

16. 地盤情報データを用いた孔内水位と地層厚分布について

For Ground-water level and thickness of strata distributions by the boring data base in Tokyo

技術支援課 國分邦紀、石原成幸

1. はじめに

「地盤情報システム」は1986年に運用開始を開始し、すでに四半世紀を経過した。これまでに収集、登録したボーリング柱状図の数は現在71,000本を超える(民間建築確認データ含む、深井戸資料除く)。地盤図作成などのため自前で収集した柱状図もあるが、圧倒的に多いのは事業に伴う地質調査から提供を受けたものである。以前は道路沿いや河川沿いなどに偏在したボーリング分布であった。しかし、民間の建築ボーリングなどが増えて住宅地のボーリング分布密度が向上し、また大深度の工事が増えて深い地質が明らかになるなど、地盤情報データは質量ともに充実してきた。

本報告では、浅層地下水の挙動に影響の大きい孔内水位分布図やローム層厚分布など、地盤情報の面データを用いて分布図作成を行い、従来作成されてきた地下水位面図等と比較、その違いや有用性について考察した。

2. 地盤情報データの現状および使われ方

はじめに地盤情報システムについて、柱状図利用の利点と注意点を整理しておくことにする。

(1) 地盤調査でわかること

地盤調査で得られることは大きく以下の4点である。

- ①地盤の種類とその分布状況(地表からどの程度の深さにどのような地層が分布しているか)
- ②構造物設計のための地盤定数(N値や剪断強さ、土の変形係数、単位体積重量、粒土組成など)
- ③地下水の状態(地下水面)
- ④支持地盤の位置と広がり

地盤の強弱という観点からN値の需要が多いが、今回、ここで着目するのは上記、地下水面についてである。「地下水位は井戸や掘削孔中に現れる水面とされ、地下水位を把握するには既存の井戸を用いた測水調査や新たな掘削を行う掘削調査といった現地調査の必要がある」と山本^{1),2)}は述べている。そこでボーリング調査の孔内水位を使用する場合について検証する。

(2) 地盤情報の利用の実態

その前に、地盤情報の利用実態について少し触れることにする。当センターのボーリングデータベースは、地質調査報告書に記載された項目のうち、柱状図、位置図、土質試験結果の主な項目を独自の様式で数値化したもので、必要に応じて取り出し使えるようにしている。都の各局、区市町村の行政に利用され、その用途は、建設分野、防災分野、環境分野など多岐にわたる。なかでも構造物等の「設計」目的が圧倒的である。地盤調査で行われる標準貫入試験の測定結果(N値)が柱状図に記載されており、設計では、このN値から構造物の支持層や支持力の判定、液状化強度などを求

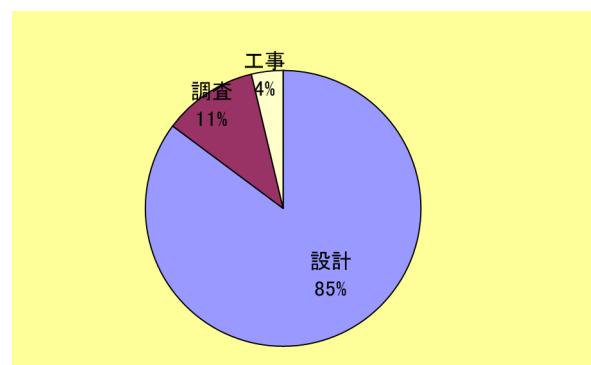


図-1 地盤情報の利用用途

め設計に使用することが多い(図-1 参照)。

また調査研究面では、過去に数多くの「地盤図」や地質断面図作成に寄与してきた。最近では2011年の東日本大震災を受けて「液状化予測図」の見直しに活用され、東京消防庁が設置する防火水槽や深井戸設置の検討にも貢献している。

