

## 2. 調査・分類 地質・リモートセンシング

沢田 和秀

岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター

### 1. はじめに

本セッションは、調査の内容について、および調査や評価のためのツールの利用についての発表が混在した。ここでは、「センシング」することに関連した研究発表について報告する。

### 2. 取得できるデータの利用方法について

本セッションで報告された「画像解析」、「スペクトル分析」、「レーダー波干渉」、「写真撮影」、「航空レーザ計測」などは、種々の方法で定性的または定量的な判断をするための指標を得るツールとして利用されている。これらのツールは、土木工学や地盤工学だけでなく、幅広い分野で利用されているものを、地盤工学のフィールドに適用しているものである。また、判断のための指標の意味を明確にすることが、これらに関する共通の重要事項である。計測手法によって、どの指標を使用するかは、目的によって変わるが、使用する指標の意味と位置づけを明確にしておくことが、工学的に重要である。

以下、上記で説明した指標を「見える化」した本セッションでの発表事例を紹介する。

- 1) 岩石の種別を分類する試みとして、高精細化したデジタル画像（写真）を用いる方法が報告されている。画像解析の精度が向上すれば、写真を撮影するだけで誰でも岩質分類ができるためのアプローチである。このような方法の信頼度が上がると、多くの経験を有する専門家のみによって可能であった岩質分類が、経験値の少ない技術者にも簡易にできる可能性がでてくる。画像解析に頼るところが大きいため、画像取得の方法と、解析精度に依存するが、今後は期待される研究である。
- 2) 航空レーザ計測による3次元データを用いて、地盤の変状特性を考察する報告もあった。一つは、地形の成り立ちと表層地質の関係を考察するものであり、もう一つは、地すべりデータマップの構築に利用した例である。それぞれの研究は、航空レーザ計測の精度に依存するが、データの活用法として、適切と考えられる。これらには、いかに精度の良い3次元のデジタル地形データを取得して利用するかが重要である。  
公的な調査で、公共測量に則して取得された3次元デジタルデータが行政機関等に蓄積されている。それらは、航空レーザ計測だけでなく、車載

型、地上設置型など、高密度のデータが日本全体を網羅しつつある。このようなデータを最大限に活用し、防災だけでなく、開発や維持管理事業に対しても、適切に利用することが重要である。このためにも、今回のような目的に適した計測方法と解析についての研究が進むことが望まれる。

- 3) SAR（合成開口レーダー）は、高分解能マイクロ波レーダーで、対象物からのレーダー反射波の強度と反射波の位相情報を得る。このレーダー観測を地表の同一点に対して2回以上実施し、それらの位相差をとることで地表の変動を計測できる。本セッションで報告された、干渉SARの活用では、これまでに継続している地盤沈下に基づいて、今後の変動を予測している。特に、衛星データの活用は、広域の地盤の変化を捉えるのに適しており、これまでの実績から注目度が非常に高い。現在運用が始まったALOS-2は、これまでの実績を活かして、より防災に特化したデータ取得を可能としており、データ解析の高度化も進んでいるため、活用の範囲がより広がることが期待される。
- 4) 急速に需要が広がっているUAV（無人小型飛行機）の利用についても報告があった。操縦が簡単で、安価であるため、これによって取得された映像を見る機会がたいへん多くなった。適正な使い方がなされれば、災害時などの緊急を要する場面などでたいへん有用なツールとなりうる。近距離から高精細のデジタル写真を取得することによって、防災に直結できるツールである。一方で、その性能に過信して、墜落事故の報告もあるが、ほとんどが人為的ミスである。今後の発展が望まれる道具であるが、安かろう悪かろうといわれたい活用が望まれる。

### 3. おわりに

筆者の興味から、防災に役立つと考えられる研究発表について紹介した。これらは、データを取得して、それをどう扱うかという観点で共通しているが、空間的には広域から局所まで幅が広く、データの種類も異なる。今後ますます有用なデータが取得・蓄積され、多様な工学的観点から加工できる環境が整えば、これらの研究は、防災・減災により大きく寄与できると考える。本セッションは、データを適正に利用するには、目標達成のための知識と技術が重要であることを考える機会となった。

## 2. 調査・分類 物理探査（評価方法）

杉 井 俊 夫

中部大学 工学部都市建設工学科

### 1. はじめに

本報告では、調査・分類-（物理探査（評価方法））のセッションについて総括する。本セッションでは、7編の研究発表があり、物理探査を使って土の物性を評価する研究4編と地盤構造を評価する研究発表が3編あった。

学会、初日、朝一からの第1セッションであるが、多くの聴講者が席を占めており、関心の高いセッションであるものと感じられた。発表後に座長から分類説明の後、物性評価と構造評価の研究に分けて質疑を行った。

