェックができる。また土質名などの文字データについては、コード表にないものは誤りであり、また同一欄の中で重複していたり、途中でブランクがはいっていたりすれば誤りとみなす。たとえば、記入欄がズレていたときなどもこのチェックにひっかかる。以上のような形式上のチェックによって、ほとんどの誤りが検出され、訂正を容易ならしめる。

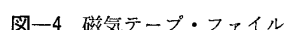
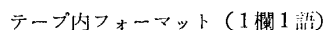
12.4 ファイリング

カードリーダから読み込まれたデータは、電算機内部でもう一度コード化されて蓄積媒体としての磁気テープに書き込まれる。このコード化の第2段階では、磁気テープからデータを読み出して種々の検索処理をするとき、プログラムが容易になるような様式でテープに収録すること、テープの蓄積部分がなるべく短くなるように、ワードのみならず、記憶の最小単位であるビットもむだにしないように情報をパッキングすることである。

プログラム上での使いやすさという点で、文字データの数値化は規則を定めて行なう。たとえば、電算機内部における土質コードは、土質コード表の上から順に付けた通し番号とするのがよい(土質コード表のマシンコード参照)。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、土質名が順番で与えられたとき、対応する土質記号は表上同じ順番のところに記憶されていることになり、探索法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パッキングする理由は、電算機本体の演算時間に比べて、テープなどの入出力機器との情報交換が格段におそいことと、コア・メモリ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である。数値データは1情報1語とするが、文字データは1語の中に数情報詰め込む。たとえば、一つの地層を表わす土質名に1語を使うことにすると、それは前述したように最高三つの成分から成るから、1語24ビットを三つに分けておのおの8ビットを割り当てる。

以上の処理を経て蓄積された磁気テープファイルは、中



92

早く合目的情報が得られる。ただしこの場合、磁気テープはポジショニング（物理的位置探し）のアクセスの点で不向きであるので、ファイルはディスク上になければならない。

三番目に、ある地点のボーリング・データを検索する場合にインダイレクト・サーチ法を適用する。すなわち、求めるボーリング（探索レコード）の座標（索引）に、2次元配列のバッファに関する番地計算（変換）を施し、合目的情報の格納番地を求めて、回答を得る。また、土質断面図を求める場合のように、ある線上のデータを検索するときは、この探索法を何度か繰返すことになる。

ところで、土質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にしておき、位置座標によって整理しておいて、人手や分類機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。また、ある定まった方向についての土質断面図を作ることは、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検索することは、たとえ柱状図が座標順に整理されていたとしても、すぐにはできない。電算機は人が自由に指定した方向に対して、数分で断面図を印刷してくれる。これは、電算機がデータに対して任意性をもち、高速であるから検索が可能となる例である。

さて、地盤資料の検索では、回答結果の表現方法が、検索法に劣らず重要である。一般に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はいることが多い。それも数字や文字を読むという形ではいるより、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、地盤や地質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の結果はできるだけ図に表わすことに努めた。利用できる出力機器は、当初はラインプリンタのみであったが、その後カーブプロッタをはじめ、ファクシミリ受像器やCRT（ブラウン管）が利用できるようになり、ディスプレイの手段は格段に改良された。

当所では、CRTと入力タブレット（ペンによる指示）を組み合わせ、いわゆるマンマシン・システムを計画しており、それが実現されれば、人間と電算機との相互の速やかな情報交換を行なうことが可能となる。断面図を例にとると、CRTに表示された地図上において、人間が点や線を指定し、対応する断面図を電算機が検索してCRTに描き、人間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、必要ならばさらに地図上で位置を変更して同じことを繰返す、という操作が可能である。

12.6 利 用 例

12.6.1 地 図

ラインプリンタに打ち出したものである。プリンタ用紙のたて1字、よこ2字分の字字スペースを1メッシュに割り当てると、用紙1ページで50×50メッシュ、すなわち1:25,000地形図の1/4部分が表わせる。こうすると尺度が1:25,000地形図とほぼ同じになって都合がよい。各図の右上に1:25,000地形図名

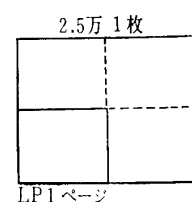


図-6 LP 地図

と、その、どの1/4部分に当たることが示される。また、図の周囲には東経・北緯の目盛が入れている。この図では、各メッシュに関する情報は一つまたは二つの活字で表現することになる。以下、多くの検索結果がこの形式で表示される。

12.6.2 柱 状 図

ラインプリンタ活字によって、柱状図資料をなるべく原図に近い形で再現したものである。とくに、土質記号（土質コード表(図-3)LP欄参照）はそれによく似た活字を規則的に組み合わせることにより、絵としての表現が保たれている。記事文は文章で表わすと紙面が足りなくなるので、主語（土質名）と述語（状態）を並べて表わす。またN値曲線も紙面右側にプロットされる。

12.6.3 土質断面図

要望の線に沿った柱状図を検索し、図-8のように配列する。このとき線上にボーリングの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-7は直線の場合で、直線ABの両側に幅をもたせ、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した垂線の足とすることを示す。実際の計算は、線分間に成り立つ連立1次不等式を満足するメッシュ内のボーリングを検索することである。