(3) ボーリングの孔内水位について

孔内水位を使用する場合いくつかの注意が必要で、たとえば、「地盤調査法」の中では次のような記述がある³⁾。

「掘進中のボーリング孔で得られる水位は孔内水位と呼ばれ、厳密な意味での地下水位ではない。孔内水位は常に変動しており、これを正確に測定するためには「地下水調査」に述べる他の調査方法を用いなければならない。ただし、掘進当初の無水掘りで確認する初期の水位は、地下水位の一つとして有効な情報となる。また、各地層毎の水頭は毎日の作業開始前に孔内水位を測定することによって、ある程度把握することが可能である。したがって、柱状図には測定値に加え、自然水位か泥水位かの区別を測定日時とともに記載する」とある。

またボーリングポケットブックの「孔内地下水調査」の項には以下の記載がある⁴⁾。ボーリングでは、「最初の水位が認められるまでは無水掘りが望ましく、地下水が認められたら削孔を一時中止し、水位の安定を確認して記録する」、また一度だけでなく「ボーリング用水の逸水状態、湧水状態に適応して測定する」とある。

「削孔時に観測された孔内水位は貴重な情報であるが、それを利用するうえでは特別な注意が必要である。最初に観測された孔内水位は、それが注意深く観測されたものであれば、最高地下水面に相当すると判断してもよい)。

などの規定があり、使用の際はよく認識しておく必要がある。孔内水位が正しい地下水位を示さない理由としては、

①ボーリングには一般的にベントナイト泥水が使用されていること。すなわち孔壁に泥水被膜が形成され帯水層の透水性が低下すること。

②ボーリング孔は、多くの帯水層を掘り抜いている危険性があることで、どの帯水層の水位か不明であり

複数帯水層の地下水からなる複合水位の可能性があること。

③それぞれの帯水層には、それぞれ別の高さ(深さ)の水位を示す地下水が存在しうること。

④地下水位は常に変動していることがあり、1回の測定で得た水位が全体平均とならないこと。などが挙げられる。

3. 孔内水位と地下水位面図

地下水位面図は地下水解析や水収支、地下水理検討など多くの用途に使われる。一般には既存井戸や観測井戸の一斉測水調査結果をもとに地下水位等高線図が作られる。地下式や半地下の大規模な構造物を構築する際は、工事による影響を監視するため工事の前後を含めた期間中一斉地下水調査を行うが、対象地域が広範囲になると人力作業のため大変な労力が必要である。また季節変化を考慮した地下水位評価には何度も同じ地点の地下水位調査が必要となるため測水は原則井戸を用いたものになる。このように、時期の異なる地下水位面図作成には井戸水位観測による方法が第一である。

(1) 柱状図の孔内水位と平均地下水位について

一方で、ボーリング柱状図のデータは数が多いので、年代や時期が不揃いでも孔内水位の使い道は捨てがたい。まったく地下水に関する情報が得られない地域では、孔内水位の情報も有力な地下水の情報になる。ただし、柱状図に記載されている孔内水位は、測定日時



図-2 孔内水位が複数記載の柱状図例

の記載がある場合、日時記載のない場合、複数の水位記載がある場合、全く記載がない場合など、様々なので十分にそのことを理解したうえで利用しなければならない。図-2 はボーリングの削孔管理がなされ、日付入りで孔内水位が複数記載されている事例であるが、このような例はそう多くない。

ここでは、柱状図がありその後観測井にしたケース 30 井を対象に、掘削時の孔内水位とその後の観測井平均地下水位の関係を検証した。図-3 は初期孔内水位と平均地下水位の相関図、図-4 は削孔完了後孔内水位と平均地下水位の相関図である（ここで、初期孔内水位：無水掘りで最初に確認された地下水位、削孔完了時孔内水位：掘削完了後に測定された水位、平均地下水位：観測井で 1 年間測定された年平均地下水位、である）。

