

---

地盤品質判定士、判定士補、ならびに判定士協議会関係者の皆様

地盤品質判定士通信 No.2 を配信致します。添付をご覧ください。  
今回は、去る 3 月 12 日(水)に欠陥住宅被害・東北ネット・特別例会において『戸建て住宅の地盤調査におけるスウェーデン式サウンディング試験の本質』と題して私が講演した内容を、同ネットがテープ起こしして編集まとめていただいた小冊子です。この小冊子を同ネットのご厚意で地盤品質判定士の皆様に公開させていただけることになりました。

講演の機会を与えていただき、その内容の公開の便宜を図っていただいた吉岡和弘弁護士、齋藤拓生弁護士、千葉晃平弁護士、他欠陥住宅被害・東北ネットの皆様、この場を借りてお礼申し上げます。

この小冊子を通じて地盤特有の見方・考え方を再確認していただくとともに、地盤品質評価は技術者の資質によるところが極めて大きいこと、いわゆる『サウンディングは聴診器』であることをご理解いただき、名医としての地盤品質判定士の皆様の実務の一助にして戴ければ幸いです。

《追伸》

受験の手引きの p.12 に参考図書が紹介されていますが、対象が広くて受験対策に苦勞しているという声が協議会に多数届いており、協議会内で今後の対応を検討中です。

現時点で役立つ受験者向けの参考情報を以下に紹介いたします。

- ・協議会では現在、協議会 HP で 2013 年度検定試験問題と同解説を実費頒布しています。
- ・今春、全国地質調査業協会連合会が『宅地地盤調査マニュアル 2014』を発行して同連合会の HP で購入が可能となっています。
- ・地盤工学会では 7 月 29 日(火)に東京で、地盤工学会東北支部が 8 月下旬(8/28?)に仙台で関連の講習会を計画しています。

このような状況も踏まえ、協議会では今年の受験願書提出期限を 10 日間延長して 7 月 10 日迄受け付けることにいたしました。

判定士・判定士補・協議会関係者の皆様の周囲で出願をご検討されている方々がいらっしゃれば、上記情報を是非ご紹介いただければ幸いです。

なお、協議会には戸建て住宅地盤に関する相談窓口設置の要望が多数寄せられています。本来は判定士会の領域と考えられますが、判定士会が設置され軌道に乗るまでの期間は、協議会として対応できないかを検討しております。次号、判定士通信No.3 では、この点について皆様にアンケートを取らせていただこうと考えておりますので、宜しくお願い致します。

2014 年 6 月 27 日(金)  
地盤品質判定士協議会 事務局長 中村裕昭

# 戸建て住宅の地盤調査における スウェーデン式サウンディング試験の本質

平成 26 年 3 月 12 日

仙台弁護士会館

地盤工学会（元理事）地盤品質判定士担当／  
地盤品質判定士協議会事務局長／  
技術士（建設部門）／ジオ・アドバイザー（GUPI）

講演・中村 裕昭 氏

---

1. はじめに	1
2. 地盤(土)・地盤調査特有の見方・考え方	4
3. SWS試験における JIS の意味	8
4. SWS試験は何を測っているのか	11
5. SWS試験結果を用いる計算式について	16
6. 土の識別が地盤工学の基本	19
7. コンクリートや鋼材と比べた地盤材料の特徴	22
8. 土質で異なる地盤材料の応力～ひずみ関係	24
9. SWS試験で得られる静的貫入抵抗は相対指標値	28
10. SWS試験データの見方のポイント	31
11. 終わりに	37
質疑	38

---

司会 本日は皆様にもご案内して、これだけ多数の方にご参加いただいているところですが、地盤工学会の中村先生をお招きして、スウェーデン式サウンディング試験の講演、「戸建て住宅の地盤調査におけるスウェーデン式サウンディング試験の本質」と題して、お話しさせていただきます。今日は中村先生に東京から来ていただきまして、貴重なお話が聞けると

大変喜んでいますが。欠陥住宅の問題に取り組むときに、地盤の問題が非常に問題、深刻な問題になりますが、戸建て住宅の場合には、いわゆる SWS 試験、スウェーデン式サウンディング試験がよく登場します。しかし、この SWS 試験については、N 値とか地耐力、長期許容応力度とかいろいろ出てきますけれども、その関係や換算 N 値とかとなってくると、なかなか本筋のところがよく分っていないこともあり、今日は非常に有益なお話が聞けると思います。それでは、どうぞよろしくお願いします。

## 1. はじめに

中村 今、ご紹介いただきました中村です。まず、自己紹介的な話になりますが、私は建設部門の技術士で地盤コンサルタントです。地下水、地盤関連の仕事をしています。私の所属機関は地域環境研究所ですがその他に日大、岡山大等で非常勤講師を、国土交通省系の研修機関である全国建設研修センターで地質調査、あるいは土木のポイントという講座の講師を担当させてもらっています。また、環境省のアセス関係など、環境あるいは防災の関連で仕事をしていました。地盤工学会で私は 30 年ぐらい仕事をしているのですが、地盤工学会で理事をやっていた頃に技術者教育や技術者の資格制度改革に関わったことがあります。

実は、昨年、地盤工学会、建築学会、土木学会等七つの団体で地盤品質判定士という資格制度を作りまして、これは戸建て住宅の地盤を評価できる人を育成していこうという制度ですが、縁あって今年 2 月にこの事務局長を仰せつかりました。もともと私は技術士ですが、地質調査をやっている業界で全国地質調査業協会連合会（以降、全地連と略します）というのがあり、これはいわゆる公共事業の仕事をやっている会社の業会で、この全地連としての仕事にもいろいろ関わらせていただいております。一般の方や役所の方からいろいろな質問が出たときに、その質問に答える仕組みがない、あるいはトラブルがあったときに相談窓口がないということで、全地連ではジオ・アドバイザーという制度を作りました。それは全国で 10 人ほど認定されているのですが、そういう役割もいただいております。

さて、今日、パワーポイントの他に「東日本大震災と向き合う」という小冊子を配布させてもらいました。この小冊子には、いろいろと重要な指摘が記載されています。例えば、p.15 の下半分ですが、『日本では道路、鉄道、港湾、それに限らずですが、各機関が指針を作って技術者の負担を減らしている。ところがこういう指針、あるいはマニュアルもそうですが、指針、マニュアルができたことで、原点に戻って帰るチャンスを失わせている面がある』というようなことが書かれている。

スウェーデン式サウンディング試験の JIS (JIS A 1221 : 2013 スウェーデン式サウンディング試験方法) は何を規定しているかと言えば、**試験装置の規定ではなく、試験方法の規定**なのです。ところが、SWS 試験方法が JIS になり、JIS になったことによって SWS 試験とは何かと考える機会を失って、JIS になったからそれに従ってやればよいということだけが進んできてしまった。本来、私たちは SWS 試験装置を非常に便利な道

具として多用しているのですが、私たちがいいと思う意味内容と、現在住宅業界で使われている意味内容とは非常なギャップが出てきてしまっているのです。その辺のお話を今日させていただければと思います。

## 私の懸念

1. 最近の調査設計の風潮: 手段が目的化[マニュアルは本来手段に過ぎないが, マニュアルに従うことを目的とする技術者の増加傾向]
2. 現場・解析技術者の技術力の低下[調査用具・PC・解析ソフトの機械化・高度化の弊害]
3. 地盤問題は土の種類で挙動が異なることから, 土の識別が最も重要だが, マニュアル技術者は定量データ(設計定数)があれば満足してしまう。⇒SWSデータで言うと, 静的貫入抵抗( $W_{sw} \cdot N_{sw}$ )よりも貫入状況の記載が重要。⇒SWSは**聴診器**の所以。
4. SWSできちんと貫入状況が記載されていても, それを活用できず, 定量データ( $W_{sw} \cdot N_{sw}$ )だけに着目して失敗する例。
5. 目に見えない, 基本, 構造が不規則, 物性が不均質な地盤を対象とした地盤調査の精度は, 大局的視野が物を言う。

4

実は私自身は、本来、公共事業あるいは大規模施設の地盤問題のコンサルティングが主体だったのですが、東日本大震災以降、戸建ての相談に乗る機会が増え、その相談に乗ったときとにかく驚きの連続でした。スウェーデン式サウンディング試験、SWS試験とも言っていますが、この試験装置は私に言わせると**聴診器**なのですが、それが精密な測定器のように使われている。私の言う「SWS試験は聴診器」という趣旨を今日お話ししたいと思います。

実は**地盤問題は土の種類で地盤の挙動が異なる**ことから**土の識別が最も重要**になります。ところがマニュアル技術者は定量データ(数値データというか設計定数)があれば満足してしまう傾向があります。SWS試験データでいうと静的貫入抵抗( $W_{sw}$ 、 $N_{sw}$ )よりも土の識別情報である貫入状況の記載が重要ということになります。つまり、SWS試験装置は聴診器と言われる所以です。

沢山あるサウンディングという地盤調査区分の一つにSWS試験装置があるのです。サウンディング装置には10種類ぐらいのメニューがあって、地盤状況に応じてサウンディング装置を使い分けるといのが我々地盤コンサルにおけるサウンディングの位置付けです。ところが昨今の戸建てを見ていると、どんな地盤で、どんなところであろうと、SWS試験装置だけでやっている。ここにまず驚いたわけです。一つの方法だけで調査すべきでは

ありません。歯医者へ行っても何にしてもいろいろな道具がたくさん並んでいます。あるいは大工さんでもカンナでものこぎりでも使い分けているのです。地盤調査現場でも使い分ける道具の一つにSWS試験装置があります。それでは、なぜ使い分けが必要なのでしょう。土の種類、特に皆さんご存じの粘土と砂とは全く別物です。ですから測り方も評価も全く別です。砂と粘土は何が違うかという、我々は工学というのはモデル化してものを考える。そのときに砂というのは「粒の集まり」粒状体としてモデル化をします。粘土は「多くの孔の集まり」多孔体としてモデル化をします。孔の集まりと粒の集まり、これは全く別のものです。全然反応も挙動も全て違うということです。

ところが建築基準法、それに基づく国土交通省の告示式でSWS試験結果による計算式のところを見ると、土の種類の区別等は全くなく、何でも使ってしまうようになっている。そこにまずびっくりしたわけです。**SWS試験は、あくまでも複数ある状況証拠の一つであり、SWS試験結果だけで地盤評価の決め手にしてはならない**ということなのです。

## 2. 地盤(土)・地盤調査特有の見方・考え方

### 『地盤(土)・地盤調査』特有の見方・考え方(1)

- (1) 肉眼で直視できない(目視で状態が確認できない)
- (2) 構造が複雑・不規則(多層・不連続・変化に富む構造)
- (3) 同一地層内での物性が不均一・不均質
- (4) 地下水位の変動で物性が変化(地下水は変化が基本)
- (5) 時間経過で構造・物性が変化

共通の手法で一義的に解を導き出すことが難しい

複数の状況証拠⇒総合的勘案⇒地盤評価(判断)

5

地盤というのは目視で状態が確認できないという非常に大きな制約があります。この見えないものをどうやって表現するかが我々の仕事です。よく教科書、マニュアルを見ると、ほとんどのマニュアルは構造が単純で、要するにシンプルを前提とした書き方をしています。それでもものを判断しようとするから判断の誤りが生じます。地盤というのは複雑・不

規則なものであり、シンプルなのがむしろ例外だというのが我々の認識です。例えば、金属材料とかコンクリートというのは一つの塊状で捉えたときに、ほとんど均質材料でモデル化できるわけです。これに対し、土の場合は一つの砂層とか粘土層であっても、その砂の中で深さが変わったり、横にずれると質が違ってくるのです。それを不均一・不均質といっているわけですが、不均一な土をモデル化しなければいけない。ここが重要なのです。もう一つは、地下水位が変わると物性が変わる点です。これは建築基礎構造設計指針等で基礎の支持力の計算するときでも、地下水をどこに持ってくるかで支持力が変わります。地下水位が地表面近くにあるかないかで変わります。もともと地下水位というものの自体が動くものです。雨が降れば地下水位が上がるし、あるいは水田地帯では灌漑期で水田に水を張れば地下水位は上がり、非灌漑期で雨がなければ地下水位は下がる。それによって実は地盤の物性が変わります。

