

第四紀基礎地盤地質図

宇野 沢 昭・松野 久也(環境地質部)

はじめに

洪積台地および沖積平野は もっとも高度に利用されているところである。とくに 大都市の大部分は臨海沖積平野に立地しており 経済活動も活発なところである。

したがって 社会的集積も非常に大きい。しかも 今後におけるその著しい増大が期待されている所でもある。このような実情は わが国だけに限られたことではなく 世界的に共通するものである。したがって 都市とくに大都市の災害に対する弱点も著しく増大しつつある。とくにわが国では 近年地震災害に関連して 都市地盤についての関心が急速に高まってきている。

とくに第Ⅱ次世界大戦後のことであるが これら大都市の開発 すなわち 高層建築物 長大橋梁 高速鉄道 地下鉄 港湾施設 産業施設などの建設工事に伴う基礎工事に関連して 基礎地盤の地質が重要な問題として考えられるようになってきた。そして 急速に増大する巨大な建築物および構造物に対して 適切かつ安全な基礎を確保する必要から 第四紀層からなる地盤の地質について多くの新しい問題が見出され 土木工学および建築工学はこれらを克服するための新しい技術を編み出して来た。そして その基礎として地質工学技術の著しい発展をもたらしたのである。その結果 今日見られるような巨大建築物および構造物を 効率的かつ安全に建設することが可能となってきたのである。

ここで 工学では すべてのデータが数値化されるのが原則である。これに対して 地質家はそのように訓練されてなく この点に関して伝統的に弱いのが特徴である。この間隙は 土質力学および岩石力学によって埋められ 定性的な地質の記載は大幅に測定値によって置き換えられるようになってきた。しかしながら これらの水平 垂直方向への連続性 相互関係等の解釈および編集には 地質学に関する深い知識と経験を必要とする。すなわち 計画 設計 施工の基礎資料として信頼出来る精度の高い地質図および地質断面図(垂直ならびに水平断面図)が不可欠であるからである。このような必要性から 第Ⅱ次大戦後土木地質学という地質学

の分野が誕生し 最近になって急速に発展しつつある。

冒頭に述べたように 洪積台地および沖積平野 とくに都市地域における基礎工事に関連して おびただしい数の調査ボーリングが実施され 必要とする土木地質調査が行われるようになったが これらは極めて限られた範囲だけを対象とするものである。すなわち このような調査は 通常一地点だけであって 10,000m²にも達する面積を対象とするものはきわめて稀であるといっても過言ではない。そしてこれらは 目的とする土木工事および設計のため 充分信頼出来る詳細をきわめたものであるが 隣接する他の地点の同様な調査とは全く無関係に行われているのが その実態である。一方 一般に刊行されている地域地質図の多くは 政府機関によるものを含めて 純粋地質学の立場に立って作成されており 基礎地盤地質についての情報源としてはきわめて不十分である。とくに洪積台地および沖積低地については地盤地質に関する情報を欠いているといっても過言ではない。以上から これらの地域は 地質に関するぼう大なデータはあるが 総括された適切な地質情報の欠除しているところであるということができよう。このような現状から 筆者の1人宇野沢はここ数年来 洪積台地および沖積低地の地域的な基礎に関する地質図はどうあるべきか? その精度は? さらにその調査手法はどのようなものであるべきか? 等について あらゆる角度から検討し かついくつもの地域について実際の検討を行ってきた。すなわち 地域開発あるいは地域的な地盤災害対策などのための基礎資料(少なくともその第1次計画の立案あるいは工事費の第1次見積りに役立つ)となり個々の土木 建築工事のための諸調査の指針となる有効な第四紀基礎地盤に関する地域地質図は どうあるべきかという観点からの検討である。

従来の第四紀基礎地盤地質図

この種の地質図あるいはこれに類する地盤図として刊行された最初のもの 1923年関東大震災後 復興局建築部によって東京・横浜の下町(沖積平野)の一带に対して実施された700本以上のボーリング調査によるものであった(復興局建築部 1929)。この調査を実際に計画し実施したのは地質調査所であって 沖積平野地表面下

