

2. 調査・分類

【地盤情報データベース①】

新潟大学 保坂吉則

1. はじめに

昨年度までは「全国電子地盤図の作成と利用に関する検討委員会」が統括するDSの中で、地盤情報データベースに関する研究発表がなされてきたが、今年度からは、個別の研究発表を対象とした一般セッションが設定された。本セッションはそのひとつで、発表内容は、前記委員会が進めている全国電子地盤図作成の成果発表を中心とし、関連するモデル化の手法やデータ解析に関連する諸問題の検討となっている。

2. 研究及び技術動向

全国電子地盤図整備の関連では、埼玉県南部の中川低地と大宮台地内の谷底低地、松江市橋北地区、川崎市海岸部の首都高横浜羽田線沿線をそれぞれ対象とした成果報告があった。

全国電子地盤図の柱状モデルは、基本的にはメッシュ間の連続性や層序が考慮されていない。本セッションでは、モデル化に際して地質層序を考慮する手法の提案があり、神戸市域を対象に、メッシュ間で連続した地層境界を設定し、モデル化を行った成果が提示された。このほか、理学ボーリングに基づいて大阪における洪積粘土層の変形構造を明らかにした報告もあり、表層地盤モデル作成に地質学の知見を織り込んでゆくことの重要性が本セッションで示されたと理解している。

利活用の一例として、電子地盤図を地震応答解析に活用する際、一次元解析ではともかく、二次元解析では、モデル柱状図を単純に並べるだけでなく、水平方向への層の連続性を考慮してモデル化する必要がある。したがって、地質的な関係を最初から考慮されたモデルがあれば、面的な展開がより容易になると考えられる。

現行の全国電子地盤図で提供される情報は、主に深度毎の土質と N 値である。液状化評価にはある程度利用可能であるが、たとえば圧密問題への利用となると粘土の物性が必要になる。本セッションでは、大阪、神戸・阪神地域を対象に、沖積粘土の物性データをメッシュ毎に求めた事例が報告されている。コンシステンシーや圧密パラメータ等の平面的な分布状況が示されており、沖積粘土層の地域特性を考察した内容は興味深い。

3. まとめ

全国を網羅するには至っていないが、電子地盤図の整備は漸次進められている。その推進に当たって、離散化した地盤情報を既往の地形・地質情報や地理情報と有機的に結びつけておくことがより重要となるだろう。このことを、本セッションにおいて改めて認識した。

【地盤情報データベース②】

金沢大学 高原利幸

1. はじめに

本報告は、「地盤情報データベース①」に引き続き行われた「地盤情報データベース②」のセッションの総括で、10編の発表が行われた。

全国的に整備が進められている「全国電子地盤図」の作成に関する発表が中心ではあるが、他のデータと複合的な組み合わせによって新たな防災指標を模索する内容が目立った。

2. 研究及び技術動向

10編中7編が全国電子地盤図の作成に絡んでおり、それ以外でも250 m メッシュを用いた研究が多く、実に8編が250 m メッシュを利用していた。ボーリングデータをそのまま用いて、統計解析による分布作成を模索したものはわずかに1編であった。2編は液状化判定の精度向上に向けて、地盤各層での液状化強度について室内実験による検討が含まれていた。

ボーリングデータが豊富な地域では、地下構造の推定にも十分使えることが示されたが、地方都市では十分なモデル作成が難しい現状も指摘された。ボーリングデータは地震応答解析を行うには掘進長が不十分なものも多く、このため比較的浅いデータでも解析が可能な液状化マップの作成が多く進められていると考えられる。液状化に関しては室内試験と推定式の関係なども整理されてきており、今後の精度向上が期待できるだろう。

日本海側など地質構造が複雑な地域では250 m メッシュでも不十分な場合もあり、標高データや地形区分とあわせた評価が求められる。近年のデータの充実とコンピュータの発達もあり、250 m メッシュにこだわる必要性は低下しており、わずか1編の発表であったが統計的な分布の推定とこれらの地形情報との組み合わせによって、より現実に近い地盤区分が可能になるのではないかと考えている。

3. まとめ

全国的な電子地盤図の整備は大変意義のあるプロジェクトであるが、作成自体が目的ではなく、将来の建設工事や防災に役立つようにしていかななくてはならない。このため、各発表もモデル地盤の液状化判定と実被害との相関など次のステップの検討に向かっていた。ただし、研究成果からは十分な相関が認められない場合もあり、今後の精度向上に向けて、問題点を洗い出していく必要があるだろう。