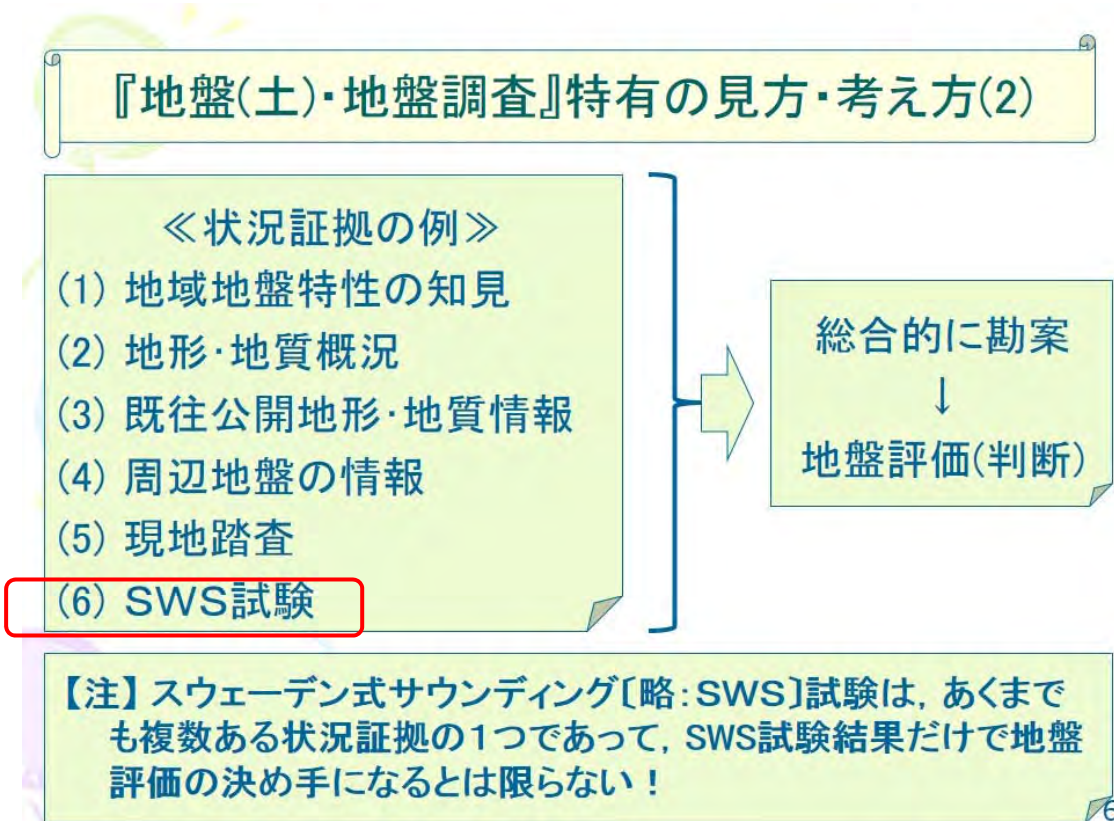
重要なことは先ほど粘土と砂は構造が違うと話したのですが、砂の典型的な問題に液状化があります。粘土の典型的なものに圧密沈下があります。液状化のときには地下水位は浅く設定するのが、設計上の安全側設計の基本です。地下水位が浅いということは浮力が働いていますので、今度は圧密沈下を検討するときは、その地域の地下水位が最も下がったり、地下水位が深いところを設定して設計水位として計算するのが普通です。ですから同じ地域でも問題によって沈下を検討するのだったら地下水位を低く設定しなければいけない。液状化だったら高く設定しなければいけないわけです。ですから、同じ地域で実は液状化も沈下も両方心配だということだと、問題によって砂層は浅い地下水位で計算し、粘土層は地下水位の深いほうで検討し、ということで、地下水位を二つ用意しなければいけないのです。ところが住宅業界では、ほとんどの場合、この地域の地下水位は、例えばSWS試験をやったとき地下水位はここだったと。その値で液状化も圧密も検討したりしています。

もう一つ、地盤は、時間経過で構造・物性が変化する場合があるということです。これは盛土などがまさにいい例です。「雨降って地固まる」という言葉もあるのですが、材料によって時間がたつとだんだんにしっかりしてくる地盤と、時間がたつと悪くなる地盤があるのです。ところがほとんどのマニュアルには時間経過による構造・物性の変化を問題にしておりません。

これら地盤の特性を専門外の方に理解していただくというのは大変難しいことですが、そういう世界があるということを知りたい。そして、実際の現場で、あのときのことでないかということに気が付いていただき、問題であれば専門家と相談していただければいいわけです。それに気が付くか、気が付かないか。そういったところのヒントを今日皆さんにお持ち帰りいただければと思っています。要は、**共通の手法で、一義的に解を導き出すことが難しいのが地盤の問題であり、地盤調査なのです。**

ところが今日、戸建て住宅は非常にマニュアル化して、共通の手法で一義的に解を導き出すような仕組みができ上がってきている。そこに我々地盤の専門家は非常な違和感と心

配があるのです。実は弁護士さんと同じようなことになるのですが、我々の仕事は複数の状況証拠を集めてそれを総合的に勘案して評価をする、これが地盤の世界です。ですからスウェーデン式サウンディング試験結果というのはその状況証拠の一つなのです。有力な状況証拠の一つではありますが、それイコール結論に結び付くものではない、なぜそうなのかということをご理解いただきたいのです。



それから地形・地質。我々は**地形というのは地下を見る鏡**だといっています。地形を見るいろいろなことが分かるわけですが、その地形によってもいろいろ違う。それからいろいろな公開された情報がある。それから我々には経験がある。すでにその地域で家を建てたりしたらこうだったという周辺の実績があります。それから現地に行っているいろいろ見る。それからSWS試験をやるということで、要はこういったもので状況証拠を整理して、総合的に勘案して地盤を評価することになります。スウェーデンの結果もこれらの情報を加味して評価するのです。だからSWS試験の結果だけでもものを言うことが非常に怖いわけです。これがまず基本なのです。ですからスウェーデン式サウンディング試験、略してSWS試験といっているのですが、あくまでも複数ある状況証拠の一つであって、この試験結果だけで地盤評価の決め手になるとは限らない。これが今日の結論です。地盤の種類が粘土、砂、礫、腐植土、火山灰土、そういう地盤の種類が違っていると、何かを測るときの物差しが違ってくる。要するに同じ物差しでは測れないというのが基本です。

## 『地盤(土)・地盤調査』特有の見方・考え方(3)

- (1) 地盤(土)の種類[例えば, 粘土, 砂, 礫, 腐植土, 火山灰土, 他]が違うと同じ物差しでは測れない
- (2) 地盤の種類と性状は地域によって大きく異なる
- (3) 戸建て用地[宅盤]としての地盤評価は①地盤自体の安定性と②表層地盤の地耐力特性の2stepで考える
- (4) 地盤の特徴[前出]: ①直視できない(見えない), ②地域特性が顕著, ③構造が複雑・不規則, ④同一地層内でも物性が不均質・不均一, ⑤地下水位変動で物性が変わる(地下水位は変化するもの), ⑥時間経過で物性が変わる

7

状況証拠の例として、地盤は地域ごとに特性があります。例えば仙台の台地は火山灰質、又は凝灰質か火山性のものです。火山性のものと全く火山性のものが入っていないところというのは、同じような粒の大ききで構成された土であっても特性が違うのです。それで地域特有の問題が生じます。よく大阪などでは海成粘土というのがありまして、それが pH で 2~3 ぐらいの粘土層がありますが、そこに宅地を買った人は、コンクリートや鉄はボロボロになってしまうのです。それから当然植生もつかない。pH で 2~3 という濃硫酸の程度です。そういう宅地もあるわけです。それから神戸のほうへ行くと、水を吸うと膨張する膨潤性の地盤があつて、見かけはしっかりした岩砕です。それで盛り土をして家を建てた。ちょうど水回りのところで水が漏れて水を吸収して今度地盤が盛り上がり、いわゆる不同隆起が生じ、中のドアがきしんで開かないというトラブルがあります。あるいはこの間、夏に大島で大きな災害がありました。あるいは秋田での道路の現場でも災害がありました。みんな地域特有の秋田も大島も火山灰土。この火山灰土というのは非常に癖があります。あるいは関東ロームなどもそういう傾向がありますし、八戸ロームもそうです。ロームというのが教科書によく出てくるのです。建築基準法施行令にもロームと出てくるのです。これがまた怖いのです。ああいうものに出てくるロームはほとんど関東ロームのデータが出てくるのです。ところが、こちら八戸ロームとか、青森のほうにあるロームと関東ロームは全く性質が違うのです。もつという、日本でいうロームとアメリカでいう



ロームは全く性質が違います。いろいろな地盤工学的な物性でいくと、同じように見えて全然違うのです。ところが、関東で法律を作ったりした人は関東ですから関東ロームの頭しかなくて、こういう地域によってロームの性質が違うという発想がないわけです。ですからロームといったらもう一緒だと思っている。ロームというのは実は地質学的には風塵あるいはレスとって、空中に漂っているちりが積もったものです。ちょうど日本のロームが積もった時期は火山活動が活発だったので、空中に飛散しているちりの中に火山灰をたくさん含んでいた。ところがアメリカなどでは、必ずしも火山灰がないところでもロームが分布しています。あるいは今の中国ですと PM2.5 がありますが、黄砂、砂漠の砂ですよね。ですから中国で堆積すればそういう砂漠性のものになります。いわゆる黄砂です。ですから地域ごとで違うのです。同じロームといっても違います。地盤の種類と分布と性状が地域によって大きく異なっているということがあります。ですから戸建て用の土地の地盤の評価は、地盤自体の安定性と表層地盤の地耐力、一般的には 2 step で考えるわけです。ところがこの地盤自体の安定性というか、全体の安定性を乗り越して表層地盤の地耐力だけで言ってしまう例をよく見て心配しているわけです。

以上のように、その地域ごとにいろいろな特有な地盤があるのです。ですから我々は地盤工学の基本は地域地盤特性だと言っています。


### 3. SWS 試験における JIS の意味

スウェーデン式サウンディング試験のJISは何を規定しているのか！

JIS A 1221:2013 スウェーデン式サウンディング試験方法  
Method for Swedish Weight sounding test

ISO TS 22476-6:2001 Weight sounding test

試験装置の規定ではなく、試験方法の規定である！

1. 試験装置の自由度は高い。手動でも半自動でも全自動でもよい。JISに記載されている装置はあくまでも例である。
2. 装置にJISマークを付けることはない。 
3. 静的貫入抵抗の測定に関する検定も校正(較正)もない。機械化装置の場合の、荷重と回転機能に関する検定を義務付けているのみ。

8

では、この状況証拠をとるスウェーデン式サウンディングとは何か。これは先週、関東でSWS試験を実際現場でやっている人たちを対象の講習会をやらせていただいたのです。そのとき意外だったのは、スウェーデン式サウンディング試験が JIS になっているということに対して、スウェーデン式サウンディングの試験装置が JIS だと思っている人がいるのです。「JIS で規定している装置でやりましたと」いう言い方をしているのです。しかし、JIS には「メソッド(method)」と書いてあり、英語で試験方法、要するに方法を規定しているのです。JIS は**試験装置の規定ではなくて試験方法の規定です**。ですから試験装置は極めて自由度が高いのです。

JIS の規定を見ていただくと、スクリーポイントの図が載っていますが、そこには**例**と書いてあります。普通の装置を規定する JIS だったらあり得ないです。このように作りなさいとなっているはずですが。スウェーデン式サウンディング試験装置に関する JIS での表現は全て**例**となっています。スクリーポイントの例、クランプの例、おもりの例、装置の例なのです。ですから試験装置の自由度は極めて高いのです。

## スウェーデン式サウンディング試験装置の例(1)

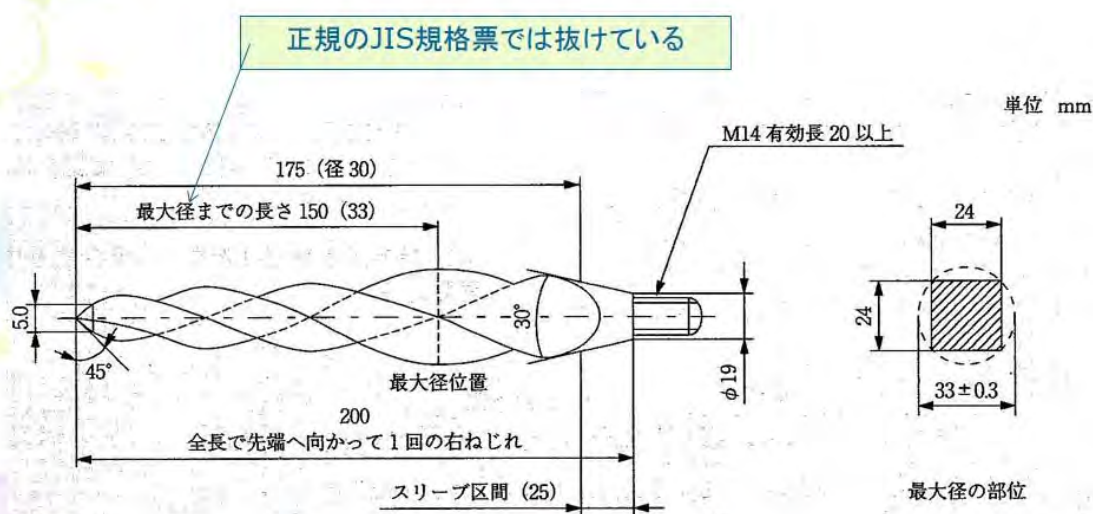


図1 スクリューポイントの例〔手動・半自動・全自動共通〕

9

SWS試験のJISというのはメソッド、方法、手順なのです。JISに記載されている試験装置はあくまでも**例**なので、実はSWSの試験装置にJISマークを付けることは無いのです。普通よくJISで規定されていればJISマークが工業製品であればあるわけですが、SWSの試験装置の場合にはJISを付けることはあり得ないのです。