の地質情報を得るために 徹底したボーリング調査を行ったことがその特色である。この調査の結果 震災復興に対する基礎資料が得られ 軟弱地盤の分布は勿論のこと はじめて沖積層基底の地形が明らかにされ それは沖積層基底等深線図として描かれている。このような調査研究は その後地質調査所においては全くかえりみられず第Ⅱ次世界大戦を迎えることになった。

戦後になって 臨海工業の発展に伴う大規模な工業用地造成が行われ そのための基礎地盤調査が政府および地方自治体等によって盛に行われるようになった。建設省計画局は 1960年7月に「都市地盤における既往資料の収集・取りまとめ要領」および「都市地盤調査工事の標準仕様書」を定め 全国的な地盤調査を進めることになった。この調査結果は 「都市地盤調査報告書」として地方別に刊行され 1970年までに北海道を除く代表的な臨海平野の軟弱地盤の深度分布と その基底面地形が面的に把握されることになった。さらに最近では地震防災に関連して 地方自治体による行政管轄地域についてのこの種の地質図あるいは地盤図が刊行されている。

以上ここに述べた地質図あるいはこれに類する地盤図は 工業用地造成のための施工を目的とした精細な地質工学的データまで盛込まれたものから 単なる土質柱状図集のようなものまで種々内容に差がある。ごく最近刊行された5万分の1地質図幅「藤沢」は 筆者らの考える地域的な第四紀基礎地盤地質図として 一つの方向を示したものである

基礎地盤地質図作成の問題点

個々の土木建設工事は特定の目的のためのものであり そのためには 地点調査あるいは局所的な調査だけで充分である。したがって 総括された基礎地盤地質図の作成は その目的ではなく 経済的には二重支出である。しかし このような地質図が入手出来れば 地点調査の指針が得られかつその作業量および経費を削減することが出来る性質のものである。したがって その作成刊行は諸外国の例をみると政府あるいは公共の機関によって行われている。しかし このような地質図の作成には 徹底したボーリング調査に加えて 土質試験および岩石試験を必要とするため 莫大な費用を要する。したがって 既存の調査ボーリングデータの収集・活用が重要な問題となる。

次に大きな問題は 土木建設技術者の地質図に対する

不信である。すなわち 従来刊行されている通常の地質図は 土木技術者にとっては単に地表面の岩石や地層の分布を示すだけのものであるという理解しかない。彼等の対象は 極く地表の浅い部分だけであって 一般の地質図の表示の原則——例えば地層累重の法則——すら理解出来ないのが通常である。極端にいえば 支持地盤あるいは支持層の深さと その上位の被覆層の物性だけが彼等の知りたいところである。さらに 施工に当って事故のもとになる断層 破碎帯 地すべりなどは重要な問題であって 特に彼等の注目をする事項である。土木工事の実際の実行者は 設計技師であって 土木技術者以上に総括された基礎地盤の地質情報について理解を示さない。設計のパラメーターとなる地質工学的データだけを求めるのである。一方 上述のような土木工事およびその設計上必要な局地的な細部にわたるデータは 地域的な地質図上には到底表示することは不可能である。

土木技術者あるいは設計技師にとって このような地質図は 必要な調査を効率的に行うための「指針となるもの」として理解されるようなものでなければならない。

第四紀基礎地盤地質図が実際に役に立つ情報を提供するためには 得られる地下地質のデータの質および量が充分であることである。実際に検討を行ってきた相模原台地（洪積台地）および埼玉県東南部（中川沖積低地）における検討の結果 このような地域には極めて多量のボーリングデータがある。これらのデータを活用することにより 基盤岩面あるいは支持層の上・下限面などの等深線図の作成が可能であり かつ工学的に考慮を要する（例えば軟弱層）地層の等厚線図の作成も可能である。しかし地質図等の作成に当って多くの収集されたボーリングデータを有効に生かすためには 適切な間隔で自ら調査ボーリングを実施することが不可欠である。

最後に大きな問題は 地質工学的データをどの程度取入れるかである。このような地質図が出来たからといって 設計・施工に当っての詳細な調査試験が不要になるわけではない。この点 種々の測定値および試験値の中で指標となるものについて その範囲を示すのが適当ではないかと考えている。