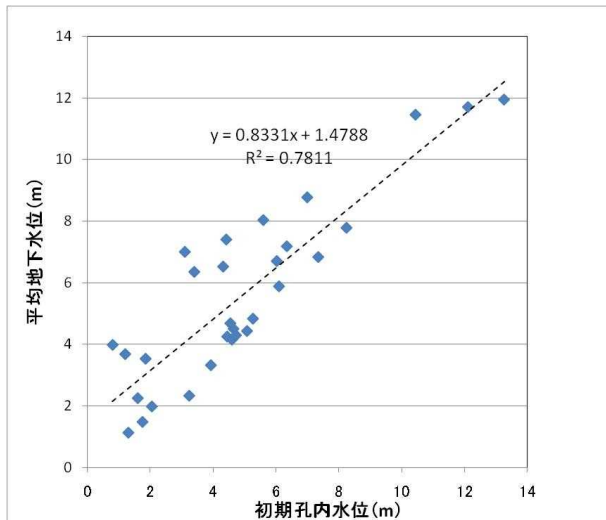


図-3 初期孔内水位と平均地下水位

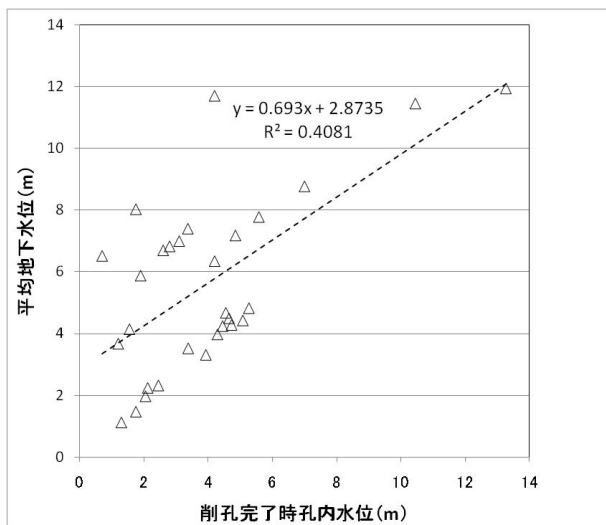


図-4 削孔完了時孔内水位と平均地下水位

見比べてわかるように、初期孔内水位は平均地下水位と非常に相関が良く（相関係数 $r=0.88$ ）、削孔完了後孔内水位は平均地下水位との相関性は良くない ($r=0.64$)。前節(2)で述べたように、掘削最初の孔内水位は平均地下水位として使えそうなことが示された。

