

地質調査での目の付けどころ

一第2回 柱状図から断面図へー

ソイルアンドロックエンジニアリング(株)

前技術委員長 新田 洋一



はじめに

2018年も自然災害により多くの人命が奪われてしまいました。地質調査業に携わる我々としてはどうにも無念です。自然災害と言っても、土砂災害によるものが目につきます。水害や地震が紙面に載りますが、堤防決壊、土石流、斜面崩壊など、地形、地質の地域特性によるものを感じます。地形、地質を良く知って、各地の防災対策を共有化する事で人命を救えるのではないかなというような気がします。

この講座では地質調査の仕事でのポイントを紹介しています。できれば図や写真などで説明する方が分かり易いのは承知しています。紙面、印刷コストなどの関係で何かと厳しい事から、文章主体の執筆ですみません。

地質調査に関する図表を示して設計・施工を意識した説明図書として、「道路調査設計ノウハウ集、2018年3月増補改訂版」が出版されています。東北地質調査業協会技術委員会が執筆編集に携わっています。是非購入してそちらをご覧くださいことをお勧めいたします。定価3,658円（税抜き）です（申込書は東北地質調査業協会事務局へ）。

1. 地層、層序の原則とそれ以外

前はコアチェックと柱状図をまとめる上での要注意点を書きました。土質判定、土質名称の決め方でのポイントが中心でした。今回はその先の仕事として、断面図を作成するための地層（土層）、層序に関するルールを考えてみます。

地層や層序に関して次の3つの法則があります。

- ◆第1法則 地層水平堆積の法則
- ◆第2法則 地層側方連続の法則
- ◆第3法則 地層累重の法則

ニコラウス・ステノやウィリアム・スミスが確立しました。ただしこれらの法則には適用範囲があります。どちらかと言うとやや大きな（厚い、広い、フォーメーションとして）地層の事で、その層中の部分的（メンバー的）な粒度の違いなどを対象としているものではありません。撓曲、褶曲、断層などによっては、狭域では上位と下位が逆転して見える場合もありますが、広域では上記の法則に従っていると言うことです。

一般的に我々が業務として行っているボーリング調査では、限られた敷地内の地層（土層）の分布、あるいは線状（帯状）方向（道路や鉄道、河川など）での地層の連続性などを確認する事が目的です。この講座では主として土木、建築構造物の構築を目的とした地盤調査を対象としていますので、広域での資源調査や地質構造の調査などは別の文献を参考にして下さい。

地質調査の業務では主に第四紀層（更新世、完新世）を対象とし、基盤層として第三紀以前の岩盤（構造物支持層として）を確認するところまでが多く、第四紀層の地層分布、断面図作成などが主たる仕事です。第四紀層での粘土層、砂層、礫層などを分類し、工学的に評価して設計や施工に反映させる仕事です。

ボーリング柱状図(点)の情報から断面図(面)としての情報へと変換するときに、「私の感です」という訳にはなりません。地質、設計、施工、発注者などの多くの技術者、市民の方も納得するような情報の共有化物を提供する責任があると思います。

そのためには、「地層、層序の原則と例外」、「堆積と浸食の知識」を知った上で仕事をしなければならないので、上記した法則も頭に入れておく必要があると言うことです。

2. 柱状図から断面図へ

断面図の作成では「堆積」だけでなく、「浸食」も考えなければなりません。

単純な例ですが、3カ所のボーリングデータから断面図を作成しました。あなたなら、どちらの断面図を作成しますか。

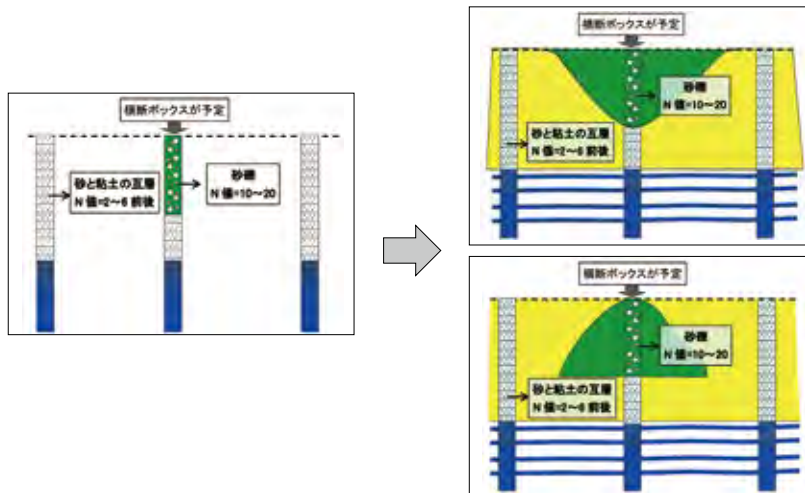


図-1 ボーリングデータから断面図の作成例

地質断面図を作成する時、うまく地層が結ばなくて苦労されている方もいると思います。地層（土層）の結び（繋ぎ）方には堆積、浸食に関するルールも考える必要があります。また、「目の付け所」として、断面図は何を目的としているのか、に注目して考える事も重要です。例えば、「地質学的断面図」と「工学的断面図」などと言われることもあります。