既存ボーリングデータの収集

宇野沢は前述の通り 相模原台地（洪積台地）および埼玉県東南部（中川沖積低地）をモデルとして 第四紀基礎地盤地質図作成についての検討を行ってきた。このような過程で前者について約500本 後者については約800

本の調査ボーリングデータの収集が行われた。前者では 1km^2 当り 1.5本 後者では同じく 4本となる。

台地地域ではこれを刻む谷壁において自然および人工の露頭の観察データによる補足が可能であってボーリングデータは沖積平野の場合に比べてそれほど数量を必要としない。基盤岩面が谷底面より高所にあるときには露頭観察データはかえって確実な主要データであって逆にボーリングデータは台地面地下における地層の広がりを確認する場合の補助となることさえある。

沖積平野の場合には全面的にボーリングデータによらなければならない。埋没谷や埋没段丘があって沖積層基底の形状が複雑な場合にはかなり密度の高いボーリングデータ数を必要とする。さらに土木建築工事のための調査ボーリングデータでは基本的な地質工学的な測定データが得られているが地質に関する情報を欠いているのが通常である。このため標準あるいは基準となる地質データの採取のためのボーリングを行うほかこれを用いた総合的な検層および採取試料による各種の試験を行う必要がある。これは調査工事中のボーリングコアの観察種々の試験のためのコア試料採取などを機会をとらえて行うことによって代替することも可能である。

収集されるボーリングデータの密度は目的とする基礎地盤地質図の縮尺を 25,000 分の 1 とすると台地では最小限 1km^2 当り 1~2本 沖積平野では同じく 1km^2 当り 4本程度が平均的な値であると考えている。ただし地下の条件によっては局所的により高い密度での収集を必要とし不足する場合には追加ボーリング調査を必要とする場合もある。

層序解析

基礎地盤地質図が提供する洪積台地および沖積平野の地下地質情報としてもっとも重要な事項は工学的に考慮する必要のある地層の深度分布および層厚分布である。このためにはボーリング柱状図による層序解析が基本的な作業となる。この場合台地では自然および人工の露頭観察の方が主要な作業となる場合があり得ることは既に述べた通りである。

ここで対象とする第四紀基礎地盤地質図は間接的ながら工学的な利用に供するものであって精度が重要な問題となる。したがってデータの位置の精度がきわめて重要な要素となるので収集したボーリングデータを精度の高い地形図にプロットしその位置および孔口高度を出来る限り正確に求める必要がある。このため

には縮尺 5,000 分の 1 の国土基本図を用いるのが適当である。この地形図は等高線間隔 5 m (補助等高線 2.5m) であるがこれに加えて標高点が適当な間隔で記入されており ($500\text{m} \times 500\text{m}$ で 10点内外 高度 0.1 m まで) これによって 0.5m 内外の精度で高度を求めることが可能である。

特殊な工事に伴うボーリングデータについては現地においてその高度をハンドレベル等でチェックする必要があることも生じる。

洪積台地の露頭データの記録に当たっても同様である。この場合野稿図として上述の 5,000 分の 1 国土基本図を 2分の 1 に縮図した 10,000 分の 1 の地形図を使用するのが適当である。露頭の観察に併せて特定の地層の境界例えば関東ローム層のような特定の地層の下限第四紀層の基底などの平面位置および高度を正確に記録しておく必要がある。

データのファイル

露頭およびボーリングデータは番号を付しすべてその位置を地形図にプロットし適切な方法でファイルしなければならない。地形図には一定の間隔のグリッドを設け縦軸および横軸にそれぞれ数字およびアルファベットを付し索引し易いようにする。これは後の作業に当たって能率的である。最終成果品である地質図その他の信頼性を示すためにこの種のデータマップを付ける必要がある。