(2) 柱状図の孔内水位から求めた地下水水面図

地盤情報システムには孔内水位分布色分け表示機能がありそれを利用した。図-5 は孔内水位図システムによる出力事例である。板橋区や練馬区、杉並区、北多

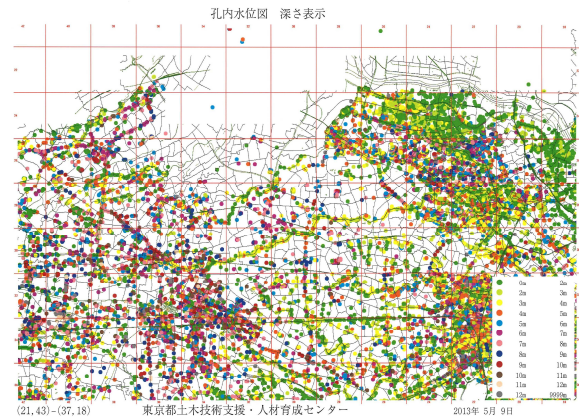


図-5 孔内水位出力元図

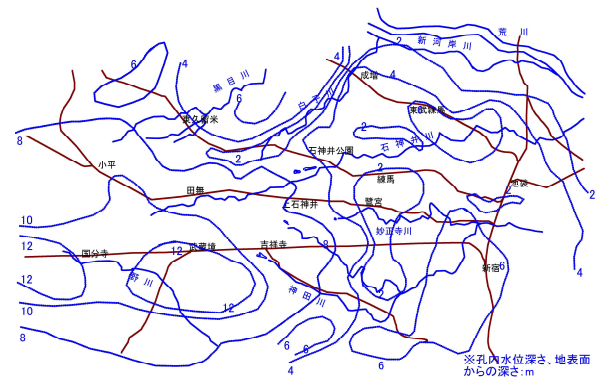


図-6 孔内水位深さ分布図

摩地域の一部など、23 区西北部を対象にした図で、元図は孔内水位を 2m~12m まで 1m ごとに色分け表示しているが、本文ではカラーで紹介できない。そこで今回は、この分布出力図から地下水位等高線図を作成して示す。図-6、7 がそれで、図-6 は地表から地下水面までの深さ、図-7 は孔内水位の標高表示図である。図-6 からは、地下水位は東の低地に向かうほど浅く、中小の河川や谷沿いでも浅いことがわかる。一方、台地の西部に向かうにしたがい深く、小平・西東京・国分

寺・小金井などで10mを越える深さの地下水位が認められる。図-7の水位等高線図は地表面の等高線に近似

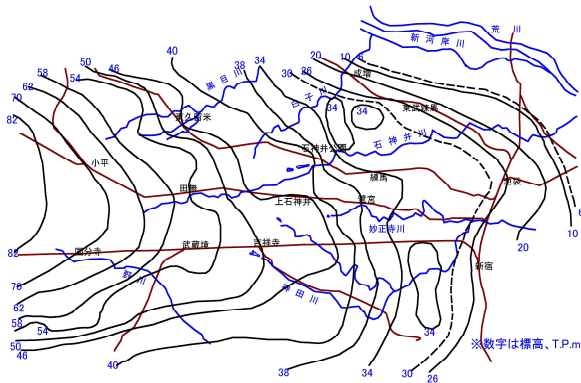


図-7 孔内水位等高線図 (標高)

してほぼ西から東へ傾斜していることが明らかで、次に述べる測水調査から得られる地下水位面図に近いことがわかる。

4. 従来の地下水位面図との比較、その他層厚分布図

(1) 従来の地下水位面図との比較

武蔵野台地では古くから地下水調査が多くの研究者によりおこなわれてきた。戦前では吉村^{5),6)}ら、戦後の研究では細野^{7),8)}が台地全域を、ほぼ同時期の都土木技術研究所(現土木技術支援・人材育成センター)では北多摩地域を対象に広範囲に測水調査⁹⁾を行っているので一部紹介する。図-8は細野らにより作成された台地全域を対象とした1968年3月時点の地下水位面図で、

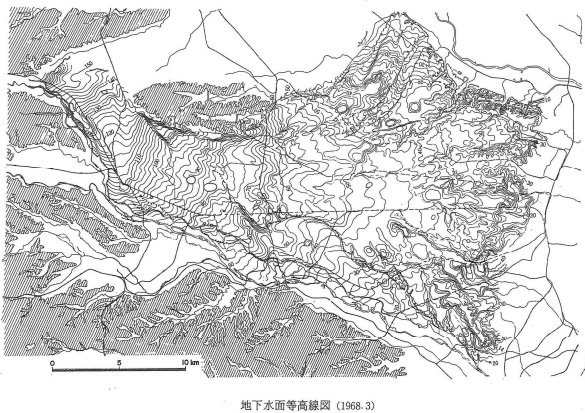


図-8 武蔵野台地の地下水面等高線図 (細野)

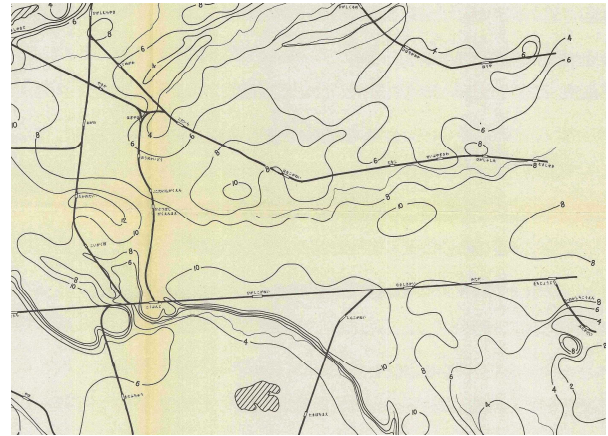


図-9 地下水等深線図 (北多摩地域、部分)

