

地質調査での目の付けどころ

—第1回 仕事としての地質調査をするために—

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

本シリーズは数回の連載ものとして大地に載せて頂く事になりました。広報委員会の皆さん、ありがとうございます。

地質、土質、地盤に関する難しい事は、他のアカデミックな学会の図書をお読み頂く事として、我々の業界、協会の若い技術者や営業事務系の方にも読んで頂く事も念頭に執筆して見たいと思っています。

1. 地質調査の一般的認知度

地質調査の仕事によって我々地質調査業協会員は生活を立てています。ただ、我々の業界、協会がなかなか一般市民権を得られていないなあ、と感じる事が多く、少し寂しく思います。

3.11 東日本大震災、熊本活断層型地震だけでなく、横浜マンションの杭(H27.8 報道)、博多駅前陥没(H28.5.8)、水島コンビナート海底トンネル水没(H24.2.7)、新潟県南魚沼市トンネル爆発(H24.5.24)などなど、プレスもTVキャスターも大学の先生も全員が「地質調査の不足」を大きな声で言っているのに地質調査業界のカンフル剤、起爆剤には成っていないように感じています。

全くと言っていいほど一般市民へは地質調査の重要性が浸透しない、イメージできない仕組みなのかなあ、と感じています。この理由と今後の業界の発展のため、私なりに考えてみました。

まず、インターネット上での関連語彙について見てみました。

ウィキペディアでは『地質調査』を以下のように紹介しています。(H29.8.31 現在)

地質調査(ちしつちようさ、geological survey)とは、学術的な目的や資源探査等産業関連の目的のために地下構造(地質)を解明するため行う調査のことである。通常、露頭の観察を元に行う調査のことを指すが、広義には、重力計や地震波を用いた物理探査やボーリング、リモートセンシングなども含まれる。

我々の地質調査業協会としてのセンスとは違うなあ、と感じてしまう。外部リンクに「全地連」のバナーがあるのでちょっと安心ですが。

同様にウィキペディアで『地盤調査』を以下のように紹介しています。(H29.8.31 現在)

地盤調査(じばんちようさ)とは、構造物などを立てる際に必要な地盤の性質の把握などを目的として、地盤を調査することである。この調査により、地盤強度などが判明し、設計を行い構造物が施工できるようになる。

『地質調査』よりはちょっと業界の仕事に近づいたかなあ。でも、まだ違和感があるかなあ。

『土質調査』を検索すると、殆どこの語彙の説明サイトは無く、weblioで以下のような紹介をしている程度で、他は業界各社のサイトが連なっている。(H29.8.31 現在)

土質調査

構造物の設計・施工に必要な地盤そのものの性質を求めするために原位置で行う調査や土質試験。

試料採取法：乱したまたは乱さない土試料の採取

ボーリング：土や岩の試料の採取

サウンディング：ロッド付きの抵抗体を挿入(土層の性状の探査)

物理探査法：地表探査か孔内探査で間接的に地質構造の調査

地下水調査：地下水の調査と帯水層の調査

何となく近づいてきたかなあ、と思います。

そもそも我々自身が一般市民へ向けたアピールが余り上手ではないと言う事なのでしょうか。

- ◆我々の立つ学問が難しく、市民に咀嚼して説明するのが容易でないのだろうか
- ◆咀嚼どころか、我々自身が関連学問の知識取得にまだまだ付いていけないのだろうか
- ◆地質調査の仕事に携わっている我々は人前で宣伝が不得意なのだろうか
- ◆そんなことは無いが、市民へのアピールの場が無いのかのだろうか

2. 地質調査業（協会）のイノベーション!?

地質調査業の市民権獲得として、例えば、（一社）東北地質調査業協会の記念日を設定（11月1日、一般社団法人化の日など）して、その日には市民向けのデモンストレーションを行うなど。

仙台駅前が厳しいが、西公園や勾当台公園でボーリングマシンによる掘削、地質調査のポスターやパネルを展示し、「日本ってどんな国」の配付と説明を行う、なんてことはどうでしょうか。

実演は直ぐには難しいかもしれないが、ウェブサイト動画をどんどんアップするのはどうでしょうか。広報・総務・技術委員会のコラボで出来そうですが、各社の宣伝も有りでしょうか。