地質図作成

ここで対象とする第四紀層は水平的広がりに対して垂直方向の分布が極めて小さい。したがって地形図上にプロットされた地層境界と等高線との関連から地層の垂直方向の分布を高い精度で読み取ることは不可能である。また沖積平野の地下の地質状況を地形図にプロットし表示することは不可能である。土木・建設工事においては地層あるいは地質単元の平面分布も必要であるが垂直方向の分布を正確に示す方がより重要である。したがって大縮尺の断面図による表示が極めて重要である。例えば構造物の支持層の深度が何 m であってどのような広がりをもっているかであり堀削の場合何 m カットしてどのような地層(地盤)が得られるかである。また特定の地層の面的な広がりとその層厚分布第四紀層基底および沖積層基底の地形を示すには等深線図 アイソバックマップが適当である。

地質平面図

洪積台地については地形面区分の表示がもっとも基

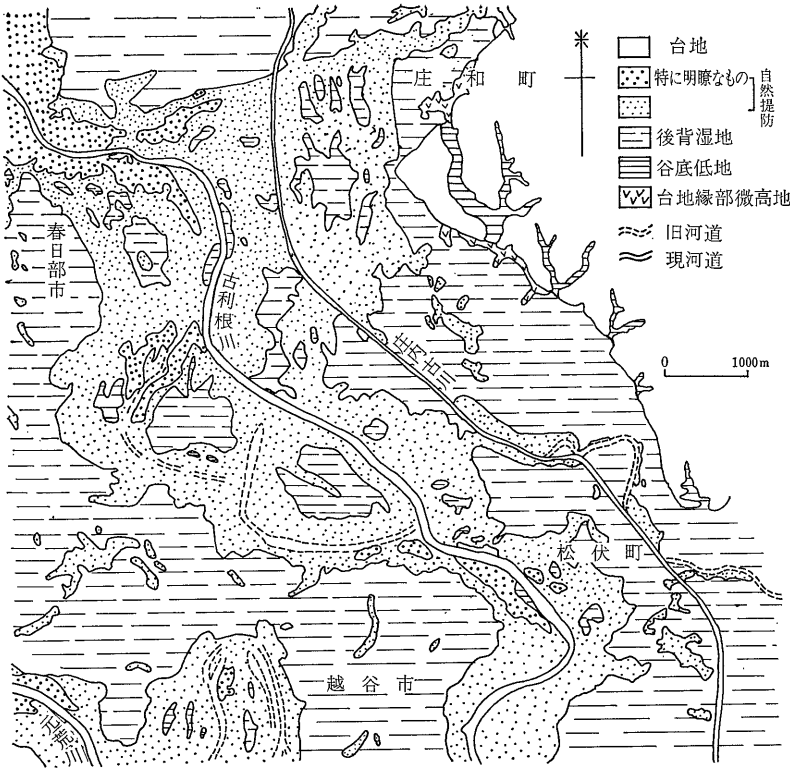


図1 中川沖積低地(埼玉県東南部)微地形分類図 沖積低地では表層構成物質を観察することは不可能である。微地形は構成物質を推定する重要な指標となる(原図縮尺 1:25,000)

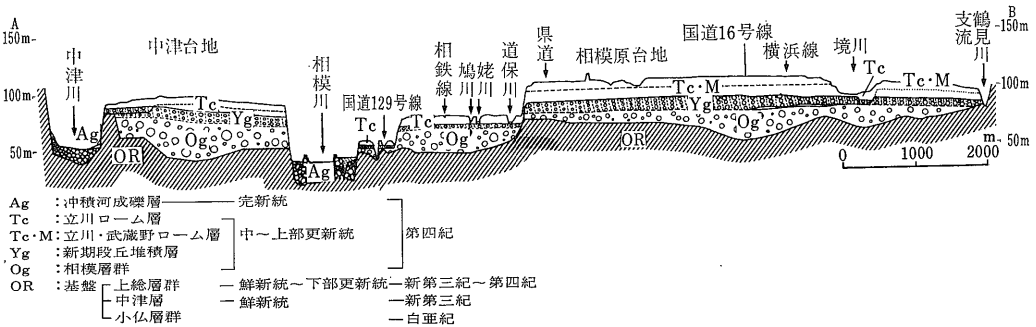


図2 相模原台地地質断面図(断面位置は5図参照) この図に示された第四紀層(新期段丘堆積層 相模層群 関東ローム層を除く)の層厚分布は 図7に示されている(原図 縮尺 水平 1:25,000 垂直 1:2,500)