### 2. 研究及び技術動向

近年、堤防調査の手引きが出版されるなど、統合物理探査は着目されている。しかし、単独の物理探査は40年近くの実績はあるが、定量的な評価としては未だ実務においては進んでいない状況にある。今回の研究発表には、比抵抗や極小アレイ観測、地中レーダの探査法から物性や地盤構造を評価する新たな取組が検討されている。

76.「スウェーデン式サウンディング試験孔を利用した電気比抵抗による土の細粒分含有率の評価法について」（高ら（東海大学））では、スウェーデン式サウンディング試験孔を利用、再度、電極を付けたロッドを貫入して比抵抗を求め、土の細粒分含有率を推定しようとするもので、室内での提案式を原位置に適用した事例が報告された。フロアからは、再貫入による孔壁の乱れが得られる電気比抵抗に影響することが指摘された。

77.「複合物理探査データを利用した土質地盤の透水係数の推定」（高橋ら（深田地質研））は、複合物理探査のデータから、間隙率または粒径の推定にあたり、ロックフィジックスで用いられている岩石モデルを使用し、さらにアーチの式から間隙率を比抵抗に変換、S波速度と比抵抗の関係から透水係数を推定しようとするものであった。現場透水試験による透水試験は水の流れが影響する広範囲の透水性を代表的に表しており、現場で局所的な透水性を推定する意味についての質問が交わされた。

78.「熱伝導を利用した含水比測定法の検討」（石垣ら（東京都市大））は、腐植土や泥炭などは自然含水比が非常に高いことから、原位置で可能な含水比測定試験法の開発を行っている。熱源としてペルチェ素子を使用した自作センサーを使って土の熱伝導に着目して温度変化の上下降速度から含水比を評価しようとするものである。含水比ごとに排熱面の温度経時変化の曲線がユニークであることが確認され、排熱面の初期温度とある時間経過

後の温度差を温度指数として定義し含水比推定指標を提案している。土の種類による校正の質問があった。

79.「表面乾燥飽和状態に着目した不飽和土の電気比抵抗モデル（阿部ら（茨城大））は、飽和度による水分の分布状態が、特に表面乾燥飽和状態において不連続になることに着目した電気比抵抗モデルを並列・直列モデルとしてオームの法則に基づいたモデル化を行い、実際の比抵抗との比較を検討した研究である。細粒分含有率の低い土質では比較的精度高く評価できることが紹介された。

80.「微動を用いた浅部構造探査の高度化」（千名ら（防災科研））では、浅部構造探査の簡便化を実用化する上で簡易化によって膨大なデータが得られても対処困難となることから、位相速度およびH/V深度変換を自動読み取りするためにアルゴリズムを考案し、その自動読み取りアルゴリズムを実データに適用し、目視による読み取り結果と比較して実用性を検討したものである。

81.「微動を用いた浅部構造探査による2D、3D構造の推定-秦野盆地を対象として-」（荏本ら（神奈川大））は80.の発表と連番であり、極小アレイ観測の膨大なデータから研究80.の自動読み取りアルゴリズムを使って実際の秦野盆地の浅部構造を2D、3D化している研究である。探査の結果、既知の断層線を求められていることに加え、新たなギャップなどを検出している。広範囲に対して簡便な観測と迅速かつ高精度の分析を示した研究である。

82.「チャープ式レーダ探査について」（赤澤ら（川崎地質））は、主に空洞調査に用いられる地中レーダ探査の高性能化を狙った研究である。従来のレーダ探査では、送信信号の振幅増幅に伴って送受信信号の帯域が低周波数化するため、分解能が低く可探深度が浅い弱点を有していた。本研究は、チャープ方式と呼ばれる方式を用いており、周波数を分解して送信し、受信後にパルス圧縮によってパルス波変換することで送信パワーを増幅することが可能し、分解能力の維持並びに可探深度の向上を可能にした研究である。

### 3. まとめ

本セッションは、土の間接的な計測量（比抵抗、温度、S波速度）などから、如何に土質物性や地盤構造を定量的に推定するかという課題・使命を負っている。今後、異分野技術の交流の下、高精度化や新たな評価法が開発されることが十分期待できる一方、本質的な探査条件や得られる物性の意味を忘れてしまつては本末転倒となる。さらなる俯瞰的な視野を持った研究姿勢が求められる。

## 2. 調査・分類 物理探査（活用事例）

中 澤 博 志

復建調査設計株式会社 東京支社

### 1. はじめに

本報告では、物理探査（活用事例）のセッションについて総括する。セッション名にもあるように、本セッションではその名の通り、物理探査技術をどのように活用したかに焦点を当てた7編の報告がなされた。活用事例としては、主に地盤改良の品質管理・施工管理、河川堤防の被災原因推定、土構造物の維持管理、（施工管理）に大別され、主な手法としては、表面波探査、電気探査、高精度 GPR、FWD 等、多岐に及んでいた。