また、地方都市などではボーリングデータ登録数が少なく十分なモデル化ができないという問題点も指摘され

ており、地学的な堆積状況を考慮した地形区分と組み合わせでモデル化する必要があるだろうし、山間部のデータの取り扱いも今後の課題であろう。

【物理探査】

国土防災技術㈱ 柴崎達也

1. はじめに

本報告は、調査分類のうち、物理探査のセッションで、計10編の論文を対象とする。

2. 研究及び技術動向

物理探査に関しては、ボーリング及びサウンディング調査と併用することで、地盤の二次元及び三次元構造の把握の高精度化を図る取り組みが行われている。その中で、堤防の調査において電気探査と弾性波トモグラフィを同時に実施し、比抵抗と弾性波速度を解析できるシステムの構築に関する発表があった。両探査から得られた物性を複合的に解析して堤防の諸特性を推定する試みにつなげたいとしており、今後の被災堤防対策での実用化が期待される。また、ため池周辺の地盤において低水位期と高水位期の二時期に電気探査を行った事例が報告された。地盤の地下水情報や水分分布の把握に複数期での探査実施が有効であることが示され、一般的に一時期的のみで評価することの多い地盤調査の実務において同様の試みの必要性が認識された。

従来、天端での締固め度で管理されていた盛土の締固めに関し、法面での締固め度評価の必要性に問題意識を持って取り組んだ研究報告があった。効果的な締固め方法の検討と、重錘落下式たわみ測定装置（改良型 FWD 装置）による締固め度評価法の提案があった。

SWS 試験時に試験孔内の比抵抗計測を行うことで土質の判定精度向上を図ることを目的とした一連の研究の中で、室内試験に関する報告があった。人工配合土を用いた室内試験において土及び間隙水の比抵抗から土質の簡易判定の可能性が示唆されており、今後実地盤での検証を望みたい。

その他の発表では、微動アレー探査及びその応用であるチェーンアレー探査を用いて軟弱地盤の分布性状を把握した事例、焼却灰最終処分建設予定地となっている谷底堆積物の分布状況の調査に表面波探査を活用した事例、河川構造物周辺の地盤のゆるみ・空洞状況をレーダ探査により把握し補修計画に役立てた事例、埋蔵文化財の調査で高密度表面波探査を実施し、過去に埋め立てられた「空堀」とみられる地盤の落ち込み状況を把握した事例が紹介された。また、疑似地盤板を用いた PS 検層装置を開発し、弾性波速度を場所打ち杭の孔壁地盤で計測した研究報告があった。

3. ま と め

物理探査は、調査目的、地盤構成、求められる探査深度などに応じて適切な探査方法を選定する必要がある、

適用限界を十分わきまえて調査に当たる必要がある。研究発表会では効果的な探査事例が数多く発表されていることから、実務で調査提案する上で参考にできる事例が多い。物理探査のデータと併せて、現場条件、ボーリング調査データなども詳細に明示して頂き、ユーザー側が有効性を判断できる資料を蓄積することで、効果的に積極的な活用を図っていきたい。

【地盤の可視化、画像解析】

日本大学 重村 智

1. はじめに

このセッションは、大別すると1) 画像解析を用いた施工管理、維持補修及び現象解明、2) 物理探査による地盤の可視化、3) X 線 CT による地盤材料の非破壊検査に分類され、その多くは近年開発された画像解析手法あるいは探査方法を実務に応用した発表であった。

2. 研究及び技術動向

1) 画像解析に関する研究は6編あり、うち三次元の画像解析に関する研究が4編あった。1つは OpenCV による画像処理から得られる視差を利用したバラスト道床の密度測定（試験孔の体積測定）の研究で、測定精度に改善の余地はあるが水置換法に代わる手法として今後の進展が期待される。また、画像の特徴点を自動探索する SIFT を利用した舗装路面の三次元形状復元に関する一連の研究が3編あった。損傷した舗装路面の経済的な測定手法の確立を目指し、汎用型デジタルカメラを用いて種々の測定環境（昼夜、走行速度）で検討した結果が報告された。他方、二次元の画像解析に関する研究は2編あり、1つはロックフィルダムの施工現場でのロック材の粒度管理にデジタルカメラの画像解析を応用した研究で、粒度試験に比べ迅速かつ簡便に同等の精度の粒径加積曲線を入手できることが報告された。また、サブピクセル精度の画像解析手法である CCIP 法を二次元の支持力実験に適用した研究では、地盤の変位、ひずみが精度よく計測できることが報告された。