平成 29 年度からボーリングマイスター制度が始まり、「匠」として 6 名の方が認定された。匠制度の有効活用と言ったら怒られますが、活躍の場を考える必要があると思う。

匠の方には是非とも業界全体（会員、非会員全ての会社）のイメージアップ作戦と技術の研鑽や共有化、伝承を通して、業界の親睦も深め、更に離職率を下げる効果も期待したいところです。

3. 柱状図作成上の技術的留意点

今回は土質コア観察と柱状図作成について、私の経験からの知見を紹介したいと考えています。ただし、私の専門分野の「土質系」の調査を中心としたものです。「岩盤系」と対比した記述もありますが、「地盤調査」に関連の調査を例としました。

3.1 土質系ボーリングのコア写真

殆どの地質調査業務の報告書では、柱状図とコア写真を巻末に掲載しています。コア写真はと言うとほぼ全部と言うほど、円柱状コアの側面を撮影しています。時々、マッドケーキが付いた状態や、真っ黒の粘性土系のコア、又は一見スライム状に見える砂質土系のコアが並んでいる報告書を見かけます。

コア写真の撮影は、「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、平成 27 年 6 月」に基づいています。

ボーリングコアの写真撮影は、同じコア箱へ収納すべきボーリングコアがすべて収納された後、速やかに行う。写真撮影をコア箱への収納後、速やかに行うのは、削孔直後の劣化していないボーリングコアの状態を正確に写真として記録するためである。ボーリングコアそのものは、調査目的が達成されるときまで、または達成された後も保管されているが、自然状態においては保管中に劣化をし、また、人為的に割られることもある。したがって、削孔後、時間を経たボーリングコアは、必ずしも削孔直後の状態を表していないことがある。このため、劣化をしていないボーリングコアの状態を知るためには、削孔直後のボーリングコアの写真が必要である。そこで、本編ではボーリングコアの写真撮影について規定する。

ただ、実際の現場管理や作業の従事にて「削孔直後」と言うのはなかなか難しい。通常は検尺終了後に 1 孔分をまとめて撮影しています。光の当たり具合の変化を少なくするためです。

「速やかに」ではありますが、大事な点は掘削進行中のコアの保管管理、例えば直射日光に長時間当てないように、凍らせないように、などが大事です。

単にコア写真を巻末に載せるだけでなく次工程や将来に生かされる写真を残したいものです。

更に次の文言が続きます。

削孔直後のボーリングコア状態を記録しておくためのボーリングコア写真は、ボーリングコアの色調、鉱物、粒子、組織、割れ目、風化程度、変質程度などの地質性状を的確に判読できる必要がある。また、拡大して使用されることが想定される。ボーリングコア写真のみによってこれらの地質性状を的確に判断するためには、少なくとも約 1mm 以上の解像度の画質を確保する必要がある。ここで規定する約 1mm 以上の解像度とは、撮影した各写真（コア箱ごとに撮影した各々の写真）をコンピュータの画面上で拡大して見た場合に約 1mm 以上の解像度が確保されていることとする。

この記述は岩石、岩盤系コア写真を主としたものと思います。土質系コア写真にはちょっと違いが感じられるので、ケースバイケースでの対応が必要でしょう。

さて、岩盤系コア写真はコア表面の洗出しや、割目などの特徴が分かるようにコアを回転させるとかの工夫など、人為的な作業が必要な場面もあると思います。この場合、記事欄や報告書本文に注意書きを入れるとより分かり易いかなと思います。

一方、土質系コアの場合、コア表面にマッドケーキが付着している時があり、マッドケーキの洗いが必要な場面もあります。ただ、慎重に洗わないと本当の色調が変わってしまうことや、コアが流出してしまうことなどへの注意も必要です。

柱状図を見ると、「シルト質粘土」や「有機質土」、「砂質粘土」、「礫混じり粘性土」などと、同じ「粘性土」でも様々な土質名が記載されています。

次工程の数値解析、設計、施工に当たって、柱状図以外にコア写真からも地盤の特徴を確認しようとした時に、土質区分がコア写真からは分からない、判断できない、と言うような場面も多いのではないのでしょうか。コア写真の撮影に当たっては、柱状図の土質名を納得できるような写真を提供できるように工夫したいものです。