### 2. 研究及び技術動向

本セッションでは、実施目的や探査手法が多岐に及んでいたため、個別の報告に関する議論が主体となった。しかし、地盤物性値のばらつきの確認や空間補間、堤防漏水箇所や空洞発生箇所の特定、提体天端の亀裂検出を始めとした各事例について、全体を通じ実現象や実測データに対する各手法の適応性や精度についての議論は共通している。実際に、実現象・実測値に対する物理探査結果のイメージの整合性は大きな課題であり、特にユーザーにとっては最も関心が高い部分であるため、いずれの報告も貴重なデータが提供されたと考えられる。

今回の報告から、現状で特に実務への適用性が比較的高いと思われる、表面波探査による地盤改良効果確認に関する事例について紹介する。地盤改良原理により確認手法は異なるが、通常、改良効果は、改良前後のピンポイントのボーリング調査による  $N$  値や一軸圧縮強度  $q_u$

により所定の改良率・強度を満たしているかをチェックするが、それが改良範囲全体の代表値となり得るかが課題である。本報告では、セメント固化体に対し、造成前後の表面波探査結果と室内における  $S$  波速度  $V_s$  と  $q_u$  の関係から、表面波探査により  $S$  波速度構造を求めることで、セメント固化体全体としての改良効果の定量的な評価が可能であるとの結果が提示されている。しかし、表面波探査の適用にあたり、改良前後で測定コンディションの違いがある場合、 $S$  波速度構造が直接の比較対象になり得るか、あるいは、今回の結果では必ずしも改良範囲のみで  $V_s$  の増加が確認されたわけではないため、より適切な解釈にあたり、探査手法の精度・限界については整理すべき課題である。この精度・適用限界の議論については、他の活用事例や探査手法についても同様である。

### 3. まとめ

ボーリング調査等と違い、物理探査は間接的な手法ではあるが、非破壊で迅速にデータを取得できるメリットがある。しかし、地盤工学の分野では、まだ積極活用がなされていない感がある。物理探査を活用するにあたり、事象や対象構造物に対する適切な手法の選択が必須であるが、手法の精度や適用限界の整理を含め、より多くの活用事例報告が有用な情報になるものとする。活用事例が増えることで、設計への積極的な適用や他手法との併用等の発展性にも繋がると思われるため、今後もより一層の研究開発や現場での活用が期待される。

## 2. 調査・分類 SWS 系試験

下 平 祐 司

(一財)日本建築総合試験所 建築確認評価センター

### 1. はじめに

本報告では、サウンディング (SWS 系試験) のセッションについて総括する。本セッションで発表された7編の内容は、地震前後の SWS 貫入抵抗の比較、SWS の改良型の開発 (荷重の詳細計測、地下水位計測) および地盤定数 ( $N$  値、 $q_w$ 、 $\phi$ 、液状化抵抗) と SWS あるいは SDS (スクリュードライバーサウンディング) 貫入抵抗との比較である。

### 2. 研究及び技術動向

SWS は、簡便・安価で、かつ、支持力等を検討する上で便利な稲田式が存在もあって、戸建て住宅等の小規模建築物の地盤調査法として広く普及している。しかしながら、SWS の貫入抵抗は静的貫入 (圧入) 抵抗と回転貫入 (ねじ込み or 削り取り) 抵抗から成り、かつ、 $W_{sw}=1kN$  を境に抵抗要素が不連続となるため、この貫入抵抗を一貫して理論的に説明することは不可能であろうと筆者は考えている。この両抵抗の不連続を改善するために、常に両抵抗を作用させてトルクや沈下量を詳細に計測するように改良したものが SDS である。

SWS の複雑な貫入抵抗と地盤定数等との関係を把握するためには、地道にデータを収集して両者の相関関係を検討することが現状では最も確実な方法である。本セッションで発表された稲田式の再検討結果は、SWS の貫入抵抗を換算した  $N$  値を使って例えば杭の支持力を求めることの妥当性が改めて問われていると受け止めるべきである。一方で、地盤定数を介さずに直接的に杭の支持力等との関係を検討する研究も行われている。図は、15種類の先端翼付き鋼管杭の先端支持力と SWS の貫入抵抗 (稲田式による換算  $N$  値。ただし、換算  $N$  値は2以上であり、 $N_{sw}$  との相関とみてよい。) との関係を示したものであるが、バラツキは小さく高い相関性が認められる。

これと同様に、乱れの少ない試料の液状化抵抗と SDS から得られる指標との相関を検討した結果が発表されているが、試料の乱れの程度を確認しておくこと、および、重回帰式は説明変数が増加するほど相関性が向上するので、SDS から得られる指標の物理的な意味を明確にしておくことが必要と考える。

以上のほかに、研究の動向としては、SWS の高精度化と多機能化が挙げられ、SWS 計測と同時に実施できる地下水位測定法や  $W_{sw}$  の高精度測定などの提案があり、今