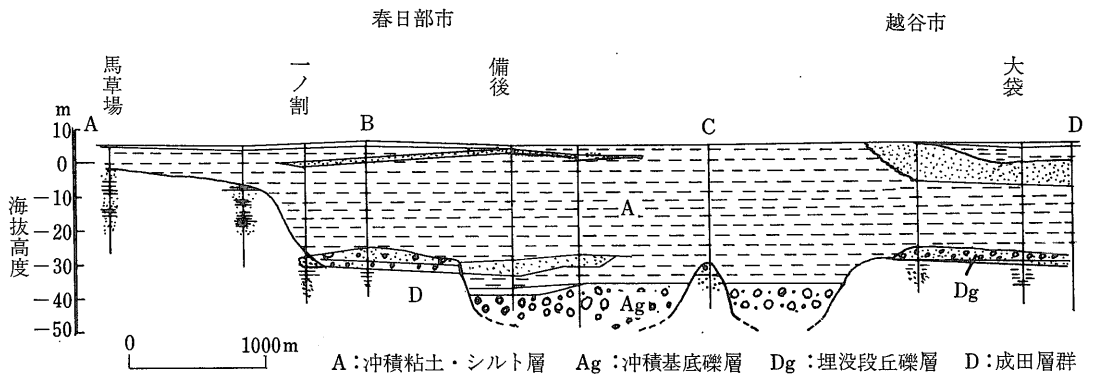


図3 中川沖積低地(埼玉県東南部)地質断面図(断面位置は6図参照) 沖積層基底の礫層の基底面が確実に把握出来るボーリングデータは充分でない。既存ボーリングデータの詳細な検討の結果 図6に示す沖積層基底面等深線図が作成され 埋没段丘礫層(Dg)が把握出来たのである(原図 縮尺 水平 1:25,000 垂直 1:1,000)

本的な項目である。そしてそれぞれの地形面に対応した地層区分ならびに第四紀層および基盤岩層の区分表示が重要な要素である。

沖積層について基礎地盤という面からの要求に対して適切に地質図に表示することは基本的に重要なことである。しかしながらその垂直方向の分布は洪積台地の構成層とは条件が異なり平野面ではほとんど観察することは不可能である。ここで重要なことは地形学的な観点からの微地形区分でありこれが基本的な表示要素の一つとなる。

沖積平野は基本的には扇状地・扇状地性平野自然堤防および後背湿地からなる平野三角州性平野に区分されこれらと構成物質の間には高い相関がある。これらを基本としてさらに旧河道砂州砂丘など可能な限り微地形単元を表示する(図1)。これらはその発達する場所と形成機構に特定の条件があってその構成物質を推定する重要な指標となる。地質平面図の基図としては地域的な情報を提供することを目的とすることから全国にわたって緯度経度に従って系統的に作成されている国土地理院の縮尺25,000分の1地形図が適切であると考えている。

地質断面図

垂直方向における地層および地質単元の分布顕著な不整合面等の形状を正確に表示することが重要な要素である。

このためボーリングデータの位置とその孔口高度を出来る限り正確に求めることが必要であることは既に述べた通りである。水平：垂直の縮尺比は台地の場合1：10 沖積平野の場合は1：20が適当と考えられる。断面位置および断面数は地下の地質状況の全体像を把握出来る程度が原則であるが出来る限り多く作成すれば地質学を専門とする人以外の人にもよく理解できより効果的である。これは洪積台地 沖積平野ともに同様である(図2 3)。

等深(あるいは等高)線図

特定の地層の上下限および第四紀層の基底の深度(あるいは高度)ならびにその形状の表示が重要な要素である。例えば工学的に問題となる粘土層の上下限などについての等深線による表示である(図4 5 6)