## スウェーデン式サウンディング試験装置の例(2)

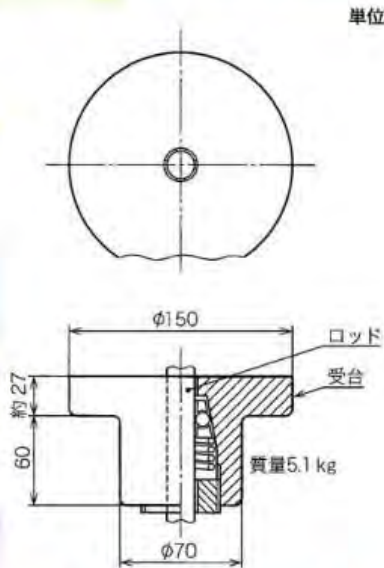
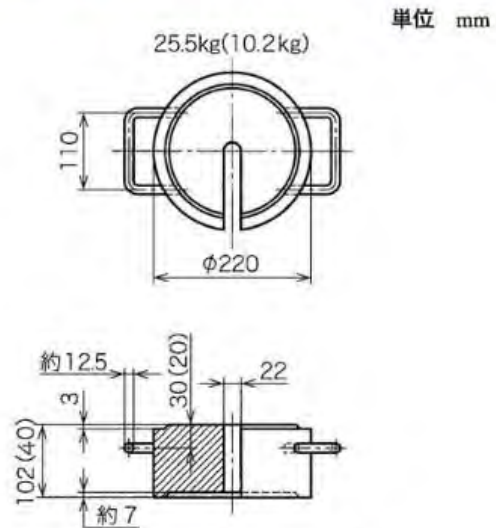


図2 クランプの例



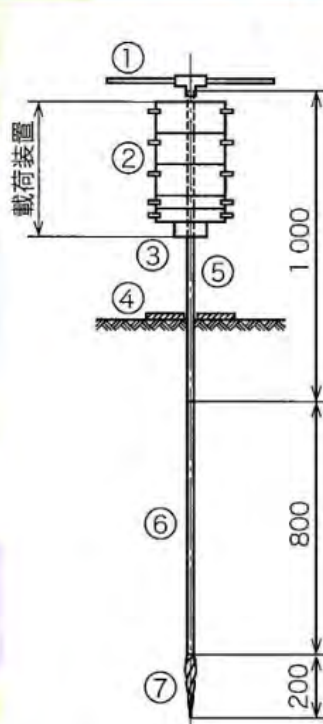
(括弧内はおもり質量が10.2kgの場合)

図3 おもりの例

質量=102 kg → 荷重=1,000N

10

## スウェーデン式サウンディング試験装置の例(3)



- ① ハンドル
- ② おもり
- ③ 荷重用クランプ
- ④ 底板 ←
- ⑤ 継足しロッド
- ⑥ スクリューポイント  
連結ロッド
- ⑦ スクリューポイント

青本では抜けている

図4 手動式による試験装置の例

11

#### 4. SWS 試験は何を測っているのか

もう一つ、私に言わせると SWS の試験装置は厳密な意味では測定装置ではないのです。いわゆる JIS に規定した測定器というものは、必ず検定、校正というものがあるのです。SWS には検定、校正がないのです。確かに 2013 年改正の今の JIS には検定という言葉自体は入っているとさえ入っています。但し、何を検定しているかという、改正 JIS では、自動化装置を許容したので、自動化装置を使って 1000N の力をかけたときには、1000N の力がかかっているかどうかは検定しなさい。それから、ロッドを人間が回す代わりにモーター等で回転させる場合には、回転速度を検定しなさいとなっているのです。ここはよくご注意ください。測る対象の値（静的貫入抵抗）の絶対評価に関する検定や校正ではないのです。実は JIS の第 1 項に、この規格はスウェーデン式サウンディング試験装置を用いて・・・とあり、装置というは例で示されているのです。基本的な貫入のメカニズムと定義が合っていれば何を使ってもいいのです。ですからおもりではなくて油圧で力をかけてもよければ、自重と反力と制御機能で所定の力がかかるようにしてもよいし、我々がよく現場に行くとやる時はおもりが重いので、土のう袋を持って行ってやるわけです。土のう袋と秤を持って行って、土のう袋に 100 キログラムになるように土を詰めてやったりもできるわけです。JIS 規定はあくまでも「スウェーデン式サウンディング試験装置を用いて、原位置における土の硬軟、あるいは締まり具合、あるいは土層の構成を判定する。」となっています。

#### スウェーデン式サウンディング試験は何を測っているのか！

##### 《JIS A 1221:2013》の規定

##### 1 適用範囲

この規格は、スウェーデン式サウンディング試験装置を用いて、原位置における土の硬軟又は締まり具合及び土層の構成を判定するための静的貫入抵抗を求める試験方法について規定する。

静的貫入抵抗とは、原位置における土の硬軟又は締まり具合及び土層の構成を判定するための相対指標

これがまさに状況証拠の取得ということです。状況証拠をそろえましょうということなのです。

さて、SWS試験の結果から求められ地盤品質を評価するための静的貫入抵抗 ( $W_{sw}$ ,  $N_{sw}$ ) というものですが、この静的貫入抵抗というのは物理定数ではないのです。これには単位がありません。一般的に物理定数というのは長さだったら  $m$ 、重さだったら  $g$ 、電気だったら  $\omega$ 、力だったら  $kN$  という単位があるわけです。ところが静的貫入抵抗には単位がないのです。単位がないものを測っているのです。静的貫入抵抗とは現場における土の硬軟、あるいは締まり具合、及び土層の構成を判定する相対指標です。ですから同じところでやっていたら、相対的にこちらが硬い、こちらが軟らかい、あるいはこちらが締まっているか、それを相対的に評価するためのインデックスを求めるのがこのSWS試験です。これが基本です。

### スウェーデン式サウンディング試験[SWS]の本質【1】

(SWS基本情報)  
下記対応深度確認  
(分解能25cm)

貫入状況の記録  
(状況証拠の収集)



(土質の識別と ×  
各種地盤状況)

(SWS付加価値情報)

相対指標の取得⇒万能N値の推定  
(静的貫入抵抗) (支持力の推定)

14

ですからSWS試験の基本情報とは、まず深さ。どの深度の情報か。この深さは基本的に分解能25cmです。次に貫入状況。これがまさに私が聴診器と言っている部分ですが、そのときのいろいろな貫入状況、スルスルっと入ったとか、非常に粘って入りにくいとか、あるいはジャリジャリ音がしたとか、サラサラ音がしたとか、そういう貫入状況に関する情報を集める。こういう貫入状況の情報状況によって、この地盤はどういう地盤か、これは

粘土地盤だ、砂地盤、礫地盤だという土質の識別をしようというのが基本です。その上で付加価値情報として静的貫入抵抗と呼んでいる  $W_{sw}$ 、 $N_{sw}$  が得られる。この相対指標の静的貫入抵抗は数値で得られる定性情報です。土が識別できれば、我々は万能  $N$  値といっている、 $N$  値の推定につながってくる。そうすると支持力の推定もできるということで、土質が識別できれば支持力の推定につながるという、これが一つの SWS 試験結果の活用の流れです。

### スウェーデン式サウンディング試験における貫入状況記録のポイント

- ① 250mm区間ごとに確実にデータを取得する。基本的に250mmを分解能として考える。それ以上の分解能は期待しない。
- ② 貫入速さの変化: 貫入速さの増大[下位ほど軟らかい]と減少[下位ほど硬い]を確実に記載する。
- ③ 貫入の状況: 粘り気有り, 回転しながら自沈, スツー, ストーン, スルスル, ユックリ, ジワジワ, 他を確実に記載する。
- ④ 貫入音(振動): 音無し[粘土], サラサラ~シャリシャリ~ジャリジャリ[細砂~粗砂(砂音)], ジャリジャリ~ガリガリ[細礫~粗礫(礫音)]等を確実に記載する。
- ⑤ 粘性土/砂質土/礫質土以外の土質[高有機質土/火山灰土/関東ローム/まさ土/他]の識別: 地域特性の知見と経験則。不可解な場合はサンプリングで確認。

15

ただ SWS 試験だけで土質を判別するというのは非常に難しく、粘土系か砂系かは分かるのですが、これが高有機質土なのか、火山灰土なのかとなると、これは SWS 試験結果だけで判断するのは難しく、この地域にはこういうものがあるはずだという知識を持った人が経験則でやるわけです。ですからそれが分からないときはサンプリングをしてやる。今日、知人にスクリーポイントとサンプラーを持ってきてもらったので、サンプラーと装置先端のスクリーポイント等を皆さんに回していただけますか。見たこともない方もいると思いますので。是非、現物を見てください。

こういったものを SWS 試験孔に突っ込んで、逆回転をすることによってカンナのように孔の外側を削り取り、これを地表に上げて見てみれば、この土が何かという判別ができるわけです。ですから SWS 試験の精度というかデータの品質を上げるポイントは、この土を採取して肉眼で土を直接見れるかどうかにかかっています。ただその地域の土がもう分

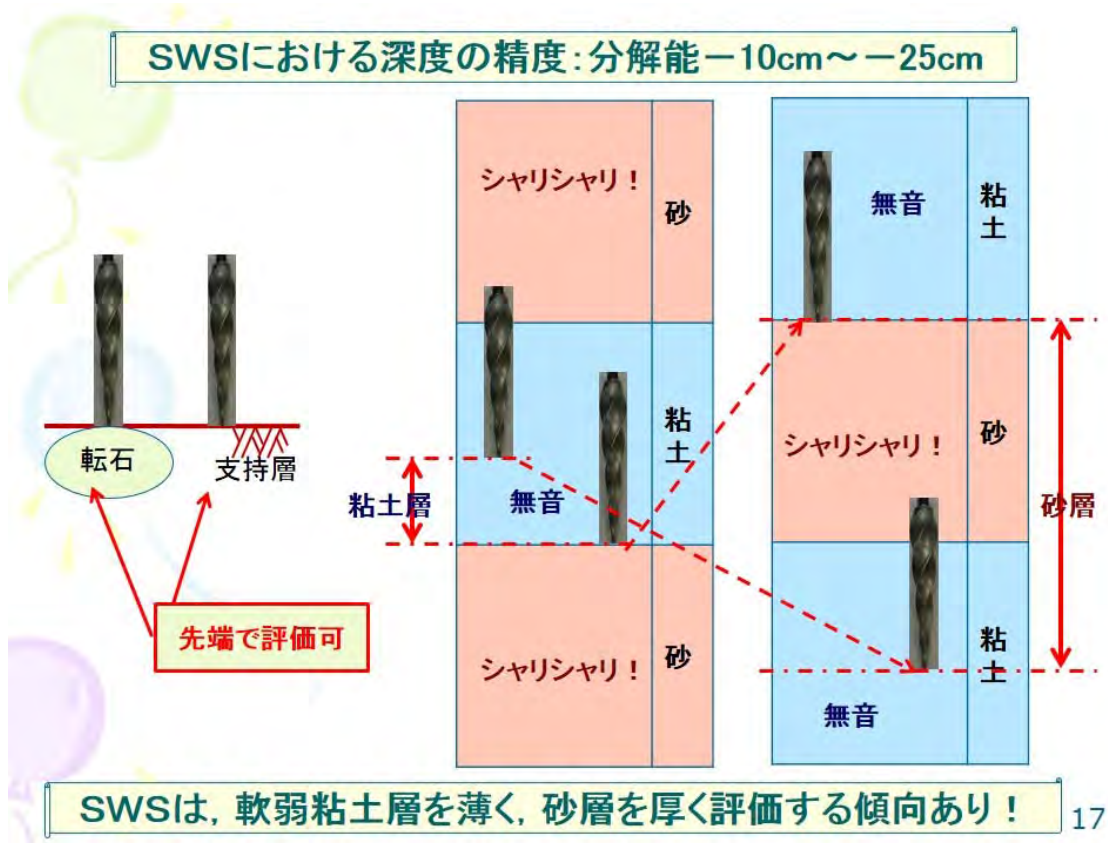
かっていれば、それを前提に話をすればいいのですが、非常に複雑で、場合によったら識別が難しい場合は、こうやって土を取って判断するということがポイントです。

それから貫入速さの変化。これも貫入状況でよくあるのですが、ある区間が自沈となっても、貫入の速さが自沈するときに徐々に速くなるのか、貫入が徐々に遅くなるのか、これがポイントで、非常に大事なのです。貫入が速くなるというのは非常に怖くて、例えば 1000N の重さに乗せた。それで貫入が速くなるということは、その下はもしかしたら 1000N ではなくて、750N、500N でも貫入している可能性があるわけです。ところが記録上は 1000N になってしまうのです。それを判断するのはその貫入速さの変化を的確に判断する必要があるのです。ところが、SWSを自動化したときにどこまでこの貫入状況を記録できるかが問題になります。自動化した装置は非常に便利なものですが、未知の新しい世界で調査をするときに自動化装置というのは非常に危険な要素があります。人間というのはかなり手の感触、その他を含めていろいろな感性を得られるのですが、自動化ですとパターン化してしまって、日本の多様な土には対応できないと思うのです。研究レベルではアコースティック・エミッションといったものを使って、AI という人工知能と組み合わせて地盤状況変化の把握をすることは可能と考えられますが、それをこういう現場レベルにまで持ってくるのはかなり難しいです。つまり、SWS 試験の貫入状況というのは人間の感性をもって判断することが命ですということなのです。

