

シリーズ：語り継ごう！技術は人なり（第6回）

明専会東京支部 建設系分会

今回は地盤の挙動およびその対策・研究結果について学術的な見地よりご教授いただきました。電算(パソコン)が今の様に無い時代のご苦労が感じられます！

村沢 譲（開土 S46）
千葉県市川市に在住



1. はじめに<著者略歴>

私は昭和46年（1971年）に三井港湾開発（株）という会社に入りました。この会社は名前の通り海の工事をする建設会社ですが、その仕組みが少し変でした。つまり親会社である三井不動産（株）が建設業の登録に基づき三井不動産名で公共工事を受注し、子会社の三井港湾開発に丸投げ？する仕組みです。私の入社時、堺市にある阪神工事事務所配属の身分証明書上は三井港湾開発の社員ですが名刺上は三井不動産の社員でこの名刺で役所にも出入りしていました。一方、三井不動産が事業主の宅造工事などは三井港湾開発で受注するので陸の工事では現場事務所には三井港湾開発の看板がかかり、海の工事では三井不動産の看板がかかる、何か変だなとは思っていました。

案の定というか、昭和49年に建設業法上いかなものかと政府筋よりの指摘で、三井不動産の建設関係営業権を引き継ぐ形で新しく三井不動産建設（株）が設立され、その新会社が三井港湾を吸収する形になりました。晴れて身分証明書と名刺が一致することになったのです。

入社から約4年間は大阪堺や仙台の現場で主に港湾工事を担当し、昭和50年から本社の技術部門で30年近く地盤（土質）にかかわる種々の検討業務を主体に行ってきました。この技術部門の主な業務は設計や技術提案の他に現場での事故などのトラブル対応があり、私の担当分野は海・陸問わず地盤に関することでした。この30年間は指導していただける専門分野の上司もいないなか、学生時代の勉学の姿勢とは打って変わり土質のことで日夜頭がいっぱいでした。自分で言うのもおこがましいですが、この間で私の地盤屋としてのアイデンティティーが形成されたと思っています。

そして平成14年から子会社のみらいジオテック（株）（この時、親会社の三井不動産建設は会社統合で社名がみらい建設工業となる）という地盤改良専門工事会社に移籍し平成16年から4年余りこの会社で社長を務めさせていただきました。その後平成23年

の東日本大震災における宅地造成地の液状化問題に関して三井不動産のお手伝いを数年間させていただき、結局半世紀近くに及んで地盤一筋でやってきたことになりました。この間、大学同級生の安田さん（東京電機大）、松山さん（応用地質）、後輩の規矩さん（関東学院大）他多くの九工大同窓生の方々には仕事上の用件でお会いでき、その節は大変お世話になりありがとうございました。一方、開発土木の卒業生が年 40 名程度のなかで多くの場合私が意識的に動いたわけでもないのに仕事上で会うことになるなんて土質の世界はこんなにも狭いものかと驚いております。

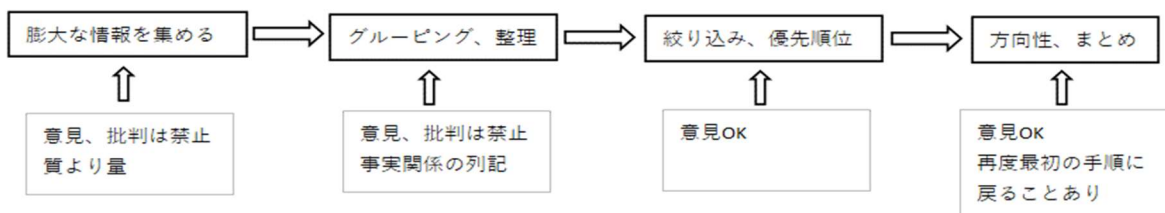
2. トラブル相談の経験

どこのゼネコンでもそうだと思いますが、工事現場で生じる事故などのトラブルの処理については本支店の技術部門が相談に乗り現場と一緒に解決にあたります。弊社の場合は本社技術部がその役割で地盤に関するトラブルのほとんどを私のところで対応し、その数はたぶん 30 年間で 100 件以上に及んでいたと思います。個々の内容としては土質の教科書に出てくるような内容がほとんどで例えばパイピング、ボーリング、盤ぶくれ（ヒービング）、地滑り、スレーキング、円弧滑り、地盤沈下（盛土自体も含めて）、地盤陥没（土砂の吸出しによる）、擁壁変形・倒壊などです。教科書って、世の中で起こりそうな事象を良く網羅しているものだと感心したりしました。