ところで、コアチェックは素人、新入社員でも誰でも出来る？土層、地層の境界線も誰でも描ける？ものではないでしょうか。地形判読、堆積環境の違い、などと言った基本的な知識が無く、何度も土を手で握った経験が無い人には出来ない、と言っても過言では無い、ではなく、絶対出来ないほど高度な技術だと考えています。

このコアチェックと言う地質調査レポートにおける初めのインプットを間違えると、瑕疵だけでは済まされない重大な設計ミス、施工での事故、人命に係わる事故に繋がる恐れがある事を肝に銘じなければならぬと思います。冒頭に記述した地質調査不足による多くの事故も実は地質調査のプロセスをもっと自覚していれば防げたかもしれないのではないのでしょうか。

土質コア写真の場合、岩盤・岩石コアと違って、ペティナイフなどでコア内部を露にし、酸化による色調変化の発生前に撮影するのも大事かと思えます。

色調やコア内部の写真で最も良い状態なのは、現場で標準貫入試験 1 回毎に撮影したレイモンドサンプラーの半割写真ではないかと思えます。SPT 試料は、ビニール袋に入れてもコア部分と同様に経時変化を受け、自然状態とはやや違って来るものです。

土質系調査でのコア写真とは、土質情報や地盤情報が後からではなかなか読み取れない代物なのですね。色々と工夫が必要かと思えます。

3.2 シルトと粘土の違い

軟弱地盤系の調査報告書を見ると、柱状図の土質名に「シルト」、「シルト質粘土」、「粘土質シルト」の名称が多く目に付くことがあります。

何となく、「粘土」だけだと不安なのではないでしょうか。「シルト質」や「シルト混じり」あるいは「粘土質シルト」と言うようにシルトと粘土を組み合わせると安心感があるのかもしれませんが。

まったく均一な海成粘土なのに「シルト」の土質名が 20m 以上も続く柱状図を見たことがあります。シルトの単一粒径層が厚く堆積する「海成」とはどういう環境なのかと考えてしまいます。

【シルトとは】

ところで、シルトは地盤工学会の統一土質分類記号では「M」を用います。Mって何？Mは、スウェーデン語の「mo」由来です。

そこで、スウェーデン語辞典で「mo」を引いてみました。辞典には、「①砂又は砂利の多い荒地; 荒野」、「②粒の細かい砂」と表記されていました。つまり、SっぽいMなのですが、はっきりしない、と言うように思いました。

辞典に書かれていたものは次のようです。「シルト」って書かれていないなあ、粒径範囲の定義も無いなあ、とちょっと戸惑いました。

mo [mu:] =n, =ar 図 ① 砂又は砂利の多い荒地; 荒野. ② 粒の細かい砂.

これまで私自身、シルトのMについて深く考えたことがありませんでした。シルトと言う土質分類が実に多くの場面に登場しているのに、あまり気にしてこなかったかな、と思っています。

【シルトの誕生場所】

粘土や高有機質土、砂、砂礫の堆積環境はほぼ決まっています。湖沼性、陸成、氾濫原、山間部の出口閉塞型沢地形、などなど。日本の第四期の堆積物は殆どが水成堆積物で、分級作用を受けて土粒子が淘汰されている事が多い。

身近でシルトを実感できるのは「黄砂」があげられます。粒径範囲は0.004～0.007mmと言われています。シルトの粒径範囲は、0.005～0.075mmです。余談ですが実際は「黄シルト」なのですね。黄砂は指で触るとパウダーと言うよりはザラザラを感じます。砂ではないが、粘土より粗いかな。

海成軟弱粘土は「シルト質粘土」か「シルト混じり粘土」が実際には多いものと思いますが、すべすべな感じを受け、あまり「シルト」を意識する事は少ないみたいです。

柱状図の作成に当たっては、「シルト」と「粘土」の組み合わせをちょっと真剣に考えてみてください。設計上は「粘性土（一般的にC材扱い）」に括られてしまうものかもしれませんが、地質調査のプロとしては大事な事かと思えます。

3.3 砂の分類と表現

柱状図で、「砂」を「粗砂(0.850～2.0mm)」、「中砂(0.250～0.850mm)」、「細砂(0.075～0.250mm)」と細かく分類しているのを見かけます。ただ、時々「微細砂」と表現しているものを見かけます。粒度試験での分類にはありません。