後の改良とデータの蓄積を期待したい。

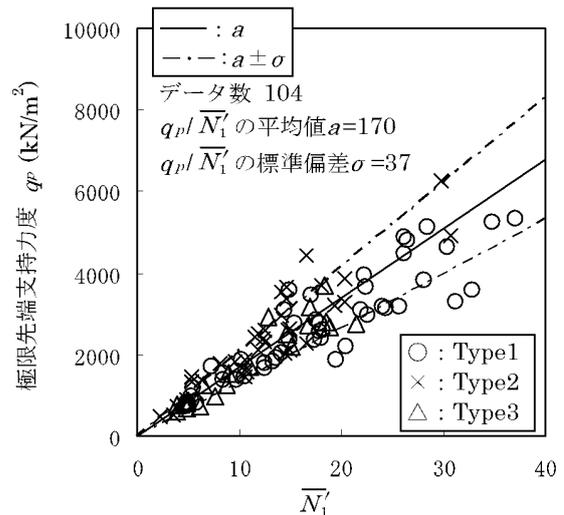


図 4 極限先端支持力と換算  $N$  値との関係 (砂質土、15 工法)

### 3. まとめ

SWS 系サウンディングの貫入抵抗機構の検討や、地盤定数あるいは支持力等との相関関係の検討をより進めるために、以下の2点を提案してまとめとしたい。

#### (1) 室内土槽実験の実施

SWS の貫入抵抗機構は複雑であるため、地盤のバラツキが影響する現場実験で確認できることは限られてしまう。室内で再現性の高い模型地盤を作製して地盤のバラツキの要因を除去した状態で SWS を実施し、 $W_{sw}$  (正味  $W_{sw}$ ) が  $N_{sw}$  に及ぼす影響等を明確にできれば、地盤定数等との相関の検討において新たな知見が得られる可能性が高まると考えられる。

#### (2) 地盤調査一斉試験の実施

単独で実施する現場実験では、詳細な土質試験を実施する費用等の負担が大きく、数多くの現場でのデータを蓄積することは困難である。今回の発表会で香取市での地盤調査一斉試験の結果が報告されているが、今後このような利害を超えた協働が数多く実施できるよう、学会が主体的な役割を担うことを期待したい。

#### 参考文献

- 1) 廣瀬竜也他：小規模建築物に用いる回転貫入杭の支持力特性に関する統計的検討，日本建築学会構造系論文報告集，vol.79, No.701, pp.933~939, 2014.7

## 2. 調査・分類 動的コーン試験

西 田 浩 太  
東亜建設工業株式会社

### 1. はじめに

本報告では、動的コーン試験のセッションについて総括する。本セッションでは、合計 8 編の発表があった。

### 2. 研究及び技術動向

2011 年の東北地方太平洋沖地震以降、公共構造物だけでなく、戸建住宅などの小規模構造物においても液状化判定の重要性が増しているものと思われる。発表内容は主として、液状化判定を目的とした  $N$  値の推定や試験装置の高精度化に関するものであった。

前半の 3 編 (No.97~99) は大型動的コーン試験 (SRS, Swedish Ram Sounding) に関する発表であった。コーンの先端形状や仕様が試験結果 ( $N_d$  値) に与える影響の検討 (No.97)、装置の自重低減を図り  $N_d$  値の精度向上を試みた成果 (No.98)、日本全国 10 か所以上から得たデータの分析結果 (No.99) など、内容が多岐にわたりどれも興味深い内容ばかりであった。No.99 の発表では、 $N_d$  値と  $q_u$  値の相関を直接示しており、データの蓄積が進んでいるという印象を受けた。

後半の 5 編 (No.100~104) は小型動的コーン試験に関するものであった。No.100 は DSPT (Dynamic Screwpoint Penetration Test) と改良型 DPM (Dynamic Penetration Test)

の  $N_d$  値の相関を示すと共に、試験結果を用いた液状化判定まで、一連の検討を示していた。液状化判定には細粒分含有率 ( $F_c$ ) が重要なファクターとなる。ピエゾドライブコーン (PDC) はその  $F_c$  を推定するために、間隙水圧計が組み込まれた試験装置である。No.101~104 はその PDC に関する発表であった。No.101 は先端コーンを拡張し、削孔径とロッド径の差を大きくすることで、ロッド周囲に働く摩擦力を低減し、高精度化を試みた検討結果であった。No.102~103 は先端コーン付近に荷重計を設置し、エネルギー低減を考慮した先端荷重を測定することにより、試験結果の高精度化を図った検討結果であった。No.104 は従来の PDC よりも更なる小型化を図った装置の事例紹介であった。とりわけ、No.102~103 に関して質疑応答が活発に行われ、エネルギー減衰に起因するのは何か (粒径か? 地盤としての固さか?) や、試験結果の解釈方法などに関して議論が交わされた。