ここではトラブル対処姿勢のようなものを参考までに紹介します。

(1) K J 法

人間はややもすると自分に都合の良い思い込みをし、早く結論を出したが、結論ありきの理屈付けに陥りやすいものです。そして肝心の要素が欠落することになります。そこで、私が好んで用いた手法は、例えば数人の関係者でトラブル対応の検討する場合は以下の手順で検討を進めます（下記フロー参照）。これは K J 法と言われている文化人類学者の川北次郎氏により考案されたもので複雑に絡み合った事柄を私情にとらわれず機械的に整理して方向性を見出し、最終判断に結び付けるのに役立ちます。



基本ルール

- ・自分の考えや情報をカード 1 枚（A4 用紙 1/4 程度）に 1 項目簡潔に書き黒板にピン止めする。
- ・他人の提出カードの内容への質問は良いが批判は厳禁。
- ・他人と同じ内容のカードがあっても良い（同じ内容のカードはグルーピングする時に重ね合わせてピン止めする）。
- ・他人の考えを見て触発され新たな考えの提出は歓迎。

(2) 前向き相談

現場からの問い合わせの中には少し変わったものもありました。「今度担当する工事は何ら問題がなく普通に進めることができると思っているがそれでは面白くないので村沢さん何か課題を見つけてくれませんか」、それをもとに創意工夫の提案をしたいというものです。当時はまだ受注後技術提案型の制度はなかったのですが、大変前向きな担当者には感心して、私はできる限りの協力を惜しまなかった記憶があります。

(3) 専門外の方とのコミュニケーション

また、私の地盤屋としての経験の中には訴訟や住民対応もありました。そこで感じたことを一つ紹介させていただきます。我々技術屋として日頃例えば内部摩擦角とか有効応力とか専門用語を何気なく使っていますが、弁護士や裁判官あるいは住民相手にこのような専門用語を安易に使うと逆効果になることがあることを経験しました。世の中は我々技術屋だけで回っているわけではないので時には専門用語を専門外の方でも理解できるように話すことが必要でしょう。土質の世界ではなぜ摩擦係数と言わず内部摩擦角という訳の分からない表現をするのですか？という質問にうまく答えられますか。

3. 地盤沈下問題

私の経験の中で特に印象に残ることの一つが地盤沈下の予測計算に関わることです。造成中の沈下や将来の残留沈下をどう予測するかは住宅地を造成する機会が多い弊社にとっては重要な問題でした。正直最初のころはトラブルが生じたこともありました。その後多くの経験を経て弊社としての妥当な考え方を持つに至りました。その辺のところを多分に持論も交えて紹介します。

(1) 一次圧密沈下量

沖積粘性土層上に盛土をした場合の沈下量 S (m) を求めるには以下の3種類の計算式を用いることがたいの専門書には記載されています。

$$S = m_v \cdot \Delta P \cdot H \quad \text{—————} \quad \text{①}$$

m_v : 体積圧縮係数 (m^3/kN) * 相乗平均荷重 $\sqrt{P_0 (P_0 + \Delta P)}$ に対応する値

P_0 : 初期荷重 (土被り圧) (kN/m^2)

ΔP : 増加荷重 (盛土荷重) (kN/m^2)

H : 沈下層厚 (m) * この場合の層厚は平均値すなわち $(H - S/2)$

$$S = \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} H \quad \text{—————} \quad \text{②}$$

C_c : 圧縮指数

e_0 : 初期間隙比

$$S = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} H \quad \text{—————} \quad \text{③}$$

e_1 : 増加荷重 ΔP に対応する間隙比

しかしこれらの式を実際に用いるに当たってのそれぞれの式の特徴を述べている専

門書は皆無に等しいといえます。そこで私の持論を参考までに述べさせていただきます。この3つ式は計算結果が2割、3割は平気で異なることがありますし、腐植土層に至ってはさらに大きな食い違いが出る場合があります。これらの式はみな室内標準圧密試験（厚さ2cm、直径6cmの供試体に20kN/m²から2,500kN/m²の荷重を段階的にかける）のデータを用いるものであり、図-1～3はそれぞれ上記①～③式に対応させるために圧密試験データを図化したものです。