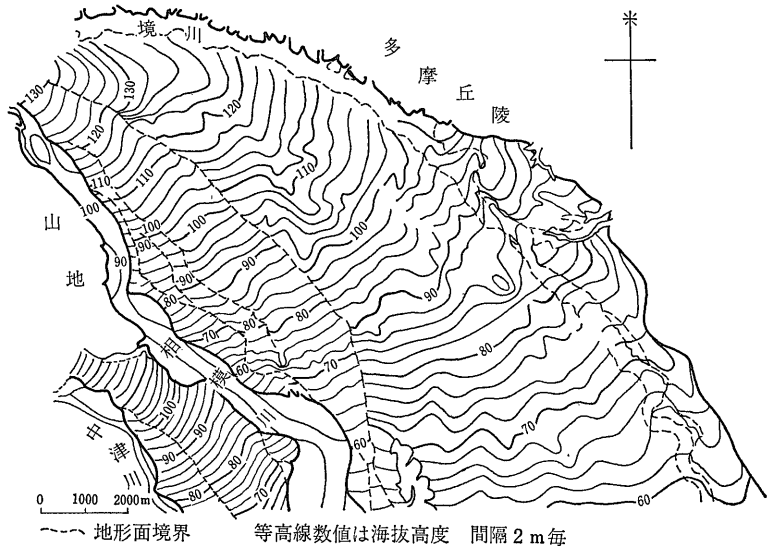


図4 相模原台地構成層上限面の等高線図 相模原台地構成層(段丘礫層)の上限面の形状が正確に把握出来る。第四紀層の構成については図2参照(原図 縮尺 1:25,000)

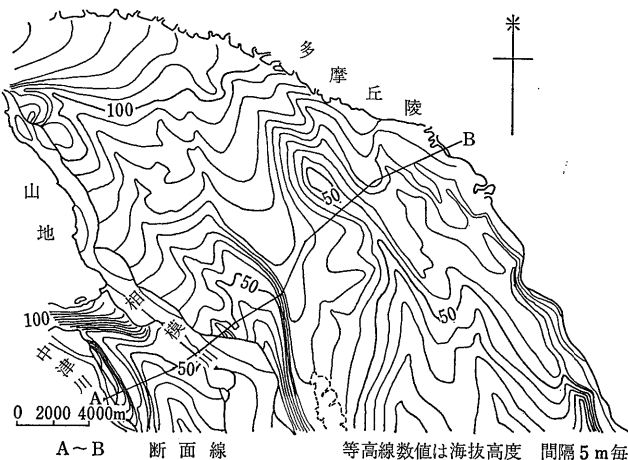


図5 相模原台地の第四紀層(新期段丘堆積層 相模層群)基底面等高線図 谷壁面随所に露頭がみられる第四紀層上限面(段丘礫層上限面)に比べて基底面は調査ボーリングデータが少なく等高線は粗くならざるを得ない(原図 縮尺 1:25,000)

アイソパックマップ

等深あるいは等高線図を重ね合わせ それぞれの等深(等高)線の数値差 すなわち 各地点の層厚を読みとり この値を用いてアイソパックマップが作成される(図7).

地質水平断面図

構造物 建築物の設計・施工に当って考慮すべき地層の地表面下特定の深度における面的広がり の把握には地

質水平断面図が有効である。これを適当な垂直距離間隔で作成することによって その3次元の分布を知ることができる(図8).

おわりに

この小論は わが国における産業活動 経済活動のもっとも集中している洪積台地および沖積平野の基礎地盤についての地域的な地質情報の提供という観点からの考察である。このような地質情報に対する社会的な要請は 最近とみに高まりつつある。

このような要請に応える地質図——第四紀基礎地盤地質図——を作成するためには 徹底的なボーリング調査および各種の測定 試験を必要として莫大な費用を要する。したがってこれを始めから実施することは 到底不可能なことである。

われわれの経験から 上述の地域における土木・建設工事のための基礎調査を目的として実施された調査ボーリングの数には実におびただしいものがある。例えば 本文の冒頭で述べた5万分の1「藤沢図幅」の作成に当っては約4,000本に上る深さ数10mから150mのボーリングデータが収集され これらを基礎データとしてはじめてその作成が可能であったのである。また 建設省計画局の都市地盤図も「既往資料の収集・取まとめ」が その作成の基本手段となっている。