### 3. まとめ

今回発表された内容はいずれも、液状化判定を原位置で、迅速に、高精度で、かつ安価に行うことを目的として積み重ねなれてきた研究、開発、検討の結果であった。今後の更なる成果を期待したい。

## 2. 調査・分類 新技術・堤体調査・他

高原 利幸

金沢大学 環境デザイン学系

### 1. はじめに

本報告では、サウンディング3「新技術・堤体調査・他」のセッションについて総括する。本セッションでは、小型動的貫入試験試験時の周面摩擦の解釈や摩擦音による細粒分含有率の推定方法が報告された。また河川堤防における効率的な管理区分として土質の同一性を調べる方法として比抵抗トモグラフィとの併用や、溜池堤体の同一性を推定するための統計的手法など幅広い新技術について報告があった。いずれも、点データから線や空間のデータへの高度化が求められていることが伺われた。

本セッションの報告数は8編で、動的貫入試験やスウェーデン式サウンディングによる土質判定が4編と半数を占めた。その他、同一土質分布の推定に関するものが3編、ベーン試験の基準変更の影響が1編であった。

### 2. 研究及び技術動向

東北地方太平洋沖地震で多くの埋立地等で液状化による被害が発生したため、液状化危険度評価の重要性が高まっており、他のセッションの動向を見ても、特に細粒分含有率の推定に関心が高まっているようである。これは道路橋方書などにある簡易判定法において細粒分含有率が必要であることから、推定法に関する需要が高まっていると推測される。

本セッションでも、動的貫入試験においては間隙水圧の他に摩擦音の周波数分析によるものが提案されていたが、純粋に卓越周波数の位置では土質が異なると細粒分の判定は難しく、パワースペクトルの形状や幅という情報が必要であり、今後の進展が期待される。スウェーデン貫入試験でも同様の摩擦音による判定が試みられており、こちらは原位置では回転速度を一定にしにくい関係からか、周波数分析ではなく時刻歴における音圧の実効値を用いた判定法が提案されており、液状化対象層か、圧密対象層か程度の判定には期待できそうであるが、中間土の判定は今後の研究が待たれるところである。

しかしながら、最終的に求められる細粒分含有率の推定精度の議論があまり無いようで、対象によっても変化するかもしれないが、どの程度の区分ができる必要があるのかについての議論も今後必要ではないかと思われた。同様に、液状化の簡易判定における細粒分含有率による補正式が、元々ある程度ばらつきのあるデータから想定して作成されたものであることを、今一度思い起こす必

要があるのではないかと

議論の中心とはならなかったが、小型動的貫入試験は粘性土地盤での周面摩擦力がかなり問題であり、現在のトルクの補正式が不十分であることが示されていた。現在でも一部では提唱されているが、粘性土と砂質土で補正式を変える必要があるが、従来の簡便な動的貫入試験ではサンプルを取得しないために土質判別が難しく、今回提案されているような摩擦音での判定など、三成分コーンよりも手軽な方法による判別は、より正確な貫入抵抗値を得るためにも役立つ用と思われる。

本セッションでのもうひとつの重要なテーマが、河川堤防や溜池の堤体などの人工的な土構造物の維持管理のための土質調査法についてであった。河川堤防は地震時にも大きな被害を受けるが、永年に亘り築堤が続けられているために堤体の土質構成は複雑であり、基礎地盤の地形分類も変化するため、同一の挙動を示す堤防区間を区分することは大変難しいが、現在の詳細点検結果をもとに1kmを同一区間として管理することには無理があることは明白である。このため、動的貫入試験に加えて電気比抵抗トモグラフィを援用した堤防の同一性の判方法断が提案されており、改めて互いに補完する複数の試験を組み合わせ、効率よく地盤空間を推定する方法を確立する可能性と必要性が示された。

また、溜池などの人工構造物における堤体では、おおよそ均一に作成されたと思われるにもかかわらず、ある程度のばらつきがあるようで、統計のAIC手法などを用いて最適な相関モデルの構築や、セミバリオグラムによる相関距離の推定などによる同一性の評価が行われていた。現在研究の緒についたばかりのようであるが、埋立地の評価に利用できる可能性があり、河川堤防においても地形分類的な区分と組み合わせると実用可能性が高まると期待される。

### 3. まとめ

本セッションでは貫入試験データの解釈、細粒分含有率の推定、地盤の同一性の評価方法が主に議論された。小型動的貫入試験における周面摩擦の影響は今後も引き続き検討する必要があることが示されたといえる。堤防の同一性の評価方法に電気比抵抗が有効であることが示され、今後の被害予測等に用いられることが期待される。

## 2. 調査・分類 香取一斉調査

澤田 俊一

応用地質株式会社 エンジニアリング本部

### 1. はじめに

本報告では、調査・分類（香取一斉調査）のセッションについて総括する。本セッションでは、地盤工学会関東支部において、平成24年度～26年度（3か年）で実施中の「各種サウンディングの液状化対策手法としての適用性に関する研究委員会（委員長：規矩大義 関東学院大学）で、既存文献等の収集・整理した結果より、サウンディングで液状化を判定するための課題に対する答えを得ることを目的に現地一斉調査を実施した結果報告を行った。