ほぼ地形に準じた傾向を示している。しかし、図-7は時期も帯水層もまちまちな孔内水位から求めたもので、同時期にかつ同一帯水層を対象に民家の浅井戸をくまなく測水した結果を用いたこの地下水位面図とは精度的に微妙な違いはある。測水調査で得た地下水位面図のほうが、地下水面の山や谷、尾根部分など、細部を明瞭に表現しているようである。また図-9はそれより少し前の北多摩地域の地下水等深線図(1966年8月時点、部分)で、孔内水位深さ分布図(図-6)に近似した等高線図である。

(2) 層厚分布図の作成

システムには「水平断面図」作成機能がある。これを用いると、地表面から単位深さごとにどのような地層が現れるか示すことができる。本節では、武蔵野台地の浅層地下水挙動に影響のある関東ローム層厚分布と腐植土層厚分布を柱状図データから作成したので報告する。

図-10はローム層厚分布図で、小平や西東京、小金井、国分寺など、多摩西部に向かうほど層厚を増し7~10mである。これをさきに求めた図-6の孔内水位深さ等高線図とあわせて比較すると、ローム層の厚い地域と地下水位が深い地域がほぼ重なることがわかり興味深い。以前、筆者らは、ローム層が厚く堆積する武蔵野台地の浅層地下水の多くが地表から水位が深く(7~10数m)、年間水位変動幅も大きい特徴を持つことを報告したが、これを裏付けるものである^{10),11)}。

また図-11は腐植土の層厚分布図である。石神井川や白子川、妙正寺川などの台地を刻む中小河川の谷底

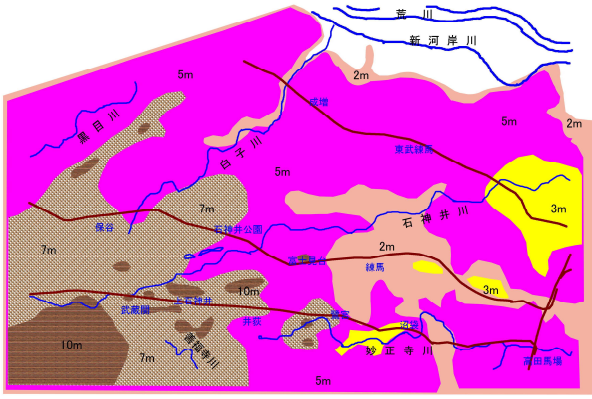


図-10 ローム層厚分布図

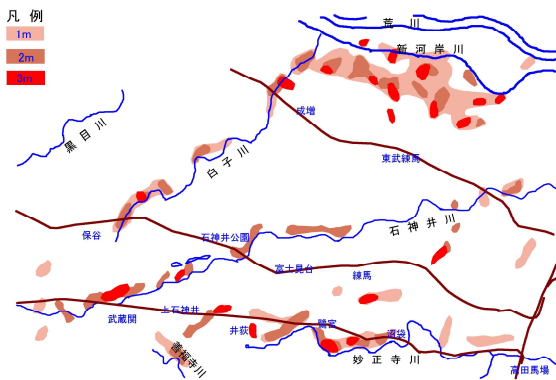


図-11 腐植土層厚分布図

低地や新河岸川沿いの板橋低地に層厚 1~3m の腐植土が分布するのが特徴である。これは上流から河川の流水によって運ばれ堆積してできたものであり、こうしたところでは一般に地下水位も浅く地盤も軟弱なことから防災面で注意が必要である。

5. おわりに

最後のまとめとなるが、当センターの地盤情報に関する問い合わせ内容で一番多いのはN値に関するもので、次には地下水位についての相談である。柱状図には両者とも記載があるが、その使用にあたっては十分に理解したうえで利用いただきたい。