これらの調査ボーリングは 個々の構造物および建築物の基礎調査を目的として実施される

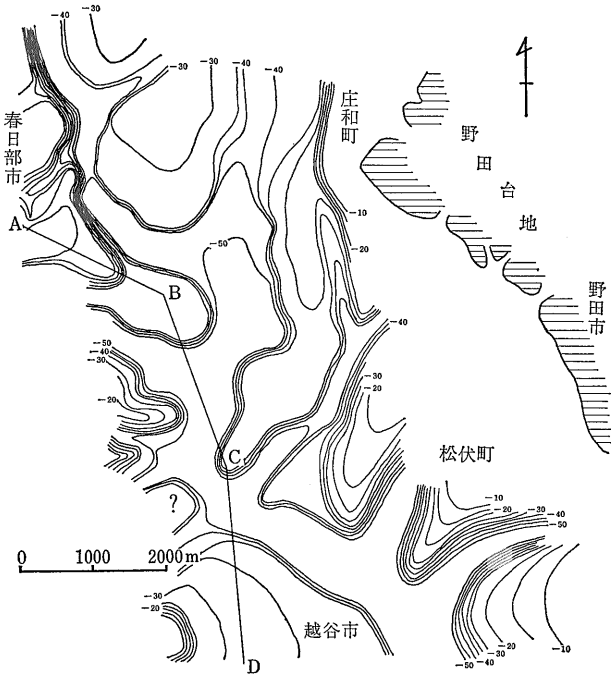


図6 中川沖積低地(埼玉県東南部)の沖積層基底面等深線図 収集した調査ボーリングデータから-50mまでの沖積層基底面の等深線図の作成が可能である(沖積層の構成は図3参照) 松伏町から庄和町にかけてはデータが少なく信頼出来る等深線図の作成は不可能である。埋没谷の谷頭は野田台地を刻む谷に連続するはずである。このような作業仮説に従って効果的な調査ボーリングを実施することが可能となる(原図 縮尺1:25,000)

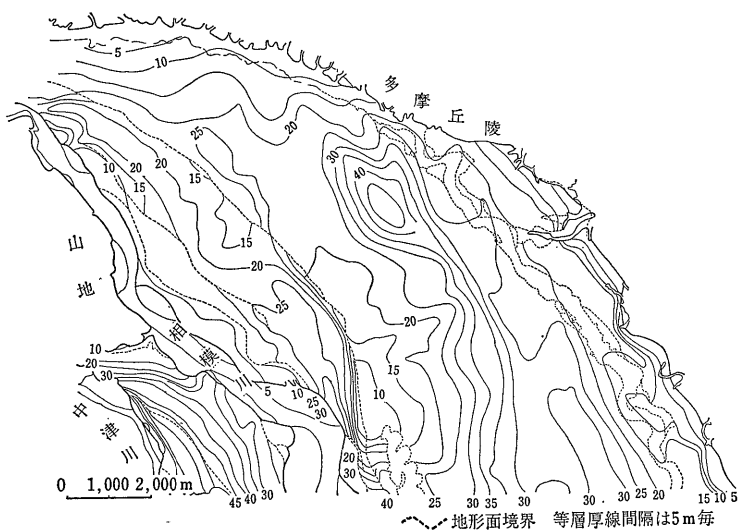


図7 相模原台地の第四紀層(新期段丘堆積層相模層群)アイソパックマップ。図4および図5の等高線図を重ね合わせて読取った数値差を基準として作成。第四紀層の構成は図2参照