- ・ 構造物の支持層として、杭の長さを検討する場合
- ・ 軟弱地盤解析として圧密沈下、すべり安定の検討を目的としている場合
- ・ 立坑や下水道管路などの掘削を目的としている場合
- ・ 切土のり面（主に岩盤が対象ですが、第四紀層対象の時もあります）

など、建設工事において地質的に何が問題となるのか、どんな地層の分布に注意が必要なのかを理解することも重要です。同じボーリングデータでも、建設対象物によって強調すべき、あるいは重要となる地層分布の表現の重視も必要と思います。

例えば、圧密沈下、すべり安定問題では砂の薄層の分布（有無や連続性など）が重要な場合があり、数値計算では結果が大きく変化することもあります。高層マンションなどの支持層となる基盤岩線では、不陸や傾斜の存在を設計、施工の担当者に明確に認識させられるような表現も必要です。過去に杭の支持層への不着が問題となった事例も記憶に新しいと思います。

基盤岩線を水平に描き、実際には傾斜していて、盛土に円弧すべりが発生した事例もありました。

断面図は後工程に大きな影響を与えてしまう事を十分に認識しておく必要があります。

3. 地層の連続と不連続

ここでは、地盤調査の多くが対象としている第四紀層の堆積環境について考えてみます。

堆積環境の代表的なものとしては次のものが上げられます。」

(1) 堆積活動と地層（土層）、主な地質や土質

堆積、浸食活動と地形の関係、鶏と卵の関係のようなところもありますが、地形と地質とは関連しており、山頂部にいわゆる軟弱地盤は分布しないことは承知の事と思います。（すごいのは、世界最高峰チョモランマの山頂には三葉虫などの化石があるそうです）

- ・ 海底、湾内などに堆積してできる地層・・・海成粘土など
- ・ 海岸の波浪などによってできる地層・・・浜堤などの砂、砂質土
- ・ 湖、川などの流れがおそい場所に堆積してできる地層・・・湖沼性や後背湿地有機質粘土など
- ・ 河川の氾濫によってできる地層・・・氾濫原自然堤防、扇状地などの砂質土、礫質土
- ・ 火山灰が堆積してできる地層・・・関東ローム・シラス台地など
- ・ 流れた溶岩でできる地層・・・溶岩台地、火砕流台地、泥流丘などの地形を成す地層

- ・風が堆積物を運んできてできた地層・・・砂丘・黄土などの砂、砂質土
- ※火山灰や溶岩は水中に堆積することもあります
- ※段丘堆積層は堆積・浸食の繰返し、海水準の変動によるもので、河岸段丘や海岸段丘が代表的です

(2) 浸食活動の考慮も大事

地層は、堆積する速度に変化はあるものの、おおむね連続して堆積している。これを整合と呼びます。これに対し、地層と地層の境界に非常に長い不連続（時間や環境変化など）がある場合や、侵食により一部の地層が欠落しているものを不整合と言います。

第四紀層を対象とした一般的な地盤調査では、地層の分布や連続性は、整合、不整合と言うよりは、河川の氾濫や浸食などの影響を受けている場合が多いと思われます。

水のはたらきによって地層が作られるときは次の4つのステージを経ています。

「風化」、「侵食」、「運搬」、「堆積」

堆積の基本や環境は前述しましたが、浸食についてもよく考えて判断しなければならない場面もありますので注意が必要です。

圧密試験の結果で過圧密比が求められます。堆積活動が時間経過と共に一様に進んでいる場合は正規圧密状態の値になるのが理想ですが、どちらかと言うと過圧密側の値を示すことが多くみられます。

浸食活動や地下水位の変動などが考えられます。軟弱地盤を対象とした調査では地盤定数の設定根拠と断面図（解析モデル）の整合性にも気を付ける必要があります。

(3) 堆積、浸食をもう少し考えてみる

浸食の原因としては主に水によるものも多いが、重力の作用に起因するものもあり、崖錐や山腹斜面崩壊や地すべりなどが上げられ、一般に傾斜地で見られるものです。

第四紀層の堆積環境では基盤岩との境界部では傾斜した斜面の影響を受けていることもあります。埋没谷地形内では河床氾濫による堆積、浸食の影響が多いものと考えられます。

断面図を作成していて悩む場面の一つとして、地層（土層）線が斜めになってしまう事が時々あるのではないのでしょうか。第四紀層内（特に軟弱地盤内）に傾斜した砂層などの分布を想定しても良いのだろうか、と言うような場面です。

河床氾濫原堆積は、河川の蛇行による浸食と自然堤防堆積、後背湿地堆積が複雑に入り乱れている事もあるようです。このような場合、傾斜した砂層を描くのか、レンズ状に単独の砂層を描くのか、調査の目的と柱状図の記事を考えておく必要があると考えます。