柱状図の表現形式は、ラインプリンタの活字を用いて図画化したもののほか、プロッタやCRTに、手描きの土質記号（土質コード表(図-3)FAX欄参照）を用いて描いたものもある。後者とまったく同様に、オンラインのファク

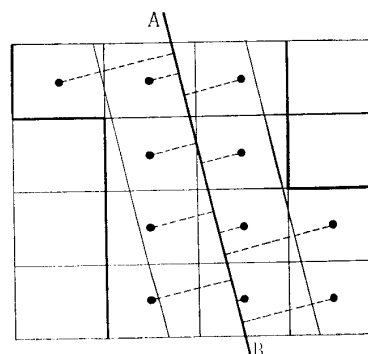
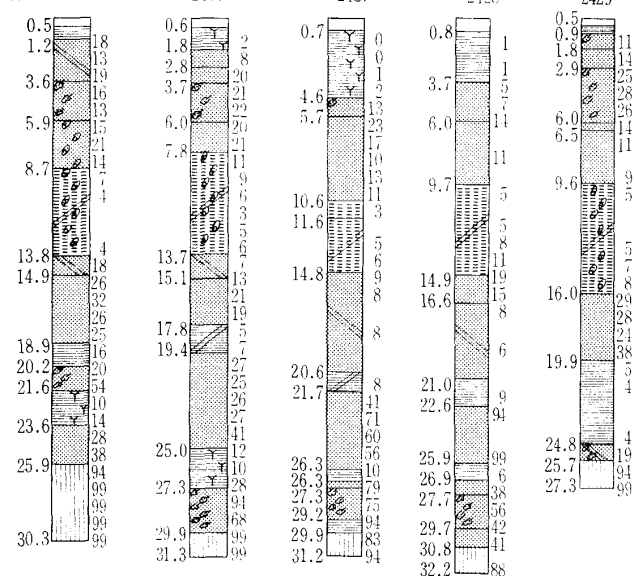


図-7

講座

E	139,40,34,5	139,40,34,5	139,40,34,5	139,40,34,5	139,40,34,5
N	35,33,15,0	35,33,15,0	35,33,15,0	35,33,15,0	35,33,15,0
H	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20
W	1.29	1.30			1.10
Y	1969,05	1969,05	1969,05	1969,05	1969,05
NO	2425	2426	2427	2428	2429



E: 東 経 W: 孔内水位
N: 北 緯 Y: 施工年月
H: 標 高 NO: ボーリング番号
各柱状図の左側の数字: 深度 (m)
右側の数字: N 値

図—8 FAX による土質断面図

シミリ受像機で印画したものが図—8である。これは、横方向に距離をとってないが、川崎市の南部線に沿った断面図の一部であり、実際に利用されている例である。

12.6.4 等 N 値深度分布図

N 値が一定値を越える最初の深度をメッシュごとに求め、図—6の地図で表わしたものである。1メッシュ内のすべてのボーリングについて、地表からの深度一定間隔ごとに、測定値のないところは補完して、N 値の平均値をとると、

そのメッシュの平均 N 値曲線が得られる。メッシュごとにこのような計算をすると、平均 N 値がたとえば 30 以上になる地層が、1 m 以上の厚さをもつ最初の深度の分布図を示すことができる。また別法としてメッシュの代表として最深ボーリングを採用し、その N 値データを用いて上記の分布図を出してもよい。図は図—6の地図で表わされ、メッシュごとに深度が階級文字で示される。川崎市および大田区のデータについて算出した結果、N 値がある一定値を越える深度は、山手で浅く低地で深い、すなわち地盤は山手で堅く、低地で柔らかいという常識的な傾向が見られる。

12.6.5 流動化砂層分布図

地下水位以下、15 m 以上の区間において、7 m 以上の砂層が存在し、その砂層内の N 値の平均（または最大値）が 15 以下、という条件（流動化限界条件）を満足するボーリングを検索するものである。結果は図—6の地図上に該当本数をプリントした形で得られる。これは川崎市における、土の流動化の予測に関する研究に利用されている。最大 N 値で検索すると該当本数が少な過ぎるので、平均 N 値で検索した結果、流動化条件にあてはまるボーリングが川崎市内で約 100 本見つかった。また砂層厚を 5 m, 3 m として検索した結果も得られている。

おわりに、本稿執筆のさい御教示いただいた、国立防災科学技術センター所長菅原正巳博士、科学技術庁資源調査所科学調査官清水良作氏、国立防災科学技術センター第 3 研究部計測研究室長渡辺一郎氏、川崎市公害局の方々に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 幾志新吉・菅原正巳・清水良作：電算機による都市地盤土質柱状図資料の一検索法，第 1 報：土と基礎，Vol. 20, No. 4, pp. 23～30, 1972，第 2 報：土と基礎，Vol. 20, No. 5, pp. 9～14, 1972

(原稿受理 1973.1.8)

*

*

*