JIS(スウェーデン式サウンディング試験:  
Method for Swedish Weight sounding test )  
とISO(Weight sounding test)の規格内容の違い

区分	対象	JIS (A 1221-2012)	ISO (TS 22476-6 : 2001)
スクリーユールポイント	姿図		

それからスクリーポイントは、本来、定義上は四角錐のものをねじって作ります。ところがメーカーに聞いたら、ねじっているところはほとんどないと。このねじるのは加工上非常に難しいらしいのです。それでほとんどは型を作って流し込んで作っているようです。ISO といふかヨーロッパの規格のものと日本のものを並べた画を見てもらったら分かるのですが、ねじり方が全然違う。ですから経済産業省からこの JIS 見直しに対しては、国際規格 ISO とできるだけ合わせてくれということで地盤工学会に宿題が来て検討したのです。ねじと一緒にの原理ですから、同じ力を加えても貫入状況は違ってきます。それで日本ではもうすでにこれによって、とにかく戸建て住宅業界は体系ができ上がってしまっている。今さらこちらの ISO に変えられて相関をこれから取るということと現場が非常に混乱するというので、いろいろな JIS の中でこの JIS だけが ISO を取り込まなかった経緯があります。今、ウエイトサウンディングテストという ISO がありますが、日本の JIS は Method for Swedish の、Method for を除いたとしても、Swedish というのを頭に付けたウエイトサウンディングテストとして、世界の中で日本でしか使っていないサウンディング試験方法であることを強調しているのです。これはもともと JIS も ISO も両方ともスウェーデンから発祥しているのですが、日本は導入が非常に早かったのです。それで JIS 化も早かったのです。そのうちヨーロッパは改良に改良を重ねて日本の JIS とは変わった規格となってしまったのです。





SWS 試験では、スクリーポイントが命でもあるのですが、ここでスクリーポイントの写真を見てください。どこを測っているかという、実は左端に書いたように転石とか支持層に当たったときは、先端の深度が分かりますね。先端で当たったというのが分かりますよね。ところが自沈領域や回転を与えているときの回転領域はスクリーポイントのどこで測っているかということです。SWS 試験というのはこのスクリーポイント全体でキャッチしている。**支持層に当たったのは先端けれども、自沈領域や回転領域では粘土と砂では測っているところの深度が違うわけです。SWS 試験の深度データとは、この程度の精度のものだ**ということです。

例えば、粘土層、砂層とが互層上に堆積していたときは、粘土か砂を音で見極め、かつ回転の差で見極めるのですが、軟らかい粘土、砂のところはスクリーポイントの上の部分が引っかかっている、ずっとシャリシャリ音がするのです。それで抵抗も砂の抵抗である程度出るわけです。どれぐらい引っ掛かっているかというのは、それはまた地盤によって異なるから何とも言えないのですが、ある程度かなり入ったとしても砂として感じ取っている。それでスクリーポイントが完全に入ると今度は粘土領域になる。その後、粘土から砂に入るときには、少しでも砂に入るとまた音がし出すわけです。そうすると、こういう状態ですと実際にはこういう粘土層があったとしても、粘土層としてキャッチできるのは非常に薄くなる。これを粘土と砂と粘土という構造で考えれば、この逆ですから、砂層に入ったときから砂層をキャッチして、砂層を抜け出てもかなり行ったとしても砂として評価してしまう。ですから自動化の機械では、例えば 25cm 区間を更に 1cm ごとに記録を表示できますよと言ったことを聞くこともありますが、1cm ごとに記録をとっても意味がないのです。どの深度のどこを測っているかが実態として曖昧な訳です。普通、センサーはレーダーでも何でも光が出るところとかそういうのがはっきりしていれば、その深度が特定できるのですが、自沈や回転領域では粘土と砂とでも測っているところの深度の意味が違うわけです。SWS 試験とは、こういう精度の試験方法なのです。

## 5. SWS 試験結果を用いる計算式について

建設省は平成 12 年に告示 1347 号を出しています。こういう地盤の長期許容応力度がこうであれば、建物の基礎構造はこうしましょうと。では地盤の長期許容応力度はどうやって求めるかという、今度は翌年の平成 13 年、国土交通省になって、次に示すような三つの式で地盤の長期許容応力度を求めることができますよ、という告示 1113 号が出されます。

この告示 1113 号第二の一項というのは調査ボーリングをやった場合の式ですが、このボーリングのときの式は、第一項、第二項、第三項で構成され、第一項は粘土の項、2 番目のグループが砂の項、それで 3 番目は押さえ効果の項ということで、粘土か砂かということが考慮できる式となっています。これを最初に与えていますので、要は基礎の設計は粘土か砂を考慮してやりなさいというわけです。これが基本です。

**建設省告示第1347号(平成12年5月23日)**  
**建築物の基礎の構造方法及び構造計算の基準を定める件**

建築基準法施行令(以下「令」という。)第38条第3項に規定する建築物の基礎の構造は、次の各号のいずれかに該当する場合を除き、地盤の長期に生ずる力に対する許容応力度(改良された地盤にあつては、改良後の許容応力度とする。以下同じ。)が20kN/m<sup>2</sup>未満の場合にあつては基礎ぐいを用いた構造と、20kN/m<sup>2</sup>以上30kN/m<sup>2</sup>未満の場合にあつては基礎ぐいを用いた構造又はべた基礎と、30kN/m<sup>2</sup>以上の場合にあつては基礎ぐいを用いた構造、べた基礎又は布基礎としなければならない。

地盤の長期許容応力度※	基礎の構造
20kN/m <sup>2</sup> 未満の場合	基礎ぐいを用いた構造
20kN/m <sup>2</sup> 以上30kN/m <sup>2</sup> 未満の場合	基礎ぐいを用いた構造又はべた基礎
30kN/m <sup>2</sup> 以上の場合	基礎ぐいを用いた構造、べた基礎又は布基礎

※ 改良された地盤にあつては、改良後の許容応力度

18

国土交通省告示(第1113号, H13.7.2.)地盤の長期許容応力度(kN/m<sup>2</sup>)

《第二(一)項》

$$q_a = (i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) / 3 \quad (\text{kN/m}^2)$$

⇒[粘性土項(c材)]+[砂質土項(φ材)]+[根入れ押え効果(Df)]

《第二(二)項》

$$q_a = q_t + (N' \cdot \gamma_2 \cdot D_f) / 3 \quad (\text{kN/m}^2)$$

⇒[平板載荷試験値(qt)]+[根入れ押え効果(Df)]

《第二(三)項》

$$q_a = 30 + 0.6 \cdot N_{sw} \quad (\text{kN/m}^2)$$

⇒[スウェーデン式サウンディング試験値(Nsw)]

注:ここでWswとNswは平均値。定数設定の詳細方法は、解説書等参照。

《参考:小規模建築物に対する日本建築学会推奨式》<sup>※</sup> 注:告示式は主に中規模建築以上を対象としている。

$$q_a = 30 \cdot W_{sw} + 0.64 \cdot N_{sw} \quad (\text{kN/m}^2)$$

⇒[スウェーデン式サウンディング試験値(Wsw, Nsw)]

《参考:稲田式》注:告示式のベースとなっている実用式

$$q_a = 38 + 0.64 \cdot N_{sw} \quad (\text{kN/m}^2)$$

⇒[スウェーデン式サウンディング試験値(Nsw)]

19

※ 日本建築学会編:小規模建築物基礎設計指針, 2008, pp.74~75

告示 1113 号第二の二項の式は平板載荷試験でもいいですよ。平板載荷試験というのは支持力、即ち物理定数を直接測っているのです。ですから粘土か砂に関係なく、とにかく実際に力を与えたら地盤がどう挙動するか。ごく表層が対象ではありますが実際の支持力を直接測っているのが最も理論的です。理論的には一番正しい。ただし直径 30cm の円板での載荷試験なのでスケール効果を考えると、せいぜい表層 50cm 程度の地盤の性質の繁栄ということになり、深度面での精度に問題がある場合があります。ただし地盤が深さ方向で徐々によくなるということが分かっている場合には、平板載荷試験が一番いいわけです。しかし深さ方向に弱い所がある場合は、平板載荷試験というのは問題があることになりません。

最後に告示 1113 号第二の三項の式としてはスウェーデン式サウンディング試験結果を用いる式が挙げられています。この式だと  $30 + 0.6N_{sw}$  ですから、 $N_{sw}$  が 0(自沈の場合)であっても 30 という答えが出てきますので、 $N_{sw}$  が 0 の自沈領域の場合  $30 + 0.6N_{sw}$  の式では告示 1347 の  $20\text{kN/m}^2$  未満や  $30\text{kN/m}^2$  未満の区別はできないこととなります。 $N_{sw}$  が 0 であっても 30 ということになるからです。つまり 30 以下は測れないのです。ところが建築の世界というのは例えば建築物が 1 号、2 号、3 号、4 号と分類されているように、本当は規模がいろいろあるのですが、基準適合を一緒くたに表してしまっているのです。この式を小規模に当てはめるのは無理があるということです。建築学会(小規模建築物基礎設計指針, 2008, pp.74~75)ではこの告示式というのは中規模以上、いわゆる 3 号以上を想定しているのです。4 号の場合にはここに書いてあるような 30 のところに  $W_{sw}$  という値も入れて、評価できる式を使いましょうという推奨式となっています。

### 建築基準法施行令による地盤別の長期許容応力度の目安

(昭和二十五年十一月十六日政令第三百三十八号),  
最終改正:平成二四年七月二五日政令第二〇二号

(地盤及び基礎ぐい)

第九十三条 地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力は、国土交通大臣が定める方法によつて、地盤調査を行い、その結果に基づいて定めなければならない。ただし、次の表に掲げる地盤の許容応力度については、地盤の種類に応じて、それぞれ次の表の数値によることができる。

地盤	長期に生ずる力に対する許容応力度(単位 $\text{kN/m}^2$ )	短期に生ずる力に対する許容応力度(単位 $\text{kN/m}^2$ )
岩盤	1,000	長期に生ずる力に対する許容応力度のそれぞれの数値の2倍とする。
固結した砂	500	
土丹盤	300	
密実な礫層	300	
密実な砂質地盤	200	
砂質地盤(地震時に液状化のおそれのないものに限る。)	50	
堅い粘土質地盤	100	
粘土質地盤	20	
堅いローム層	100	
ローム層	50	

20

## 6. 土の識別が地盤工学の基本

それから私がいつも批判するのはここですが、建築基準法施行令 9 3 条では地盤の種類が分かると許容応力度が分かりますよという表が載っています。ところが、この地盤を定義するところはどこにも書いていないです。いきなりこれが出てくるのです。ローム層というのは関東ロームと八戸ローム、岩手ローム、性質が全く違うのにそれを区別できる説明がないのです。土丹盤と書かれてもこれまた定義がないのです。ですからこういうものは状況証拠の一つであって、この表を使ってこの許容応力度を使うのは我々の立場からすると設計とはいわない。設計定数を与える一つの状況証拠であるということです。

また、日本建築学会編：建築基礎構造設計指針(2001)の 115 頁には、土質と単位体積重量との関係表が掲載されています。こういうのは目安として載っているわけですが、こういうのが載っているとこれで分かると思ってしまうのです。はっきり言いまして、ここに当てはまらない数値の土もいっぱいあるのです。

### 土の単位体積重量( $\gamma$ )の目安

地層		土の単位体積重量 ( $\text{kN/m}^3$ )
沖積層	砂質	16.7~18.8
	シルト質	14.8~17.0
	粘土質	13.7~15.7
関東ローム層		12.3~14.1
渋谷粘土層		14.0~16.3
東京層	砂質	17.2~19.2
	シルト質	15.5~17.3
	粘土質	14.1~16.2

地下水位以深の単位体積重量( $\gamma'$ )

$$\gamma' = \gamma - 9.8 \quad (\text{kN/m}^3)$$

地下水位の想定：  
殆どの場合⇒仮定値

出典】日本建築学会編：建築基礎構造設計指針，2001.10.，p.115

21

粘土、砂、礫というのが基本ですが、もう一つそれを基本だとしても、我々は粘土と砂、礫というのはスパッと三等分できるかというところはいかないのです。中間土という実は粘土と砂あるいは砂と礫の中間の土もあるのですが、中間土という領域は土木分野では普通に中間土を考慮して使っている概念なのですが、建築のほうには中間土という概念がないのです。

## 地盤(土)の識別の基本

- (1) 粘性土・砂質土・礫質土が基本
- (2) 中間土〔粘性土と砂質土の間〕
- (3) 特殊土・ローカルソイル〔例えば、腐植土、火山灰土、まさ土、しらす、関東ローム、海成層、膨潤性粘土、スレーキング性土、他〕
- (4) 自然地盤・人工地盤(盛土・切土・埋土)
- (5) 沖積地盤(完新統)・洪積地盤(更新統)
- (6) その他

22

## 我が国における主な特殊土の特徴(例)

名称	起源	材質	土粒子 密度	湿潤 密度	含水	課題
高有機質土	ヨシ・葦 等腐食	細粒, 繊維質	超軽 1.75	極軽 1.07	極高 1000%	圧密沈 下
関東ローム	レス(風 成塵)	火山灰 質	微重 2.75	軽 1.36	高 100%	乱れ(こ ね返し)
まさ土	花崗岩 風化	粗粒, 砂質	標準 2.65	微重 2.03	低 5%	斜面崩 壊
しらす	火砕流 堆積物	砂質	微軽 2.3	微軽 1.5	中 20%	表層崩 壊