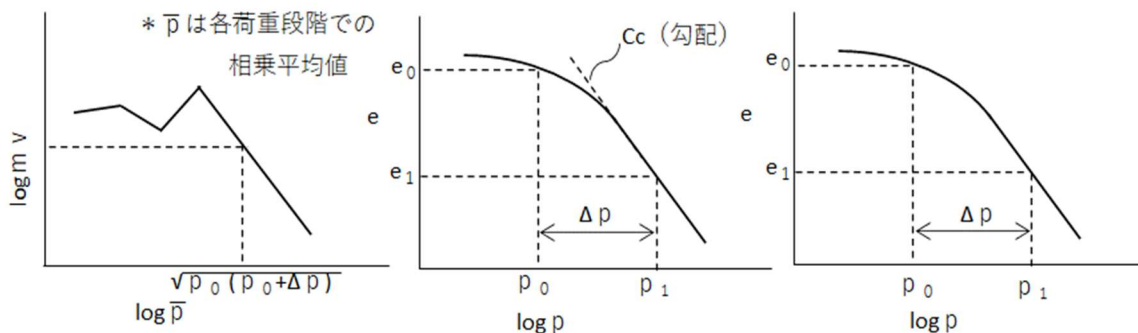


図-1 $\log m_v - \log \bar{p}$ 曲線

図-2 $e - \log p$ 曲線

図-3 $e - \log p$ 曲線

① 式について（図-1 対応）

圧密試験から得られる荷重と変位（沈下）の関係を体積圧縮係数 m_v という弾性係数の逆数で表しますが、荷重の増加に伴い指数関数的に減少し圧密試験の各荷重段階での荷重平均値（相乗平均）としての m_v を求め、そして実際の沈下計算に当たっては全増加荷重の平均値（相乗平均）に対応する m_v を採用している。すなわち圧密試験のデータ整理過程と実際の沈下計算過程で線形ではない m_v 曲線を二度平均化していることの誤差があります。

さらに図-1に示されているように p_0 （初期土被り圧）付近では $\log m_v \sim \log \bar{p}$ 曲線が不規則に折れ線を呈するので沈下計算にどのように反映するのか悩ましいところ です。

② 式について（図-2 対応）

圧密試験から得られる間隙比と荷重との関係の片対数直線部分の勾配を圧縮指数 C_c として沈下計算をする。図-1の場合と同様に p_0 に近い範囲では片対数直線とはならないことへの対応が沈下計算に当たって悩ましいところ です。

③ 式について（図-3 対応）

そもそも圧密試験から得られる $e - \log p$ 曲線は直径2cmの供試体に実際考えられる範囲の荷重をかけた場合の間隙比と荷重の関係で、減少間隙比は沈下量に置き換えられるものですからこれはいわば沈下量と荷重の関係をそのまま表しているわけで、これをグラフから読み取って実際の土層厚さにスケールアップすれば何ら計算誤差の入る余地はないと思います。

以上から、私は③式を用いることにしていますが、なぜ①、②式があるのかといえば、

昭和 50 年代中頃まではパソコンは普及しておらず、 $e-\log p$ 曲線グラフからいちいち人間がデータを読み取るのは非効率で原始的と考えられていたのではないかと思われ、それで①、②式がよく用いられていたと推測しています。しかしパソコンが普及してからは $e-\log p$ 曲線の近似式は容易に求められ任意の増加荷重に対しての沈下量も即座にアウトプットされます。もちろん圧密試験そのものの議論（例えば各載荷荷重の間隔とか）もありますが、実用上は現状の圧密試験と③式による沈下計算が最も実際ともよく整合すると考えています。ひょっとして①、②式は理論曲線で信頼できるなんて勘違いされているかも知れません。

(2) 長期沈下量

次に長期沈下（残留沈下）の話をしていただきます。前述の沈下の話は一般に一次圧密と言われているもので、実際の沈下にはこれに二次圧密あるいはクリープ変形と言われている長期沈下が加えられます。この問題は（旧）日本道路公団では古くから現場データに基づいて研究されていますが、全国的にオーソライズされた計算式のようなものはないと思います。でも我々としましては何もしないわけにはいきませんので、この（旧）公団方式に沿ったような感じで以下の考えを適用していました。