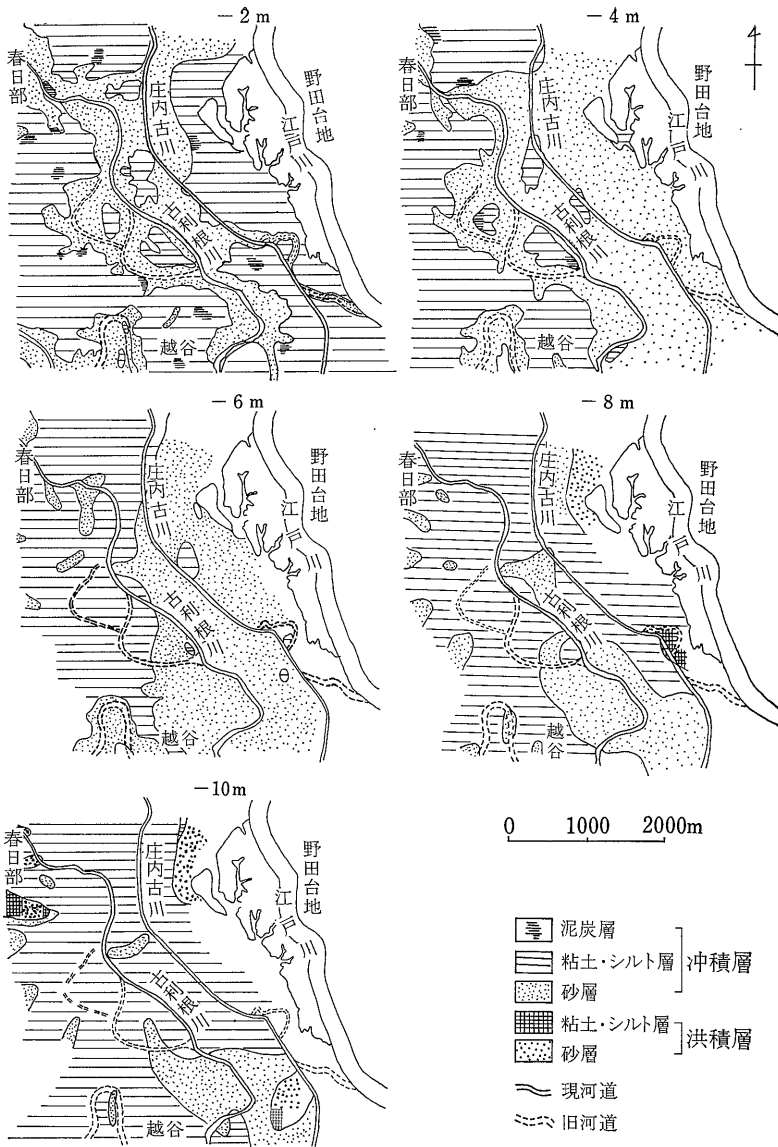


図8 25,000分の1「野田市」地域沖積層の地質水平断面図 2m間隔で-10mまでについて作成された。これによって 沖積層構成物質の3次元の分布が把握される(原図 縮尺1:25,000)

ものであって 隣接した場所の間でさえ無関係に実施されており 地域的に総括がなされることなく 死蔵されさらには散逸するおそれさえある。これを有効に利用できるようにし かつこのような目的に利用することこそ目下の急務である。

本文中で詳細には触れなかったが 基礎地盤に対する情報という点から 地盤の力学的性質に関する数値化されたデータを欠くことは出来ない。しかしながら 地域的な地質情報の提供という(縮尺25,000分の1程度)

点から 地点地点の測定値 試験値の数値の羅列であってはならない。何れにしても 構造物 建築物の設計に当っては そのパラメーターを得るための地質工学的な詳細な調査は不可欠であるし これがその代替となるものではない。このような地質図は 第1次計画あるいはその経費の第1次見積りに役立つ点かつ地点調査の指針としての役割をもつものであるべきものであろう。

したがって 各地層の物性値はその範囲を示すことに止めるべきであろう。どのような種類の測定値あるいは試験値を採用するかを含めて この点についてさらに検討の必要がある。

さらに重要なことは このような地質図の作成は 既存データばかりを基礎として作成することは不可能である。要点要点には 何本かの調査ボーリングを自ら実施する必要がある。これらから得られた情報を基準としてこそ既存の調査ボーリングデータの正当な地質的解釈が可能となるのである。また 既存ボーリングデータの分布には勿論片寄りがある。したがって 最少限度のボーリング調査の実施を必要とするところもあるであろう。

文 献

復興局建築部(1929)：東京及横浜地質調査報告書
 建設省計画局・愛知県・三重県編(1961)：伊勢湾北部臨海地帯の地盤 第1巻 ほか第2巻～第21巻。
 岡 重文・島津光夫・宇野沢 昭・桂島 茂・垣見俊弘(1979)：5万分の1 地質図幅「藤沢」および同説明書 地質調査所
 東京地盤図(1959)：技報堂
 東京都地盤地質図(1969)：東京都土木技術研究所