密度の単位: g/cm<sup>3</sup>

24

実際には液状化をするかもしれないし、沈下もするかもしれないという地盤もあり得るわけですが、どちらかというとなら建築では圧密沈下を考慮する地盤だと液状化はしない、逆に液状化を考慮するような地盤だと圧密沈下はしないと分けて考えてしまうのです。中間土というのは土木のほうでは普通でやっている考え方なのです。

それから特殊土、ローカルソイルといった言い方もあります。標準的な試験法とか設計法に乗らないものを特殊土といいます。よく我々の地盤工学会内でも特殊土とは何が特殊なんだ？という議論がありますが、標準的な試験法とか設計法に乗らないものを特殊土、それが地域特有の内となっている場合にローカルソイルと呼んでいるのです。

それからもう一つ、こういう土のほかに注意いただきたいのが、自然地盤か人工地盤かという問題があります。ほとんどの教科書は自然地盤を対象にしているいろいろ書いてあるわけですが、いわゆる人工地盤が非常に増えてきている。埋め立て地であり、切土地であり、盛土地です。この人工地盤が危険なのです。自然地盤というのは地質学、地盤工学の知識を持って地形・地質からいろいろな性質を想定できますが、人工地盤というのは人が造っているもので、造った人にしか分からないのです。これが怖いのです。造った人しか分からないのですから。我々は、人工地盤を造ったときには、こういうものを造りましたとちゃんとカルテを残せと主張しています。ところがどうも造成地などですと敷地の面積とか、区画割りという情報だけが書類として渡されてはいますが、どうやって造ったか、造成上どういう点に問題があってその問題解決のためにはどういう対策をしたということは引き継がれていないのです。造成地のカルテがないのです。ですから人工地盤というと我々は要注意地盤という感じで対応します。

更には、沖積、洪積という地層・地形区分の問題もあります。

こういった識別をして初めて、先ほどの SWS 試験のデータが使えるのです。その土の種類が違ったりいろいろな物性が違ったりということで、例えばこの含水比というのは土の中の空隙に入っている水の量を質量比で表したものであるため、含水比が大きいということは土の中の空隙が大きいということを意味します。まさ土（まさど）というのは含水比 5%、高有機質土は 1000%。5%と 1000%、土の構造が全く違うので、強度・変形特性も、土の種類で大きく異なります。建築分野の実情は、そういうものの区別がなされていないのです。

同じような概念に空隙比というのがあります。空隙比というのは体積の比です。空間の部分、空隙の部分と土粒子の部分の体積の比が空隙比。含水比というのは重さの比です。土粒子の重さと空隙を埋めた水の重さの比です。土粒子と水は比重が違うからこういう差が出てくるのですが、空隙比は体積の比。いずれにしても重さで見るとか、体積で見るとか。体積というのは目で見えるのですが、重さというのはなかなか目で判断できない。一方、測るのは体積より重さのほうが測りやすい。ということで空隙比と含水比という二つの概念を使い分けています。

土によってこれだけ違うので、**土を識別せずして何ができるかと言うことです。**

### 土質別の間隙比 $e$ と含水比 $w$ の例

土質区分	間隙比 $e$ の例	含水比 $w$ の例
礫質土	0.3~0.7	10~20
砂質土	0.6~0.9	15~30
洪積粘土	0.7~1.3	50~80
沖積粘土	0.8~2.6	30~60
関東ローム	2.0~4.0	80~150
高有機質土 (泥炭・ピート・腐植土)	2.0~20.0	120~1,300

土の間隙比:  $e=(V_v/V_s)$ , 土の含水比:  $w=(W_w/W_s) \cdot 100$

注:  $\rho_s=2.7$ の時:  $e=0.027 \cdot w$ ,  $\rho_s=1.7$ の時:  $e=0.017 \cdot w$  <sup>25</sup>

#### 7. コンクリートや鋼材と比べた地盤材料の特徴

物性を考える時の基本は材料力学、応用力学です。鋼材、コンクリート、土を見るときに、我々は強度と変形を見るわけです。強度というのは例えば圧縮強さ、変形というのは変形係数、あるいはヤング率といったもので見るわけです。鋼材、コンクリートというのはいわゆる弱いものの強さと強いものの強さが4~5倍です。ですからその4~5倍の中で物差しを当てればいいわけです。ヤング率というのは鋼材の場合はほとんど一定です。強度と変形の問題というのは非常に表裏一体ですが、変形を計算するときヤング率が一義的に決まってくるから計算し易い。コンクリートでもヤング率の差は3~4倍です。ところが土には弱い土と強い土が、ものによると100倍ぐらい違うものがあります。それからヤング率も変形しやすい土と変形しにくい土で100倍ぐらい違うのです。それで応力変形の問題でどれぐらい変形するかを検討するにはこれらを掛け合わせるわけです。ですから土というのは極めてオーダーの世界、鋼材とかコンクリートに比べてかなりラフなものの方しかできないということを理解してください。鋼材やコンクリート材というのは非常に計算に乗るわけです。ところが鋼材やコンクリート材と同じようなレベルで土を計算に乗せようとしたらかなり無理があるわけです。

## コンクリート・鋼材と比べた地盤の特徴

地盤の物性は、コンクリート・鋼材等と比べて、物性値の分布範囲(最小値～最大値)の幅が極めて大きい。しかも不均一(不均質)に特徴があることから、設計値の評価は難しい。

材料	特性	強度特性		変形特性	
		一軸圧縮強さ(kN/m <sup>2</sup> )	最大値 最小値	弾性係数(変形係数) (kN/m <sup>2</sup> )	最大値 最小値
鋼		$3.4 \times 10^5 \sim 1.5 \times 10^6$	4~5	$2 \times 10^8$	1
コンクリート		$1.5 \times 10^4 \sim 7 \times 10^4$	4~5	$1.5 \times 10^7 \sim 5.0 \times 10^7$	3~4
地盤	土	$10 \sim 1 \times 10^3$	100	$5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^4$	100
	砂礫	粘着力 $c=2 \sim 60$ (内部摩擦角 $\phi=20 \sim 30^\circ$ )	30	$3 \times 10^4 \sim 3 \times 10^5$	10
	軟岩	$1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$	10	$5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^5$	10

注:この表の数値は大略の値を示したものである。単位系をSIに修正した。

表の出典】宇都一馬:構造物の基礎, 土木学会関東支部, pp.38~66, 1967

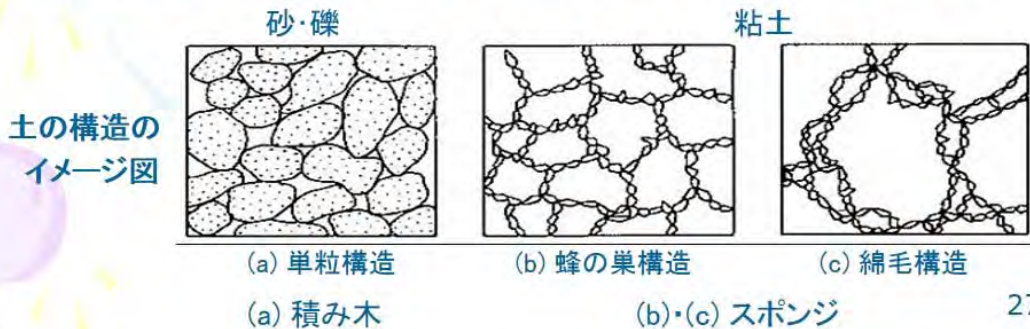
26

## 粘土地盤と砂地盤〔中間土地盤もある〕

地盤区分	モデル	粒子結合	硬さ表現	沈下	その他の挙動
粘土地盤	多孔体 (スポンジ)	イオン結合	軟らかい ~硬い	圧密沈下(長時間)	せん断破壊
砂地盤	粒状体 (積み木)	荷重に対 する摩擦力	緩い ~締った	即時沈下(弾性沈下) 液状化に伴う沈下	液状化 コラプス せん断破壊

粘土と砂の両面を備えた**中間土**も存在する

粘土地盤か砂地盤かで決めつけず、中間土地盤として検討すべき場合もある



27

図の出典】河野伊一郎・八木則男・吉国 洋 編著:土の力学, 技報堂出版, 1990, p.14

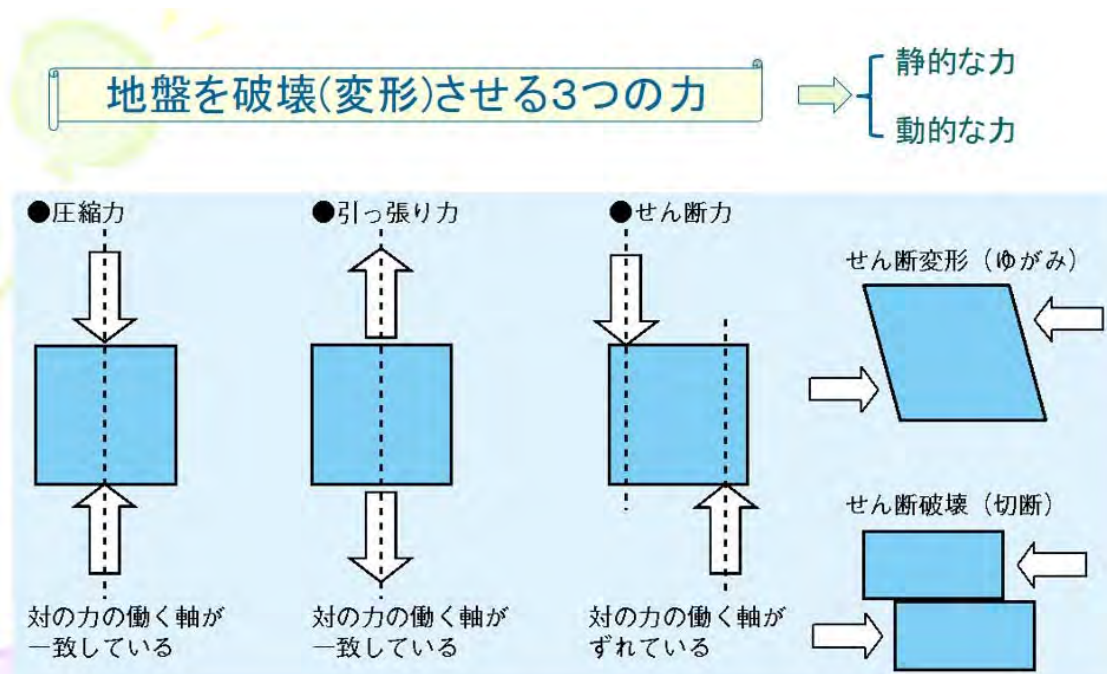


## 8. 土質で異なる地盤材料の応力～ひずみ関係

不同沈下の問題もあります。品確法では 1000 分の 6 の傾きがあると瑕疵が問われます。1000 分の 6 というのはどういうことかということ、10m の水平距離に対して 6cm の相対沈下です。10m の水平区間で 6cm の相対的変形量を計算しようということです。基礎の設計をやっている方は分かると思うのですが、例えば許容沈下量というのは 10cm あるのです。10cm ぐらい許容沈下量があるところの計算の中で、6cm の相対的沈下量によって 1000 分の 6 傾いたら OUT ですよ！というレベルの議論をしているわけです。こういう許容誤差の中での計算レベルにも関わらず基準を設定して評価しようとしているわけです。

次に、シート 29 ですが、強度と変形の問題です。これは同じ土俵だよということです。地盤工学は「応力～ひずみ関係」が基本です。弾性領域に対して塑性領域というものもあるのですが、弾性領域では応力とひずみは正比例するという関係の法則・原理です。いわゆる  $\sigma$  というのが応力、 $E$  が変形係数、 $\epsilon$  がひずみですが、比例係数が弾性係数・変形係数・ヤング率になります。

許容変形量に対応する応力を許容応力度といっています。概念でいうと、シート 33 ですが、こういうものに上下に力を加えると赤点線のように圧縮します。力を加えると変形する、その変形量が圧縮量ですが、全体の長さにおける変形量の全長に対する割合をひずみといっているのです。