地盤情報システムの目的は、もともと地盤構造解明・地盤図作成等、地盤調査のための支援システムとして始まった。本文は「孔内水位」の有用性について、地下水面図の観点から主に検討した。本調査の結果、明らかになった点をまとめると以下のとおりである。

①ボーリングの初期孔内水位と平均地下水位の相関をとって整理すると相関性が良く、掘削最初に現れる孔内水位は平均地下水位として充分使えること。

②ボーリングデータベースから作成した孔内水位等深線図および孔内水位等高線図は、測水によって作られた従来の地下水面図と傾向が近似していること。

③台地のローム層厚分布図が明らかになり、それと孔内水位深さ分布図の相関性が良いこと。

④台地のなかの谷底低地に分布する腐植土の層厚分布の詳細がわかったこと。

などが確認できた。なお越谷・丸井¹²⁾も、国内の地盤調査データを用いた地形・地質条件に基づく地下水面の推定を試みている。その結果回帰式とメッシュマップによる地下水面図は、広域の地下水面の把握に有用であると報告している。ただし、作成にあたっては宙水（下層の浅層地下水本体とは局部的に不透水層などによって隔てられた地下水）を除外し、最初に確認された孔内水位を用いているなど、特定の条件下の地下水を除く配慮をされており、すべての孔内水位を採用しているわけではない。

浅層地下水位は一年を通して一定の水位と誤解している向きもあるが、決してそのようなことはない。降雨の多少によっても大きく変動し、ローム層の厚い台地中央部では年間変動幅が 10m に達するものもある。また中小の河川沿いでは季節変動幅は小さくなるが、一定ということはない。ボーリングの孔内水位が最初のものかどうか重要である。調査孔の孔内洗浄方法の違いが水位観測、孔内検層、水質などに大きな影響を与えるとの報告もある¹³⁾。以上、孔内水位をその地点の地下水位として使う場合は十分に留意して使ってもらいたい。

最後に、地盤情報データが質量ともに充実してきたことから、今後は過去に刊行してきた地盤図等の改訂を行っていくべきである。

参 考 文 献

- 1) 山本荘毅 (1983) : 新版地下水調査法、古今書院、133-137
- 2) 山本荘毅編 (1986) : 地下水学用語辞典、古今書院、61
- 3) (社) 地盤工学会編 (1995) : 「地盤調査法」、112-119
- 4) (社) 全国地質調査業協会連合会 (1993) : 新版・ボーリングポケットブック、オーム社、253-254
- 5) 吉村信吉 (1942) : 地下水、科学新書 20、河出書房、43-61
- 6) 吉村信吉 (1939) : 東京市西郊大泉町の地下水瀑布線と景観発達との関係、地理学評論、第 15 卷第 7 号、493-508
- 7) 細野義純 (1978) : 市川正巳・榎根勇編著、武蔵野台地の地下水、日本の水収支、古今書院、174-188
- 8) 自治省消防庁消防研究所 (1968) : 武蔵野台地における地表水および地下水の測水資料、消防研究所資料第 1 号
- 9) 東京都土木技術研究所 (1968) : 北多摩幹線排水路流域地下水調査報告書、付図 2~3、都土木技研資料 42-9
- 10) 國分邦紀、石原成幸、川合将文 (2010) : 野川上流域における主な湧水と地下水の水循環解析、平 22、都土木技術支援・人材育成センター年報、143-148
- 11) 國分邦紀 (2010) : 野川上流域における湧水と地下水の水循環解析、第 23 回 (2010 年度) 水文・水資源学会研究発表会要旨集
- 12) 越谷 賢、丸井敦尚 (2011) : 日本全国の地盤調査ボーリングデータを用いた地形・地質条件に基づく地下水面の推定、地下水学会誌、第 53 卷第 2 号、179-191
- 13) 宮崎基浩、畑中孝明、竹内篤雄 (2012) : 地下水調査のためのボーリング孔の孔仕上げ、全地連「技術フォーラム 2012」新潟、86