現地実験は、東日本大震災で実際に液状化被害があった「利根川右岸千葉県香取市の佐原河川敷」で2地点を選定して行った。2地点の内地点1は明治期より河川の深掘れ（12m程度）した箇所と相当し、昭和になってから浚渫された場所で、浚渫による緩い砂質土が分布している。地点2は明治期より河川の中州であった箇所、自然地盤の沖積砂質土が分布している場所である。

### 2. サウンディングの種類

参加企業と使用した試験機の種類や試験機名を、表1にまとめた。大別すると、動的サウンディングが6種類、静的回転貫入（スウェーデン系）が4種類、静的貫入（CPT系）が4種類、更にサウンディングと併用してサンプリングできる機種が3種類となった。実施したサウンディングの箇所数は、地点1で38箇所、地点2で67箇所、合計105箇所である。

これらの実施数量の内に本セッションで発表がなされたサウンディングの種類は、表2に示す試験機である。

表1 参加企業と試験機の種類や試験機名

分類	試験機名	参加企業名
動的サウンディング	DSPT、PDL	東邦地下工機
	簡易動的コーン	大阪市立大学
	ラムサウンディング	大和ハウス工業、応用計測サービス、ワイビーエム
	ミニラム	積水ハウス
	ピエゾドライブコーン	関東学院大学、復建調査設計、応用地質
	ラムダ、ベニー	ジェイディエフ
静的回転貫入サウンディング	SWS(全自動)	興亜開発、日東精工、日本建築総合試験所、報国エンジニアリング、積水ハウス、ワイビーエム
	SWS(半自動)	設計室ソイル・ランドクラフト、一条工務店、千代田工営
	SWS(手動)	東京都市大学
	SDS	ジャパンホームシールド
静的貫入サウンディング	サイズミックOPT	地盤試験所
	バイブレーションコーンVRT	産業技術総合研究所
	RIコーン	ソイルアンドロックエンジニアリング
	CPT	千代田工営
試料採取	バイブドリル式ボーリングマシン	サムシング、報国エンジニアリング
	ソイルキャッチャー	設計室ソイル・ランドクラフト
	土壌サンブラー	積水ハウス

表2 発表論文の内容と分類

番号	論文名	キーワード	発表者	分類
113	千葉県香取市佐原河川敷におけるサウンディング現地実験	サウンディング、液状化、砂質土	応用地質(株)、関東学院大学	全般
114	千葉県香取市佐原における大型動的コーン貫入試験結果	動的コーン貫入試験、地盤調査	大和ハウス工業、大阪市立大学、YBMサービス、ワイルコンサルタン	動的コーン
115	千葉県香取市佐原における中型動的コーン貫入試験結果	動的コーン貫入試験、現場調査、液状化	積水ハウス、大阪市立大学、地盤調査システム、YBMサービス	動的コーン
116	一斉試験における動的コーン貫入試験と標準貫入試験結果の比較	サウンディング、動的貫入試験、周面摩擦	復建調査設計	動的コーン
117	千葉県香取市佐原における小型動的コーン貫入試験の比較	現場調査、サウンディング、動的コーン貫入試験	大阪市立大学、東邦地下工機	動的コーン
118	CPTによる液状化予測(香取市佐原河川敷)	コーン貫入試験、液状化、塑性指数	(株)地盤試験所	静的コーン
119	千葉県香取市佐原におけるスウェーデン式サウンディング試験結果の比較	スウェーデン式サウンディング試験、現地調査、標準貫入試験	積水ハウス(株)、大阪市立大学、報国エンジニアリング、日本建築総合試験所	静的回転貫入
120	利根川下流域液状化被災地における物理探査および原位貫入試験調査	液状化、物理探査、コーン貫入試験	産業技術総合研究所	静的コーン(物理探査)

### 3. 研究及び技術動向

研究及び技術動向としては、地盤工学会「低コスト・高精度な地盤調査法に基づく宅地の液状化被害予測研究委員会（委員長：大島昭彦 大阪市立大学）」との宅地の液状化調査に特化した研究開発との協働もあり様々な観点からの一斉調査ともなっている。低コスト・高精度委員会では、宅地に対して標準的な地盤調査法であるスウェーデン式サウンディング試験に加え、最近利用が増えている動的コーン貫入試験を対象に、低コストのまま高精度に地盤強度と土質判定が得られるように試験方法を改良し、それに基づく液状化判定と被害予測手法を開発し、実用化に向けた検討を行うことをも目的としている。