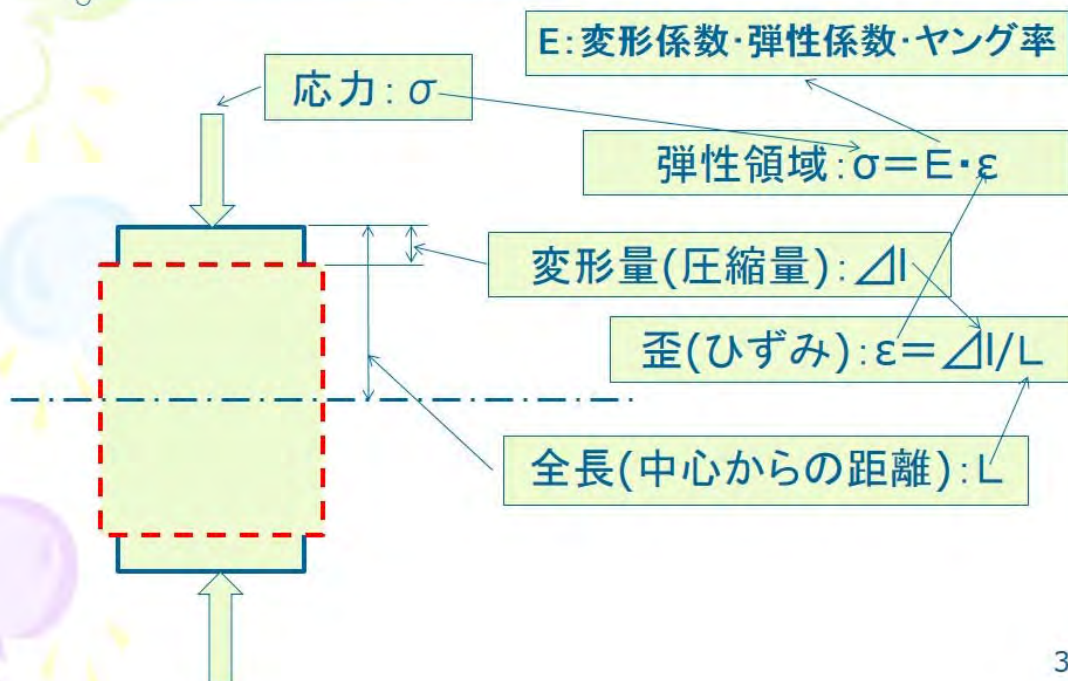
材料が砂か粘土か？、外力が静的か？動的か？で挙動[破壊と変形]が異なる

## 『強度』と『変形』は同じ土俵

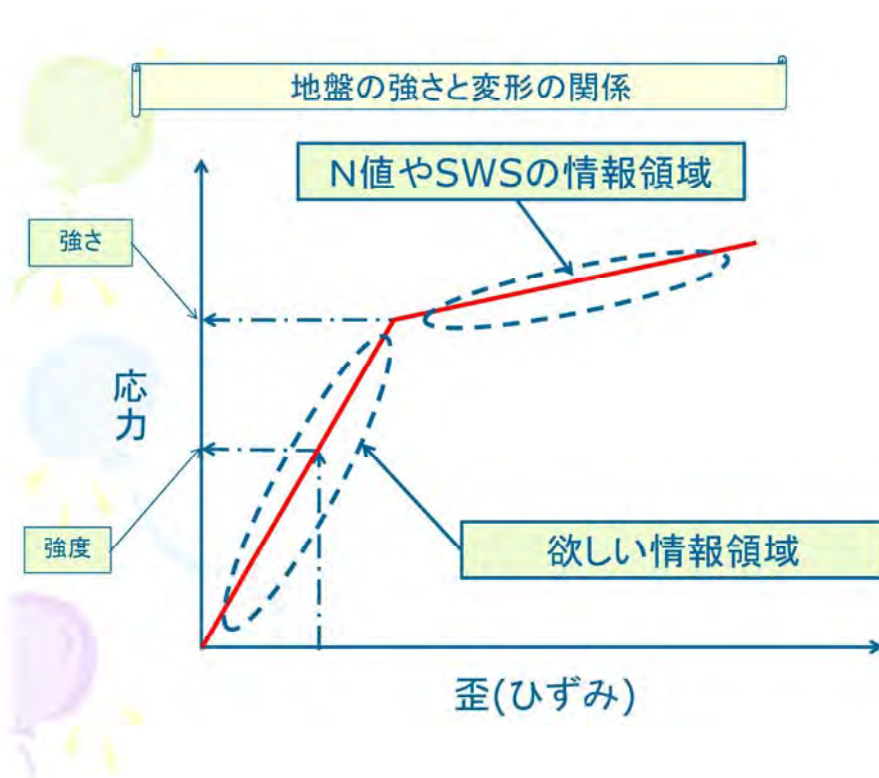
- (1) 地盤力学の基本は『応力－ひずみ関係』
- (2) 弾性領域で応力とひずみは正比例する
- (3)  $\sigma = E \cdot \varepsilon$  比例係数が弾性係数・変形係数
- (4) 『強度』と『変形』は表裏一帯
- (5) 許容変形量に対応する応力が許容応力度

29

## 応力－歪関係



33



35

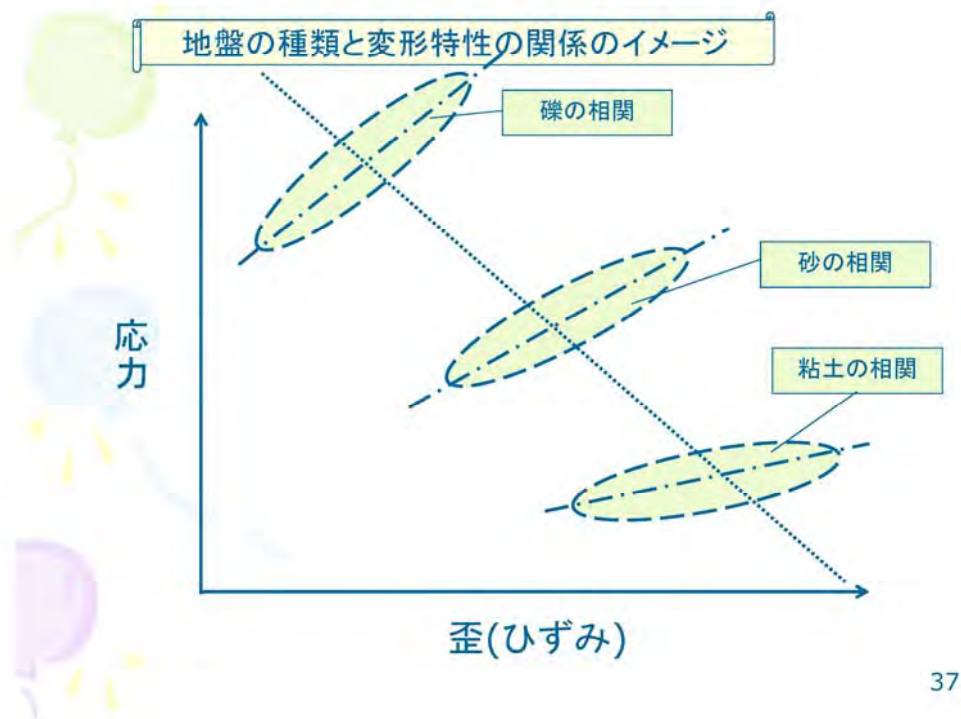
それから与えた応力とひずみ関係の比例係数がヤング率という関係にあります。ですから応力とひずみは比例します。それで例えば 2%ひずみとか、3%ひずみに対応する応力がいくつか。それを強度とっています。ですから我々は地耐力といって強度で表現しますが、その裏にはひずみがあるのです。

一般的には 3%ぐらい。そうすると 3%というのはどういう値かということ、1m で 3cm ですよね。ですから強度といったときは変形が伴っているのです。それでそういう比例関係のところから外れてくる、シート 35 の図上で折れて表現した右側の領域を塑性領域といっているのですが、この領域は一定ではないのです。ここは一定で、概念的には力を戻せば戻るのです。

ところが土というのはそうはいかないで多少ずれるのですが、概念的には戻る。だから弾性領域、ばねばかりと一緒に、力を入れたら圧縮だったら圧縮、引っ張りだったら伸びるわけです。要するにばねばかりを考えていただいたら分かるのですが、変形と力は比例する。それでひずみを規定してやって、そのひずみに対応するものが強度だと。比例関係が成立しないところが、難しいことを言い出すと降伏だとか破壊だとかいろいろあるのですが、我々はこの材料の持っている強さといっています。ですからよく一軸圧縮強度、一軸圧縮強さというのは、この比例関係のところではひずみと比例しているところが強度。それから比例しなくなるところは強さ。こういう関係にあるわけです。そうすると **標準貫入試験**とか **SWS** というのは、この比例しないところで試験をやっているのです。我々は試験を破壊

試験、非破壊試験と大区分しているのですが、地盤にスクリーポイントでねじ込んで地盤を壊して測っているのです、この比例しないところを測っているのです。しかしこれというのは相関性で見ると、これとこれは相関するねと。相関なのです。しかしこちらは一義的にその物体に与えられた性質なのです。一義的な性質。上は比例しない領域ですから、非線形で必ずしも一義的ではないのです。

ですから我々が欲しい情報領域は本来はこの弾性領域に疑似できる比例部分なのですが、原位置の試験では実際はこちらの破壊後の領域を測ることで欲しい情報領域を、この相関性から推定しているわけです。だからここは単位がないけれども、相対的なものは見られる。シート37は一つの例ですが、この応力-ひずみ関係というのは、例えば礫地盤で応力-ひずみ関係をとってみると、大体こんなところに分布するのです。それで砂がこう、粘土がこうとある。これは概念です。



37

ですから礫とか、砂とか、粘土と区別をして、とにかく応力とひずみの実験をして相関の分布をとってみる。そうすると土別の応力とひずみ関係というのは本当はフックの法則、あるいはヤングの法則で、弾性領域では正比例します。ところが、土を区別しないで分布傾向を見てみると、こういう逆相関になってしまうのです。これは土が種類によって全く構造が違うものだから、土の世界では応力-ひずみ関係を考えるときは、土を識別して分けなければ議論に乗らないのです。だから地盤工学は土を見分けて、同じ土質ごとの同じ土俵で議論をするというのが地盤工学の基本中の基本なのです。

## 9. SWS試験で得られる静的貫入抵抗は相対指標値

それで今日一つの例として、シート39ですが、砂というのは緩いとか密だとか、こういう相対密度という物差しで評価する。

砂の相対指標						
N値	締り具合		相対密度 Dr	$\Phi^\circ$ (Terzaghi & Peck)	SWS静的貫入抵抗	現場判別例
0~2	非常に緩い	very loose	<0.2	28.5>	W <sub>sw</sub> : 1,000以下	鉄筋(φ13mm)が容易に貫入
2~3					N <sub>sw</sub> =0~15	
3~4					N <sub>sw</sub> =15~30	
4~10	緩い	loose	0.2~0.4	28.5~30	N <sub>sw</sub> =30~120	ショベル(スコップ)で容易に掘削可能
10~19	中位の	medium	0.4~0.6	30~36	N <sub>sw</sub> =120~250	鉄筋を5ポンド(約2.3kg)ハンマーで打ち込み容易
19~30					貫入不能	
30~50	密な	dense	0.6~0.8	36~41	貫入不能	同上.30cm程度貫入
>50	非常に密な	very dense	>0.8	>41	貫入不能	同上.5~6cm程度貫入, 掘削につるはし必要, 打込み時に金属音

出典】地盤工学会編：地盤調査の方法と解説，pp. 263~264，2004. 6.

39

この相対密度を標準貫入試験の N 値で評価しようというのが地盤調査の基本で、我々はこの相対密度のような物差しを相対指標と呼んでいます。N 値によってこれは緩いとか、密だと評価しようとしているわけです。それに稲田先生が N 値と SWS 試験結果との相関を分析してくれていますので、シート39の表に SWS 試験結果の静的貫入抵抗 (W<sub>sw</sub>、N<sub>sw</sub>) を参考までに入れてみました。これによると SWS 試験結果だと砂ですと、N<sub>sw</sub> は 30 以下であれば N 値でいう 4 以下の非常に緩い領域に該当します。これが我々の物差しです。砂地盤で SWS 試験をやったときの評価の例です。

それから今度は粘土の場合。

粘土の場合は軟らかい、硬いという硬軟度あるいは相対稠度とかコンシステンシーという相対指標の物差しで評価します。この物差しを使って N 値で相対評価します。シート40には SWS 試験の静的貫入抵抗を入れてみました。この場合は粘土の非常に軟らかいという 0~2 の領域に該当するのは、計算上ですが SWS 試験の静的貫入抵抗 W<sub>sw</sub> が大体 500N 以下ということになるわけです。750N 以上は今度は軟らかい領域になってくるということです。

## 粘土の相対指標

N値	相対稠度 (relative consistency, 硬軟度)		qu(kN/m <sup>2</sup> ) (Terzaghi & Peck)	SWS 静的貫入抵抗	現場判別例 (Peck)
0~2	非常に軟らかい	very soft	0.0~24.5	Wsw: 0~625	こぶしが容易に10数cm入る
2~3	軟らかい	soft	24.5~49.1	Wsw: 625~1,000	親指が容易に10数cm入る
3~4				Nsw: 0~20	
4~8	中位の	medium	49.1~98.1	Nsw: 20~100	努力すれば親指が10数cm入る
8~15	硬い	stiff	98.1~196.2	Nsw: 100~240	親指で凹ませられるが、突っ込むことは大変
15~30	非常に硬い	very stiff	196.2~392.4	Nsw: 240~250貫入不能	爪で印が付けられる
>30	固結した	hard	>392.4		爪で印を付けるのが難しい

出典】地盤工学会編：地盤調査の方法と解説，pp. 267，2004. 6.  
 地盤工学会編：地盤工学用語辞典，p. 99，2006. 3.