参考までに「地質学会」の分類では「微粒砂」0.125～0.0625mmと言うのはあります。

設計における地盤定数の設定、杭の設計などで砂質土と粘性土のどちらに分類すべきか、微細砂も「砂質土（一般的にφ材扱い）」で良いのでしょうか。

柱状図の土質名には技術的には日本統一土質分類の名称を用いた方が共有しやすい。柱状図の土質名は、現場での判定を記入し、土質試験の結果と大きく異なる場合はそのままとする、と言うような事もありますが、技術的語彙として「微細砂」は多用しない方が良いかと思えます。

設計上の地盤区分において、液状化対象層か、圧密沈下対象層か、圧密沈下での排水層か、などの判断評価ができるように柱状図を作成するのが大事かと思えます。

柱状図の土質名で、粗、中、細との分類に加え、記事には粒径が揃っているか（単一粒径）、粗から細、あるいはシルトや粘土の混じり具合などを丁寧に記載した方が良い。特に液状化の検討を目的とした場合や、透水性が問題となる場合、柱状図の「土質名」だけでなく、記事も大事な情報です。全応力・有効応力に関する問題では、排水条件の設定情報としても重要です。

3.4 ローム、凝灰質などの表現

過去の長い間、火山灰質土をロームと記載した柱状図が結構ありました。日本統一土質分類にはロームと言う土質名はありません。

日本では火山起源の関東ロームが著名で、「関東」が日本の中心だから他の地方も火山灰は「ローム」と表現されてきたのかもしれませんが。よくわかりませんが。

昨今は「火山灰」、「火山灰質土」、「火山灰質…」と記載した柱状図が殆どです。

ロームの定義は、土壤中の粒径組成比率のみであり、火山起源物質であるかどうかは関係ないのです。ロームとは、砂・シルト・粘土がほぼ等量に混合した土壤の事で、元来は土壌学的（地質学、土質工学とは違った学問出身）に用いられた語です。

また、ロームと同様に、「凝灰質」と言う土質名や記事が書かれた柱状図も時々見かけます。

言いたいことは何となく分かります。火山灰質をイメージしていると思われる。しかし、「凝」とは「こりかたまること」であって、この「凝灰質」を付けた土質は決してこりかたまっていない事が殆どようで、むしろ粘土質の場合が多いようです。

基盤岩の凝灰岩が風化して粘土化した風化帯に対して、「凝灰質粘土」の名称を記入している柱状図を見たことがあります。風化して粘土化しているのだから、「凝」の表現は違うのではないのでしょうか。「灰、火山灰」が凝固したものが凝灰岩なのだから、地質名は「風化凝灰岩」または「凝灰岩風化帯」とし、記事に「粘土化」の記載が良いと思います。

土質調査柱状図の作成で、地層区分や土質名称、土質の一致を考えた苦肉の表現が「凝灰質粘土」なのかもしれません。コアを土質的に見ると「粘土」、ただ地質的には「凝灰岩」由来、などからこのような表現になったのかもしれませんが。地質名、土質名に加えて日本語としての表現もよく考える必要があると思います。

3.5 柱状図の「色調」の大事な点

一般的に「地質」、特に岩盤・岩石の色調は「灰色」を基準として色を表現します。鉱物ともなれば原色を呈するものも多く、差し詰め毒キノコと同じように毒々しい色調の鉱物の中には本当に猛毒の鉱物も多く存在します。

土質系の柱状図では、「灰色」よりも「暗灰色」を基準として表現しているのが一般的のようです。見た目が真っ黒の粘土でも「黒色」とは表現しないで、「暗褐色」や「暗褐色」と表現している例が多い。

柱状図の作成に当たっての色調は、明るい自然光の中で、湿潤状態で観察して記入するとして、次のように解説しています。

【解説】

表現に用いる色は、「黒、褐色、赤、橙色、黄色、緑、青、紫、灰色、白」を基本色とし、基本色以外は基本色の組合せ（原則として 2 色）とする。基本色の組合せは主色の前に従色を冠する（例：緑が主色で、青が従色の場合は、青緑とする）。また、必要に応じて「濃」及び「淡」の形容詞をつけるとともに、黒味を帯びるときは「暗」の形容詞を付ける。従色が特に微弱なときは「帯」の形容詞を付ける。礫岩など雑多な色を呈するとき、何色と何色の「雑色」、色が入り混じっているときは何色と何色の「斑色」とする。このほか、赤白は桃色、褐色は茶色等慣用的な表現を用いたほうが適切なときには、それらを用いてもよいこととする。