作成している断面図の方向と河川の流下方向や海岸線との関係にも注意が必要です。堆積、浸食の営力を受けている方向と断面図との関係です。砂層に傾斜を考える場合、河川勾配との関係に矛盾がないか（逆）、などです。記事で注目すべきは、「細砂」か「粗砂」、「有機質」や「貝殻混じり」、「礫の混入量」など同一の土層と判断できるのかを確認する事です。

砂層の連続性は、軟弱地盤解析を目的とした場合、特に圧密沈下時間の計算に大きな差異が出てしまいます。このような場合、更に詳細な調査の必要性を提案しておく事も大事です。

堆積、浸食の過程に注意が必要な地形の一つとして、山麓部を河川が接近して流れている場合の「閉塞谷ビート層」の存在です。時々見落としてしまう地形、地質の問題です。

基盤岩の山腹斜面と接する低地部の地層断面図を作成する時は注意しておくべきです。

4. 断面図から地盤モデル、解析モデルへの問題点

柱状図からようやく断面図を作成しました。断面図は設計計算に供するための地盤モデル、解析モデルへと展開します。

ここまでは、地形や地質に着目して断面図作成の注意点をまとめました。断面図を作成するうえで土質区分の他にも着目しておくべきものがあります。その一つがN値です。

土質名が同じでも、N値が違っていることがあります。同じ砂礫層なのに一方の柱状図ではN値50以上、もう一方の柱状図での砂礫層はN値20～30、と言ったような場面です。

粘性土でも同様の場面に出会う時があります。工学的には区別する必要があるそうです。

このような場合、「地質分布断面図」としての層区分と「解析モデル断面図」は違う表

現にするのか、地質分布断面図も解析モデル断面図に合わせるのか、悩みませんか。

そこで、皆さんに考えて頂きたい事があります。

【N値のなぞ】

- ・同じ土層なのにバラツキが結構ある、同じ地層（土層）で良いのか。
- ・N値0のなぞ、0なのに支持力が0では無い（一軸圧縮強さはある、地盤も存在している）。
- ・N値は、物理量、それとも指標（インデックス）か。
- ・設計定数に変化すると単位が付いた物理量になってしまう。

【地盤データの信頼性は何で決まるか】

- ・ボーリングオペの技術力ですか。
- ・現場代理人、主任技術者、管理技術者の責任力ですか。
- ・発注、設計、施工関係者の理解力ですか。

【土質試験の不気味さ】

- ・土質試験に供する試料は地盤のほんの一部、地層（土層）全体を代表できるのか。
- ・コアチェックと土質試験結果に乖離を感じる時があり、なぜだろう。

5. 地質図の作成に関する基準や規格

前回の大地58号では、柱状図の作成で「ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領（案）・同解説」を参考にしました。断面図に関しては柱状図のように標準書式（用紙）がある訳ではないのですが、「地質・土質調査成果電子納品要領」を参考にして仕事を進めるのが一般的でしょう。

また、地質図や地質断面図の作成には次のJIS規格があります。

- ◆日本工業規格 JIS A0204：2012 地質図－記号、色、模様、用語及び凡例表示
地質図に用いる記号群（記号、文字記号、色、模様などを含む。）及びその記述法（用語を含む。）、並びに地質図の凡例表示方法について規定する。
- ◆日本工業規格 JIS A0205：2012 ベクトル数値地質図－品質要求事項及び主題属性コード
地質図を保存、交換、再現、編集などのためにベクトル数値地質図として公開・提供する場合に、その品質を確保する上で必要な基本的事項について規定するとともに、異なる作成者、異なる利用者、異なる場所及び異なる出力形式の間で地質図を誤りなく再現する上で必要な地質図の記号、色、模様、用語、地層・岩体区分などの主題属性を示す主題属性コード（定義、記述、表記及び表示法を含む。）について規定する。
- ◆日本工業規格 JIS A0206：2013 地質図－工学地質図に用いる記号、色、模様、用語及び地層・岩体区分の表示とコード群
工学地質図に用いる記号群（記号、文字記号、色、模様などを含む。）及びその記述、表記及び表示法（用語を含む。）、並びに主題属性を示す主題属性コード群（定義、記述、表記及び表示法を含む。）について規定する。

この講座では、一般的な第四紀層を主な対象とした地質調査業務に関する事柄を紹介してきました。上記のJIS規格が直接、密接に関係する場面は殆ど無いと思いますが、こう言うものがある事は覚えておいてください。

上記JIS規格は主として地質、岩石を主としており、第四紀に対しては「水色系統」とされている。地質調査業務で取り扱うことの多い「砂質土が黄色系」、「粘性土が青色系」と言った事は示されていません。

この規格の作成に当たっては一般社団法人全国地質調査業協会連合会も関係しています。

おわりに

先日テレビのある番組で、農作物の良し悪しを評価するのに、畑の土を口に入れて、「品質」を確かめていました。えっ、とびっくりしました。

土質調査ではコアを絶対に口に入れないでください。舌で土質判定はしないように。もう一つ、軍手でコアチェックもやめましょう。

時々、岩石コアを多孔質かどうかや濡れた色調を確認するために舐める方がいますが、部下には強要しないようにお願いします。ジオハラ？