40

それでこういったものというのは今までこうやっていろいろなデータを統計処理して、いろいろな関係を N 値と一軸の圧縮強さ、N 値と  $\phi$ 、N 値と SWS の静的貫入抵抗、それから qu と SWS 結果というものを過去のデータから相関性を見て、その回帰式で傾向を相対的に見ようとしているわけです。

お手元にお配りした表を見ていただきたいのですが、ばらで配ったほうは N 値というのを真ん中で考えてみたときに、左側に粘土、右側に砂を持ってきました。この表では N 値に対して N 値から SWS 試験の結果を左側に粘土、右側に砂を持ってきて、この結果からこういう  $\phi$  などの推定、あるいは地盤の支持力を参考までに概算して対比してみました。

そうするとどういふことが分かるかということ、N 値を中心に考えたとき、例えば N 値 4 の地盤の支持力は、砂であれば計算上 32kN/m<sup>2</sup>、粘土であれば計算上 105kN/m<sup>2</sup> と評価できることとなります。ですから同じ N 値でも粘土の場合はかなり支持力がある。砂の場合には支持力はあまりないとなるわけです。地盤を知らない人が N 値で支持力を評価することは極めて難しいという趣旨です。先ほど告示第 1113 号の第二の(一)項の式を示しましたが、粘土と砂は別々の項で両方計算して足しましよというものが告示式の基本にあったのですが、SWS 試験結果を用いる式では土の識別も省略した極端に簡略化した式となっています。簡略化された式は、地盤に精通した高度な知識と経験を有する設計者にしか使いこなせません。誰もが使える式ではないのです。地盤評価の難しさです。

## 相対指標[N値]の理解⇒土質によって物理的意味合いが異なる

相対指標[N値]の理解⇒土質によって物理的意味合いが異なる

粘性土				N値 (回/30cm)	砂質土						
qa(kN/m <sup>2</sup> ) (長期許容応力度)	一軸圧縮強さ qu(kN/m <sup>2</sup> )	相対稠度 (硬軟度) (コンシステンシー)	稲田式(N値からの推定)		稲田式(N値からの推定)	締り具合	相対密度	内部摩擦角	qa(kN/m <sup>2</sup> ) (長期許容応力度)		
lc・α・c・Nc			Nsw	Wsw	Wsw	Nsw	Dr	φ(度)	ir・β・γ <sub>1</sub> ・B・Nr		
0~52	0.0~24.5	非常に軟らかい very soft	0	0~625	0~2	0~1,000	0	非常に緩い very loose	0.2以下	28.5	0~32
52~105	24.5~49.1	軟らかい soft	0	625~1,000	2~3	1,000	0~15	緩い loose	0.2~0.4	28.5~30	32~623
105~210	49.1~98.1	中位の medium	0~20	1,000	3~4	1,000	15~30				
210~420	98.1~196.2	硬い stiff	100~140	1,000	8~10	1,000	30~90	中位の medium	0.4~0.6	30~36	623~640
420~840	196.2~392.4	非常に硬い very stiff	140~240	1,000	10~15	1,000	120~195				
840以上	392.4以上	固結した hard	240~250	1,000	15~15.5	1,000	195~200	密な dense	0.6~0.8	36~41	840~910
			貫入不能	貫入不能	15.5~18.75	1,000	200~250				
			貫入不能	貫入不能	18.75~30	貫入不能	貫入不能	非常に密な very dense	0.8以上	41以上	910以上
			貫入不能	貫入不能	30~50	貫入不能	貫入不能				
			貫入不能	貫入不能	50~	貫入不能	貫入不能				

(注1) Wsw(N): 段階載荷貫入試験で得られる静的貫入抵抗(相対指標)

(注2) Nsw(半回転数/m): 一定荷重(1,000N)回転貫入試験で得られる静的貫入抵抗(相対指標)

相対指標値[数値]の低いレベル=同じ相対指標値であっても砂質土の方が長期許容応力度【地耐力】は小さい
相対指標値[数値]の高いレベル=同じ相対指標値であっても粘性土の方が長期許容応力度【地耐力】は小さい

45

告示1113号を見ていただくと分かるのですが、あくまでも基本は粘土の項、砂の項、押さえ効果です。戸建ての場合は押さえ効果というのは考慮しないで0にしていますが、砂と粘土をそれぞれ見ることを基本にしています。SWS試験結果を用いる式の方は大胆にそれを簡易化していますからこれはあくまでも簡便法です。ですからSWS試験結果を用いる式を使う場合はこれで答えが出るのではなくて、SWS式も1番目のテルツアギーの式も告示式なのだから同等だという話はないのです。ですから**これでやるのであれば、これは状況証拠の一つであって、ほかのいろいろなものと勘案して総合評価しましょうというのが我々の立場です。**

もう一つ私が用意した資料は、シート46ですが、SWS試験結果の静的貫入抵抗を真ん中に持ってきて、それによって粘土の支持力と砂の支持力を概算して対比してみました。

同じSWS試験の静的貫入抵抗の値であっても土の種類によって地盤評価の物差しが違って来るわけです。だから同じ静的貫入抵抗であっても、土全体を見た場合の弱い側では粘土のほうがどちらかという強い。砂だと弱いということが分かると思うのです。こういうことを頭に入れながら、これが状況証拠なのだということです。粘土か砂かだけでもこれだけ違う。ということは腐植土だとか、ロームだとかになるともっとまた違うわけです。こういった領域によって低めに出たり、高めに出たりする。あるいは粘土だから高い、砂だから低いということではなくて、レベルによってまた逆転現象が起こるところもある

わけです。ですから砂だったら割り引きし、粘土だったら割り増しをして考えればいいという話でもないということを、これは示しています。

### 相対指標[Wsw・Nsw]の理解⇒土質によって物理的意味合いが異なる

相対指標(SWS静的貫入抵抗)の理解⇒土質によって物理的意味合いが異なる

粘性土				SWS 静的貫入抵抗		砂質土				
qa(kN/m <sup>2</sup> ) (長期許容応力度) ic・α・c・Nc	一軸圧縮強さ qu(kN/m <sup>2</sup> )	相対稠度 (硬軟度) (コンシステンシー)	N値(回/30cm) 稲田式(SWSか らの推定)	Wsw (N)	N値(回/30cm) 稲田式(SWSか らの推定)	締り具合	相対密度 Dr	内部摩擦角 φ(度)	qa(kN/m <sup>2</sup> ) (長期許容応力度) ir・β・γ <sub>1</sub> ・B・Nr	
0~52	0.0~24.5	非常に軟らかい very soft	0 1 1.5 2 3 3.5							0 250 500 750 1,000 15 20 30 80 100 120 140 195 200 240 250
52~105	24.5~49.1	軟らかい soft	4 4.5 7.5 8	Nsw (回/m)	2 3 4 8 9 10 13 15 30	緩い loose	0.2~0.4	28.5~30	32~623	
105~210	49.1~98.1	中位の medium			30	中位の medium	0.4~0.6	30~36	623~840	
210~420	98.1~196.2	硬い stiff								
420~840	196.2~392.4	非常に硬い very stiff					密な dense	0.6~0.8	36~41	840~920
840以上	392.4以上	固結した hard			貫入不能	50	非常に密な very dense	0.8以上	41以上	910以上

【注1】 Wsw(N): 段階載荷貫入試験で得られる静的貫入抵抗(相対指標)

【注2】 Nsw(半回転数/m): 一定荷重(1,000N)回転貫入試験で得られる静的貫入抵抗(相対指標)

相対指標値【数値】の低いレベル⇒同じ相対指標値であっても砂質土の方が長期許容応力度【地耐力】は小さい  
相対指標値【数値】の高いレベル⇒同じ相対指標値であっても粘性土の方が長期許容応力度【地耐力】は小さい

## 10. SWS試験データの見方のポイント

一般的にはスウェーデン式サウンディング試験というのは、おもりを載せていって、重さで貫入するところと、一定荷重下で回転させるところとで全くメカニズムが違う。いわゆる回転ねじ込むというのと、重りというのとは全然メカニズムが違うわけです。領域的にも大体測っている領域が違うわけです。しかし、戸建て住宅はこの異なるメカニズムの試験を使い分ける境界付近が問題になることが多いことから、またややこしいわけです。本当は30kNを判定しなければいけないのに、30kNの境界領域で試験方法が変わるわけです。だから30kNというのは試験方法を変えるチェンジ点となるのですから、重さで貫入するところと回転させるところとのチェンジ点を判断基準にしていること自体に、**私からすると状況証拠として扱っている分にはいいのだけれども、SWS試験結果だけによってその工法や何かを使える、使えないというのに使うことにはかなり無理がある**ということなのです。

ですからまとめに入りますが、JISで規定しているのは試験装置ではなくて試験方法であるし、我々が設計に使うのは状況証拠としての情報があるかどうか。SWSの試験結果を的確に評価するにはまず手動か、半自動か、全自動かという装置は何を使っているか。そ



のときに手動か、半自動か、全自動かという区別だけではだめで、どのメーカーのどの機械を使っているかということが重要です。というのは、半自動であっても、全自動であっても、メカニズムが機械というかメーカーによって全く違うのです。それで JIS は先ほどのスクリーポイントなどは例として表記されているのですが、自動装置の荷重方法や荷重制御あるいは回転方法等については、ほとんど仕様が自由なのです。

ですから例えばおもりが急激に自沈してしまうときに、**全自動というのは制御機能が働きます。その制御の仕方に対する規定というのは、機械によって全く違うわけ**です。例えば、500N のところでスポッと自沈した場合、それ自体は機械性能としては正しいのですが、**この機械によってそのデータの意味するところが全部違うので、例えばデータの値だけを見ても共通の議論ができないのです。機械ごとに議論が変わってくることを強く認識すべき**です。

## 土質を念頭にSWS結果を解釈

### 実用式を使う場合の留意事項

1. 土質によって値の評価(高めor低め)が異なる
2. 領域によって土質別の値の評価(高めor低め)が逆転する場合がある

【養成講座テキスト：p. 82, p. 71, p. 33, 等参照】

	Nsw < 50半回転(N値6程度)	50半回転(N値6程度) < Nsw
粘性土地盤	低め(安全側)に評価の可能性	高め(危険側)に評価の可能性
砂・礫質土地盤	高め(危険側)に評価の可能性	低め(安全側)に評価の可能性

47

SWS 試験結果、特に静的貫入抵抗のWsw やNsw というのは土の種類によって解釈が全く別であったり、機械によっても違うのです。Wsw やNsw というのは相対指標であって物理定数ではないという理解が重要です。要するに単位がないわけですから。ある地盤でNsw が100 だったといっても、その100の意味というのはその地盤での相対的指標であって、ほかのところの値と対比した評価できないのです。あくまでも相対指標なのです。

## SWS試験区分と対象地盤条件

静的貫入抵抗( $W_{sw}$ ,  $N_{sw}$ )は地盤の種類で、その値の意味と深度の精度が異なることを念頭に解釈する

試験区分	荷重(おもり)の条件	試験対象地盤の条件	
段階載荷貫入試験	1,000N以下の荷重(102kg以下のおもり)で自沈する領域での試験	相対的に軟らかい(緩い)地盤	砂地盤のN値<2程度
			粘土地盤の $q_u$ <45kN/m <sup>2</sup>
一定荷重回転貫入試験	1,000N以下の荷重(102kg以下のおもり)では自沈しない領域での試験	相対的に硬い(締まった)地盤	2程度<砂地盤のN値<20程度
			45kN/m <sup>2</sup> <粘土地盤の $q_u$ <230kN/m <sup>2</sup>

48

## SWSデータの見方のポイント

- 1.試験装置は何か?⇒手動式or半自動式or全自動式?
- 2.半自動式or全自動式の場合、装置種別(名称)は何か?⇒機械の仕様によって結果の出方が異なる可能性がある。
- 3.『段階載荷貫入試験』と『一定載荷回転貫入試験』で解釈は別
- 4.静的貫入抵抗( $W_{sw}$ ,  $N_{sw}$ )は相対指標であって、物理定数ではない。
- 5.段階載荷貫入試験での25cm毎の記録が励行されているか?
- 6.貫入状況・貫入音がきちんと(詳細に)記載されているか?
- 7.深度データの分解能(誤差、他の測定記録[静的貫入抵抗( $W_{sw}$ ,  $N_{sw}$ ), 貫入状況・貫入音, 等々]との対応)は対象地層種別と地層構成によって異なる
- 8.静的貫入抵抗( $W_{sw}$ ,  $N_{sw}$ )は、土質ごとに解釈が異なる⇒土質が不可解な場合はサンプリングで土質確認必須

49

SWS試験データを見るときに、25cm ごとのデータになっているかどうか。例えば1000N 載せたら1m 沈下してしまった。これは1m 分すべてが1000N の荷重を必要として沈下したとは限らず、その下位のほうは750N や500N の荷重でも沈下していた可能性を否定できません。従って、きっちりと25cm ごとの記録が取れているかどうかが重要となります。昔はJIS が50cm ごとに取りなさいとなっていたのですが、今はそれがなくて、機械によっては25cm ごとでストッパーをかけられますので、25cm ごとにとるというのがいいデータです。

次に貫入状況がきちんと記載されているかどうか。**我々はデータを見るとき、まず貫入状況を見るわけです。**一般の設計の方は $W_{sw}$  と  $N_{sw}$  のこのグラフをぱっと見てしまうわけです。 $W_{sw}$  や  $N_{sw}$  といった数値データが書いてあるとそれで設計してしまうのですが、本来、**貫入状況がなかったら  $W_{sw}$ 、 $N_{sw}$  の評価はできないのです。**ですから500N でどうかと言ったときは、**その貫入が増加傾向か、減少傾向かということでも判断が違ってくるのです。**