表2に示す如く、動的コーングループと静的コーングループに大別される。動的コーングループでは、大型（63.5kg重錘）と中型（30kg重錘）さらには、小型（10kgもしくは5kg重錘）での深度方向への適用限界や補正による精度向上が議論された他、液状化判定のための調査手法としての適用性や従来法の結果の差異について考察している。

### 4. まとめ

低コストで高精度な地盤の液状化判定を行う調査手法としてサウンディングが注目されている。これまでサウンディングでは土質判定がネックであった。最近の研究及び技術動向では、土質判定を直接的・間接的に行う調査手法の開発を推し進めるグループや、簡易に実際の地盤の試料を採取する方法を開発するグループ等により、地盤の液状化判定を低コストさらには高精度に行うことを成果としている。この短時間で実施する簡易法による液状化判定法は、地盤情報を高解像度な情報とすることができ、より詳細な液状化対策の設計をも導くことが出来る技術となり、低コスト化が求められる戸建住宅に向けても有力な武器となり重要であるといえる。

## 2. 調査・分類 サンプルング

藤 堂 博 明

基礎地盤コンサルタンツ株式会社

### 1. はじめに

サンプルング（調査・分類）のセッションは研究発表会最終日最終セッションにもかかわらず30名以上の多数の出席者を得、質疑応答も活発に行われて盛況であった。本セッションでは7編の発表があり、そのうちの6編は土の採取技術に関するものであったが、既存技術の低コスト化、生産性向上、紹介、検証といった内容で、新たな困難に挑戦した発表はなく、「土のサンプルング技術は停滞している」かの印象を持った。が、まだまだ、取り組むべきテーマは多いと思う。例えば、国内の地盤調査実務ではオペレーターの老齢化や若年労働者の人材不足に対し、技術の伝承やサンプルングの自動化が課題であるし、サウンディングとサンプルング技術の一体化にも関心がもたれている。新しいサンプルング技術の評価・サンプルング技術の優劣の比較・オペレーターのスキルの認定などでは、わかりやすく正確な情報発信のために、サンプルの品質に関する更なる客観的かつ定量的評価技術の向上が必要であろう。海外では多くの国や地域で社会資本投資が伸びており、国内で発達した技術を提供しかつ普及させる機会も多くなってきた。また、メタンハイドレート、深海底堆積物、月や火星の表層物質などの、乱さない試料採取に挑戦するのも夢がある。

### 2. 研究及び技術動向

表1に総括表を示す。この中で筆者が興味を引いたのは第I分類の125番である。軟弱粘土のチューブサンプルングにおいて試料には一連の応力が作用しひずみを生ずることがよく知られている。ボーリングによる応力解放、チューブの押し込みによる試料の圧縮、チューブに取り込まれたときやサンプル回収時に作用する引張応力、運搬時や保管時に作用する種々の振動・熱・水分変化、試料押し出し時の圧縮や応力解放、そして間隙水圧変化などである。これら、試料が受けるひずみと応力を室内実験で再現して、試料の乱れを評価する研究が内外で行われてきた。今回は、「構造の発達した粘土」に着目し、チューブの押し込みと応力解放の影響を非排水せん断試験で検討している。乱さない試料の質の客観的・定量的評価につながることを期待したい。今回の論文について気になった点の幾つかを以下に示す。

- $K_0$ 圧密した供試体を原位置状態とみなし、徐々に圧縮軸ヒズミを与え、1%に達した時点で反転したのち1%まで引張ヒズミを与え、更に軸ヒズミを0に

戻してから、0.5%の引張ヒズミを与えた（図2）

が、チューブ押し込みとの関連を説明して欲しかった。

- チューブ押し込み時には、実際に1%もの大きなヒズミが生ずるのだろうか？
- 乱された「構造の発達した粘土」を再圧密すると、構造が修復され、非排水強度は回復するだろうか？
- 1%のセメント添加により現象的（応力ひずみ曲線）には構造の発達を模すことができたが、その時のミクロレベルでの構造の変化、Bonding、鋭敏比についても言及して欲しかった。

第II分類は採取が困難な土を対象にした2編で、採取技術の紹介と試料の品質の検証である。これらのサンプラーは数年前から地盤調査実務で使われている。123番は地質学的な試料の品質に関する発表であったが、今後、地盤工学的な試料の品質についても検証が望まれる。126番には、今回検証対象とした砂よりも空隙の多い北海道の火山灰に適用したい旨の要望が会場からあった。

第III分類の127番はボーリングで一般的な66mm径の孔を用いた小径倍圧型水圧サンプラーの紹介である。従来のサンプラーと比べて軽量小型であり、老齢化が進む国内の地盤調査現場では生産性向上に役立つと思うが、会場からは、普及が進まないという嘆きの声があがった。適用地盤の最大粒径や必要反力など、普及を阻害している理由をリサーチしてみてもどうか。