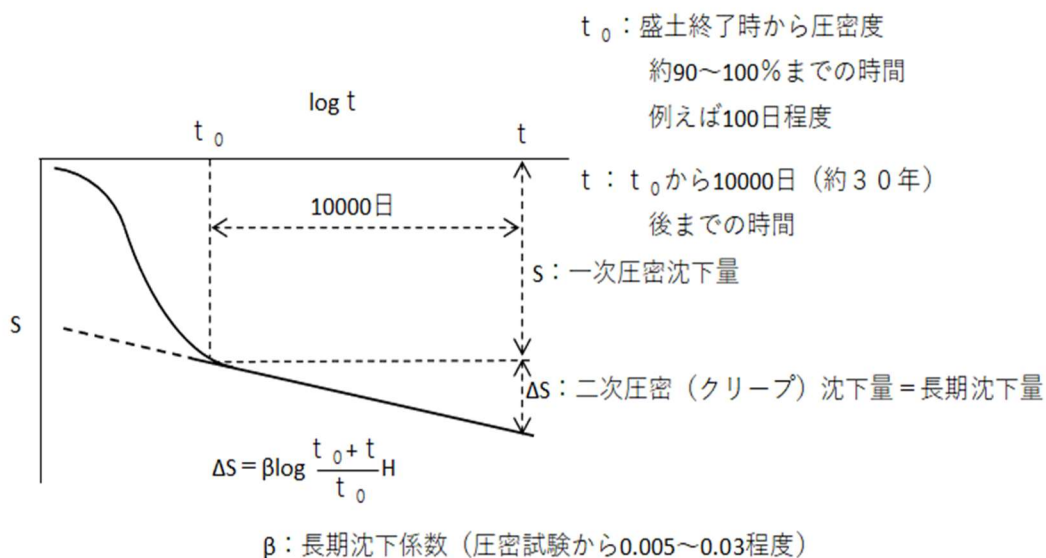


図-4 長期沈下量の求め方

すなわち 10,000 日後の許容残留沈下量 ΔS をケースバイケースですが例えば 10 cm と定め、これに収まらない場合はプレロードを採用して許容沈下量を満足するようにします。住宅地のように長期にわたって微妙な沈下量を考える場合で、特に腐植土層上の盛土は上記の手法による長期沈下量の予測は欠かせないものとなります。

(3) 盛土材の沈下

盛土による沈下を考える場合もう一つの重要な要素として盛土材そのものの沈下が挙げられます。厚さ 15m 以上の高盛土や厚さ 5m 程度でも火山灰質粘性土（関東ロームなど）による盛土の場合、施工終了後 10 cm 以上もの残留沈下が生じて問題になることが多々あります。詳しい説明は紙面の都合上割愛させていただきますが、決して侮れない問題であるという認識が必要と思われます。

(4) 安全率

構造物の計算では安全率を見込みます。土の場合も円弧滑りなどで安全率は考慮していますが、なぜか沈下に対しては安全率の概念が一般には受け入れられていません。ところが盛土の場合現実問題として計画地盤高が決められていて沈下終了後地盤高が計画高とぴったり一致する？そんなサーカスみたいなこと、前述の③式を用いて精度の良い沈下量予測をしても 1 割程度の食い違いの発生は避けられません。もし沈下量が予測計算より大きければかさ上げ盛土をしなければなりませんし、かさ上げ盛土による沈下時間もプラスアルファされることとなります。そんな事態になれば事業としての痛手は大きなものになります。是非とも、沈下計算には計算沈下量の 2 割ぐらいの安全率を見込む考え方が社会通念になってほしいものと思うのですが？昔の地盤屋の独り言はいかがでしょうか。

4. おわりに

以上、私の経験談を書かせていただきましたが、少しでも皆様の参考になれば幸いです。私は 50 歳代以降、技術提案営業や地盤改良専門業の経営に携わることができましたが、みらい建設グループが民事再生になりまして大変不名誉な経験も致しました。それで若い方に話すわけでもありませんが、とにかく理工系出身の方は株だとか資本だとか貸借対照表（バランスシート）だとかの話に疎い（私もそうだった）と言われがちです。とくに最近では企業買収とかで企業の離合集散も頻繁のように見受けられます。もし皆様の中に将来チャンスがあれば企業経営に携わりたいという気持ちがある方がいらっしゃれば、普段から資本だとかの方面にも興味を持ち企業経営のセンスを磨いておくことも必要でしょう。

注) 次頁に大型作業船の写真を掲載しましたが、海と陸双方の土木工事に携わることができたことは幸運でした。

<大型作業船風景>

MATS-600

超軟弱土から砂質土まで多様な土質を圧送。
低含水比状態の土砂も圧送工法により、
連続的な大量輸送、長距離輸送が可能。

- 船体寸法 (m) → L=50.0 B=30.00 D=2.5
- 満載喫水 → 1.5m
- 揚土機装置 → バックホウ=2台
- 作業深さ → 9.27m
- バケット容量 → 4.5m³
- 空気圧送装置 → タンク容量=17.4m³ × 2 × 3
ユニット、コンプレッサー=56.0m³/min × 6 ユニット
- 発電機装置 → 2台
フラシレスディーゼル発電機=563PS
電圧 × 回転数=220V × 1,800rpm



第11三栄丸DE-3000

クリスマスツリーウィンチ装備型ポンプ式浚渫船。
このクラス最大の cutter 馬力を実現。

- 船体寸法 (m) → L=60.5 B=14.0 D=4.0
- 満載喫水 → 2.7m
- 主要馬力 (ps) → 設備総出力=6,800
- ポンプ=3,000
- 公称能力 → 最大浚渫深度=26.0m
- 排送距離3,000m
- 排砂管 (径mmφ) → 685
- 備考 → クリスマスツリーウィンチ装備



【写真上段】

空気圧送船、土運船で運ばれた土砂を海水が含まれない状態で埋立地に空気圧送します。

【写真中段】

ポンプ船、海底地盤の土砂を掘削し海水と共に吸い上げて埋立地に送ります。

【写真右】

上記空気圧送船のオペレーター室で、中央が46歳の私です。このように現場の人と一緒に課題解決に当たりました。



※次回は安田 進 様 (開土 S45) に寄稿をお願いする予定です。