それから深度データですが基本的に支持層に当たったとか、転石に当たったときは先端の深度を表しています。しかし自沈領域や回転を確認しているときは、25cm の分解能しかないよというのが深度データの分解能です。

繰り返しますが、この**静的貫入抵抗は土質ごとに解釈が異なる**ということ、**土質が分からない場合にはサンプリングが欠かせない**というのが基本です。ですから貫入状況の記載から土質の識別情報が得られる。それがあから静的貫入抵抗も評価できるので、とにかくこれは聴診器だと。ですから私から言わせると、聴診器に精度を求めることがおかしい。状況証拠の一つですよ。ただし、土が識別できれば相対指標からいろいろなものが推定はできます。よくSWS試験データシートに換算N値が記載されていることがありますが、**大体N値自体も相対指標ですから、相対指標同士を換算すること自体普通あり得ないですよ。換算ではなくてあくまでも推定のはずです。**

ということで、SWS試験装置というのは厳密には測定器ではないのだと。検定もなければ校正もない。あくまでも見えない状況を類推するための道具であり聴診器です。SWS試験で得られた地盤情報に貫入状況のきちんとした記録があるか、それを解釈する能力があるか、それを地盤対策、基礎施工に役立つ情報として提供できる能力があるかが重要なのです。私がある不同沈下トラブルの現場のSWS試験のデータを見たら、極めていいデータが取られている。私の言ういいデータとは貫入状況がきっちりと記載されているという意味です。ところが設計者は静的貫入状況の理解ができなくて、 $W_{sw}$  と  $N_{sw}$  という数値だけを使って設計をしてしまい、結果不同沈下をさせてしまっているのです。ですからSWSというのは聴診器なのであって、その貫入状況を踏まえて解釈できるかどうか重要です、それがほとんどわかっていないで使用されている現状があります。

## スウェーデン式サウンディング試験情報の基本

- 1.貫入状況の記載から土の識別情報(手掛かり)が得られる。⇒聴診器の所以
- 2.土が識別できれば, 相対指標である静的貫入抵抗( $W_{sw}$ ,  $N_{sw}$ )から地盤の強度特性が推定できる。

50

## スウェーデン式サウンディング試験(SWS)の本質【2】

SWS装置は, 測定器(計測器)ではない!  
⇒何故ならば, 装置に対して検定も無ければ校正・較正もない  
⇒あくまでも見えない地盤状況を探る道具[探針棒, 聴診器, 等]に過ぎない

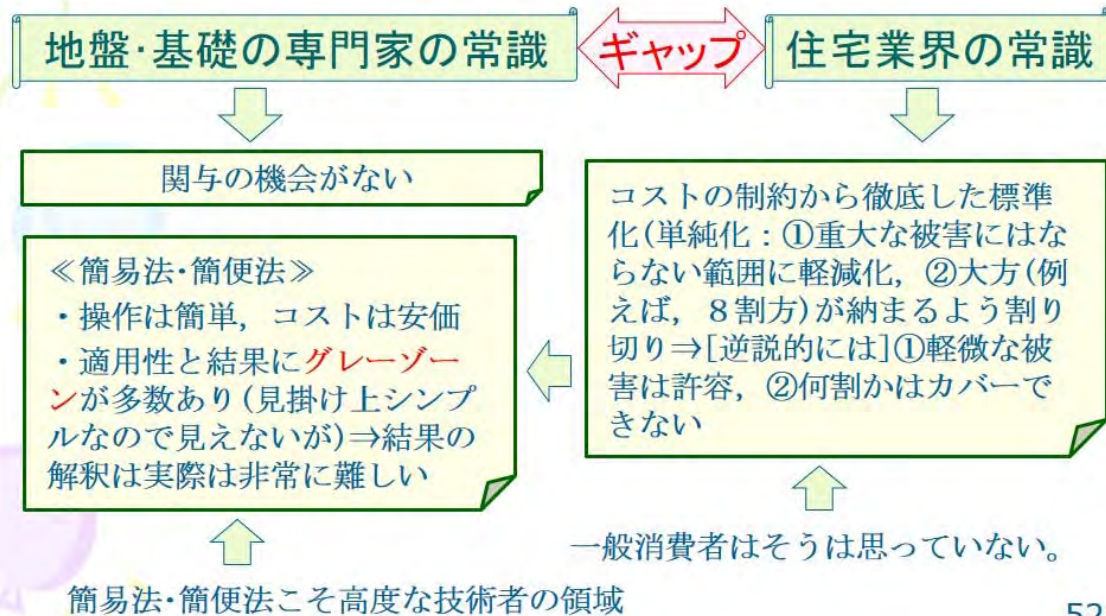
得られた地盤情報の質は!  
⇒現場で確実に貫入状況の記録ができるか?  
⇒得られた情報の解釈能力[土質の識別能力]  
⇒設計・地盤対策・基礎施工のそれぞれの技術者へ, 正確な情報を提供できるか?

SWS装置の要件は, 使い勝手(安全性・作業性・利便性・情報の品質)である。  
SWS装置に地盤評価精度を期待してはいけない。  
地盤評価精度は, 担当技術者次第である。

51

## スウェーデン式サウンディング試験の調査費用

### 地盤対策費用



52

## スウェーデン式サウンディング試験における貫入状況記録のポイント

(SWSは何を測っているのか? [相対指標とは何か?])  
 SWSの精度とは何か? [地盤調査の精度とは何か?]  
 地盤調査の精度は機械では決まらない。技術者次第である。  
 SWSの分解能はどのようなものか? [地盤調査の分解能とは?]  
 SWSの手動と半自動と全自動の違い  
 沈下と許容応力度とは何か?  
 砂と粘土は何が違うか? [特殊土は?]  
 推定と換算の違い  
 理論式と実用式の違い  
 基準値とは?  
 地盤問題に平均はない  
 簡便法・簡易式を使うには高度な技術力が必要であること  
 戸建て住宅での地盤調査の意義⇒『地盤調査で地盤状況を把握しようと考えてはいけない。地盤調査は事前調査で想定した地盤状況を検証する為に実施するもの。』

53

## スウェーデン式サウンディング試験における貫入状況記録のポイント

- (1) SWSで得られる情報には、①深度情報、②25cmごとの貫入状況に関する記事情報、③25cmごとの静的貫入抵抗( $W_{sw}$ ,  $N_{sw}$ , 単位を持たず物理定数ではない、あくまでも相対指標である)の3項目があること。
- (2) この内、①の深度情報の分解能は硬い地盤に当たった時を除き、基本的に25cmと考えるべきこと。②の貫入状況に関する情報がSWSの命であること。故に私はSWSを医者聴診器に例えていること。この貫入状況記事の情報の信頼性に基づき③の静的貫入抵抗の使い道も定まること。
- (3) SWSの最大の問題点は土の識別の難しさにあり、土の種類の特定ができれば、かなり有効な道具として使えること。
- (4) 半自動や全自動の装置では、場合によると上記の②貫入状況記事が疎かになることがあり、その場合は、極めて劣悪な調査データになってしまう場合がある。
- (5) 手動か半自動か全自動かの区別ではなく、機械の装置名が重要。機械によって、載荷方法や制御性能等での機械誤差というクセが異なり、それが評価の際に重要であること。
- (6) 地盤調査の世界は、簡便法ほど上級技術者の領域であること。
- (7) コスト重視の地盤調査では、『地盤調査によって地盤の状況を把握する』という意識ではだめで『事前調査で想定した地盤状況を現地調査で検証する』という姿勢が重要であること。
- (8) 即ち、地盤調査では、事前調査が極めて重要であること。

54

### 11. 終わりに

我々地盤コンサルがSWS試験を使うときは、大体5mぐらいのものを5カ所ぐらいやると、20万から30万円いただいて調査し報告しています。ところが昨今の戸建て業界では3万円ぐらいでやっている。確かに3万円でも出来るけれども、私がこれまで指摘した考えを持って使わなければ3万円のデータは活かさないのです。要するに簡易法・簡便法というのは、本来それなりの知識や経験がないと使えないものなのです。聴診器がそうなのですが、それなりの経験がある医者でなければ聴診器は使えないのと同じです。だから3万円のSWS試験結果を戸建て住宅にきっちり反映させるには、それを解釈できる設計者や技術者の存在が不可欠であり、**データがちゃんと取られていてもそれを活かさなくてトラブルになっている現状があるのです**。また、SWS試験装置の要件というのは使い勝手であって、ここに精度を求めるのはおかしいのです。使い勝手がよければ安全であり作業性も高まりますが、だからといって装置に評価精度を期待してはいけません。評価精度というのは担当技術者の能力です。試験装置に精度を求めるのは筋違いですし責任転嫁です。ここにいわゆる我々と戸建て業界とのギャップがあるのですが、この辺りのことを何とかしていかなければならないと考えています。

時間もだいぶ経ちましたので、今日の話はここぐらいにしておきたいと思います。あとは資料を見ていただき、もし何かあれば是非質問してください。スウェーデン式サウンディング試験の本質ということで、お話しさせていただきました。ご清聴有り難うございました。

## 自己紹介：私のバックボーン

- 職業：地盤コンサルタント[地下水・地盤の調査解析]
- 専門分野：地下水・地盤環境，地盤防災
- 所属・職責：①(株)地域環境研究所 代表取締役[H14～]  
(以下併任)②中央開発(株) [←親会社] [S50～] 技術担当部長  
③地盤品質判定士協議会 事務局長[H26～]  
④共生型地下水技術活用研究会 事務局 [H18～]  
⑤日本大学文理学部地球システム科学科 非常勤講師[ JABEE⇒技術者倫理] [H15～]  
⑥岡山大学環境理工学部環境デザイン工学科 非常勤講師[地盤環境工学] [H16～]  
⑦(一財)全国建設研修センター 非常勤研修講師[地質研修，土木のポイント][H20～]
- 主な資格：①技術士[建設部門]，②ジオ・アドバイザー[GUPI地質情報整備活用機構]，  
③シニア地盤インスペクター®[地盤安心住宅支援整備機構]
- 委員等経歴：技術士試験委員[H16～H18]，環境省環境アセス技術検討会(地下水担当)  
[H11～H14]，環境省地下水管理手法検討会[H20]，他
- 加入学会：地盤工学会(元・理事)，土木学会，応用地質学会，日本第四紀学会
- 地盤工学会活動：[編集]地盤調査の方法と解説，地盤材料試験の方法と解説，地盤工学会用語辞典，他，[基準化]地盤材料の分類(JGS)，標準貫入試験(JIS)，石分の粒度試験(JGS)，地下水調査の各種基準(JGS)
- 地盤リスクと法・訴訟等の社会システムに関する事例研究委員会[地盤工学会関東支部]

2

## 主な著書

- 1) 中村裕昭：第3章 3.3 土の分類と工学的利用，**最新地盤調査ハンドブック**，(株)建設産業調査会発行，pp.56～76，1995.3.
- 2) 中村裕昭：第6編 地盤環境[第1章 総論 第2節 調査の特徴と課題別の調査項目 (pp.1133～1136)，第2章 地盤調査・土質試験 第1節 地盤調査の基本的考え方と種類 (pp.1137～1142)，第2節 土質試験の種類と方法(pp.1143～1148)，第3章 土と地盤の判別分類 第1節 土の名称(pp.1149～1156)，第2節 地盤材料の工学的分類法(pp.1157～1170)，第4章 既存資料調査 第1節 地形図・地質図・地盤図の活用法(pp.1171～1172)，第6章 地盤災害調査 第1節 地盤災害の種類(pp.1196～1198)]，『竹内 均監修：**地球環境調査計測事典/第1巻陸域編①**』，(株)フジテクノシステム発行，2002.12.19.
- 3) 中村裕昭：4.3.6サウンディング(pp.134～139)，4.7.1環境アセス調査(pp.175～180)，4.7.3 土壌・地下水汚染調査(pp.182～188)，7.9その他の問題と対策(pp.333～339)，『**地盤環境工学ハンドブック**』，朝倉書店発行，2007.9.25.
- 4) 中村裕昭・他：第4章 土の分類『地盤工学会編：**地盤工学会用語辞典**』，地盤工学会発行，pp.91～117/本編，pp.486～491/付録-主要図表，pp.496～497/樹形図，2006.3.
- 5) 中村裕昭・他：第2編 地盤の工学的分類，**地盤材料試験の方法と解説**，(社)地盤工学会，pp.51～92，2009.11.
- 6) 中村裕昭・他共著：第7編 地下水調査第1章 概説[1.1 まえがき，1.2地下水調査の計画と手順，1.3広域地下水調査の方法，1.4特定サイトにおける地下水調査の方法]，**地盤調査の方法と解説**(第1回改訂版)，公益社団法人地盤工学会，pp.471～482，2015.3.
- 7) 中村裕昭・阿部知之：第3章 地盤環境と地盤災害—地下水位変化が及ぼす環境影響—，『地盤工学会編：入門シリーズNo.34『**地下水を知る**』』，地盤工学会発行，pp.73～110，<sup>3</sup>