第IV分類は戸建て住宅を対象とした地盤調査におけるサンプルングである。戸建建築では、従来スウェーデン式サウンディングで得られる $N_{sw}$ 値で地盤評価がなされてきた。東北地方太平洋沖地震以降、サンプルング・土質試験も行ったうえで地盤を評価する動きとなっているが、低コスト圧力のため簡易なサンプルング手法が研究されている。3編の論文では、確立したサンプルング技術と改良した技術で採取した自然地盤の試料の品質を比較検討しているが、調査地点での自然地盤のバラつきが考慮されると説得力ある議論になったと思う。

### 3. まとめ

表1の総括表に示すように、今回の発表では多種多様な土質を対象にサンプルング技術とサンプルの質が議論された。今後も技術の改良が続くであろうが、数値解析や高精度の土質試験が普及した昨今の地盤設計実務では、精度の高い変形解析もまた日常的に実施され、その精度に応えるだけの質の高いサンプルが求められている。高品質のサンプルへの期待は依然として高い。

表 1 総括表

分類	番号	タイトル	論点 メリット ポイント	対象土	サンプルの質 に関する議論		サンプ リング 技術・ 手法に 関する 議論	議論の対 象となる サンプラ ーの種類	地盤工学 の発展に 寄与	感想
					地盤工 学的性 質	採取 率				
I	125	構造を持った粘土のサンプリングに伴う乱れの研究	サンプリング過程で土が受ける応力とひずみ	軟らかい人工粘土	○	—	—	—	研究の進展によっては可能性有り	乱れの定量的評価のためには、こういう基礎的な研究が重要と思う。
II	123	サンゴ礫混じり土の乱れの少ない試料採取事例	サンプリングが困難な土の採取技術	サンゴ礫混じり粘土・シルト・砂 (N<5)	—	○	○	微細気泡	すでに寄与した	更に困難な土のサンプリングに挑戦を。
	126	水溶性ポリマー溶液を混入した試料の非排水繰返し三軸試験		砂	○	—	○	GP		
III	127	小径倍圧型水圧サンプラーの土質地盤への適用性(サンプリング法の統一化に向けて)	小型化・軽量化による生産性向上	粘土・砂 (N<50)	△	—	○	小径倍圧水圧	—	普及が進まない要因は何か？
IV	121	簡易サンプリング手法による試料の乱れに関する研究(その1.概要)	戸建て住宅対象. SWSの器具または孔を利用した低コストのサンプリング技術開発	粘性土 (N=2-3) 地下水位より上	○	—	○	ピストン	—	自然地盤のばらつきを考慮した議論が望まれる。
	122	簡易サンプリング手法による試料の乱れに関する研究(その2.力学特性)								
	124	SWS孔を用いた開口型土質採取器の開発と原位置試験								

## 2. 調査・分類 地盤情報データベース①

若 林 亮

株式会社イー・アール・エス

### 1. はじめに

本セッションでは、地盤情報データベースを用いた地盤モデルの作成に関する研究や、地盤情報データベースの利活用に関する研究など、合計で6編の論文報告がなされた。

### 2. 研究及び技術動向

本セッションの6編の報告のうち、半数の3編が全国電子地盤図を利用した研究報告であった。全国電子地盤図は、科学技術振興調整費重要課題解決型研究「統合化地下構造データベースの構築」の分担研究において、地盤工学会の「表層地盤情報データベース連携に関する研究委員会（H18年度～H23年度）」により提起されたものである。具体的には、各地域における地盤情報（ボーリング柱状図データ）と学術的な情報（当該地域における既往研究成果、地質断面図など）を組み合わせ、250mメッシュの代表的な浅部地盤モデルを、全国統一基準で作成するものである。本セッションでは、栃木県内や平塚市内で電子地盤図を作成し、地盤特性の検討を行った事例、および東北地方太平洋沖地震により甚大な液状化被害を受けた浦安市において、地盤モデルの作成、地震

応答解析、および液状化判定を行った事例が報告された。なお、「地盤情報データベース②」のセッションにおける報告も含めると、全国電子地盤図の利活用が各地域で進んでいることが確認できる。

また、東北地方太平洋沖地震で被災した仙台市内の造成宅地における事例を基に、路線価に地盤情報（切土盛土情報）を補正係数として適用することを提案する報告があった。地盤情報データベースは、従来、地域の地盤研究や地震動予測・液状化予測などの目的で活用されることが多かったが、本発表は、地盤情報を経済的な指標に適用することを試みた興味深い報告であった。今後も、様々な分野で地盤情報が利活用されることを期待したい。

### 3. まとめ

近年、全国各地で地盤情報データベースの構築や公開が進み、それらを用いた研究や利活用事例も増えてきている。ただし、地盤情報データベースの構築に際しては、ボーリング柱状図データの収集やデータの品質の吟味に苦勞している例が多いのが現状である。今後、データ収集・蓄積の仕組みやデータの品質確保の取り組みが、一層進むことが必要である。