「色」を理解してみましょう。「色」の基本には「光源色」と「物体色」の2つがあります。

- ◆光源色の黒は、光がまったくない状態で、RGB の 3 色とも無い状態（減法混合）（TV、PC）
- ◆物体色の黒は、光の反射率が 0、全ての波長の光を吸収する色と言う事（加法混合）（絵の具）
- ◆色の三原色（物体色 Y（黄色（Yellow））、M（赤紫（magenta））、C（青緑（cyan））の 3 色を混ぜると黒になる。ただし、全ての波長を完全吸収する物質、黒体と呼ばれるものは存在しないと言うのが常識である。

- ◆色を重ねると明度が落ちて黒くなる、光を重ねると明度が上がり、白けてくると言う事

色調で大事な事は、「酸化帯」なのか、「還元帯」なのか、あるいは「地下水位の変動範囲」に位置しているのか、などを判断できるような情報となっているかどうかではないかと考えます。コアの色調は、地質的性質、土質的性質以外に地下水位とも関連しているものです。

特に化学的な考察の一つとして、「酸欠層」に絡む「還元帯」の分布（一般的に青色～青灰色）、また、地すべり・斜面安定や広域地下水問題などでは「地下水位の変動範囲」の判断ができるかどうかが大です。これは岩盤系でも土質系でも同じ事です。岩盤系では変質の問題とそれに絡む強度の問題もあるので色調の深度変化や水平方向での変化には気を付けなければなりません。

更に不圧(自由)か被圧か、帯水層の数やキャップロック層、不透水層などとの関連も大事な地盤情報です。

4. 働き方改革と地質調査業

今回は、柱状図、コア写真について私なりの留意点を書いてみました。これは地質調査の最も重要な工程であるからです。どうしてもこの工程は省けないし、残業してでも間違っはいけない作業です。

残業と言えば、最近、働き方改革ということで、残業を減らそう、しかし生産性は上げよう、などと言うことが多くの場面で耳にします。

「働き方改革」とは、一億総活躍社会の実現に向けた最大のチャレンジであり、日本の企業や暮らし方の文化を変えるもの、と言われてています。

働き方改革によって、社員の労働生産性の向上、管理職の育成、離職率の低下などが目標として掲げられています。

地質調査業において、仕事の根幹をなすボーリング掘進、SPT、その中間成果品のコア、これらを観察して柱状図、断面図(最近では3D)、地盤定数、地盤解析のような流れの何処をどのように改革すれば良いのだろうか。

コアやSPT 試料は手で握らなければ柱状図を書けないのが現状。この作業をオートメーション化した「柱状図自動作成マシン」を開発して、コア箱ごとガチャンと入れて、土質名や記事をAIによって作成する、なんて時代が来るのでしょうか。

それとも現場でのボーリング掘進作業はロボット化や無人化の時代が来るのでしょうか。もし、オートメーション化や無人化になったら、地質調査技士は必要なの、と言うような悩みは今のところ要らないと思っていますが・・・。

地質調査業に関する働き方改革は、「地質調査技士」の技術や品質の更なる向上と言う当たり前のことに責任を持って仕事をして初めてなし得るものではないのかと思います。

冒頭にも書きましたが、一般市民権を確実に持つこと、「地質調査の不足」による事故と言うことがニュースに上らないようにすること、これらのことを我々地質調査業界が目指すことで働き方改革が進んでいくのではないかと考えています。

おわりに

私がこの業界に入社した昭和50年代前半はオイルショックとかOA革命とか言われていました。当時地質調査業界は明るかったのか、暗かったのかよく覚えていませんが、何となく仕事はありました。ただ、知識が先か、現場が先か、何のために何をしているのかあまり考えてもいませんでした。

実務としての地質調査の知識や技術の取得、仕事としての渉外関連、に加えて資格取得勉強は結構辛かった。社会人ともなれば堂々とお酒が飲めるので、いつの間にか四十年が過ぎましたが、何となく気になっていた事を思い出してまとめてみました。

次号では、柱状図作成の次のステップでのお話をまとめたいと思っています。

地質調査に携わる人には免許が要りません。誰でもできます。罰則もありません。だからこそ地質調査業協会とその構成員は技術の本質を追求し、仕事に責任と誇りをもちたいものです。