2) 物理探査による地盤の可視化に関する研究は2編あり、1つは省力型三次元電気探査法を用いた地中の可視化に関する研究であった。複数の二次元探査結果を基に逆解析して三次元地盤構成を把握する同手法を用いて実地盤の空洞等地下構造を三次元的に可視化できた事例の紹介があった。また、音響トモグラフィを用いた地盤構成の二次元的把握に関する研究では、解析精度の向上の必要性に触れつつも調査の主目的である遮水壁根入れ先端付近の層の湾曲を捉えたことが報告された。

3) X 線 CT による地盤材料の非破壊検査に関する研究として1編、高松塚古墳版築の内部構造の把握に関する発表があった。内部構造の直接的観察から得られている版築の突き固め工法による密度差を、医療用の低出力の X 線 CT スキャンにおいても捉えることができることが示された。今後、比較的大きい土質材料でも非破

壊検査としての役割を果たせることが示唆された。

3. ま と め

このセッションでは、施工管理や維持管理における調査や管理への画像解析技術の応用に関する研究、また、物理探査等による地盤の可視化に関する研究であったが、いずれも今後の展開に期待できるものであった。

【サウンディング（静的）】

東亜建設工業(株) 平林 弘

1. はじめに

本セッションにおいては、スウェーデン式サウンディング（SWS）試験とスクリュードライバーサウンディング（SDS）試験に関係する研究及び技術について、合計9編の論文発表がなされた。

2. 研究及び技術動向

2011年の東北地方太平洋沖地震以降、小規模構造物を対象とした地盤調査においても液状化判定の重要性が指摘されていることもあり、発表内容は主に、液状化判定を目的とした土質判別並びに N 値の推定、及び液状化判定に関するものである。

戸建住宅などを対象とした宅地の基礎地盤調査において SWS 試験が一般的に実施されているが、砂礫など硬質地盤での貫入力不足という課題がある。また、液状化判定に必要な地下水位の確認と土質の判別は、従来の方法では困難である。貫入力不足への対応として、ハンマドリルを用いてスクリュポイントを動的貫入させ、貫入時間から N_{sw} を推定する方法、パイプロドリルを用いて N 値を測定する方法について発表があった。土質判別に関して、スクリュポイントと地盤間の摩擦音からの推定、試験孔を利用した地下水位測定時の水位変化状況からの推定について発表があった。現時点では概略の土層判別が可能という状況ではあるが、液状化判定には詳細な土質判別が必要であり、細粒分含有率 (F_c) の推定精度向上という点で今後の進展が期待される。

SDS に関する発表は、試験装置、液状化判定に必要な繰返し応力比の推定、及び貫入メカニズムについてである。試験を中断することなく地下水位を試験中に検出できる装置に関しては、迅速に信頼できる地下水位を測定できる方法として今後期待される技術である。

そして、SWS による N 値と q_u 値の推定式について最近のデータを用いて再検討した発表があった。提案当時とは調査方法・試験方法とも精度面で異なることが明らかであり、一般的に用いられている関係式でも問題ないのかを今一度確認しようという姿勢は高く評価できる。

3. ま と め

液状化判定において現在では得られた試験結果を N 値に換算しているが、得られた結果から直接液状化を判定する手法を開発・提案していく必要があると考えられる。

最後に、質疑応答の中、 N 値と細粒分含有率に基づいて現行の液状化判定が行われているが、本当にこれだけで十分なのかという意見があったことを記しておきたい。

【サウンディング】

(株)シーズエンジニアリング 西村真二

1. はじめに

本報告はサウンディングに関するセッションの9編について行う。本セッションは主に普及タイプではないいわゆるマイナーなサウンディングについての発表がなされた。

2. 研究及び技術動向

サウンディング調査は、ボーリング、標準貫入試験及び室内試験の標準的な地盤調査メニューに対して、それを補完し簡易化することを目的に発展してきた。宅地を中心としたスウェーデンサウンディングやラムサウンディング、静的コーン貫入試験が普及型のサウンディング試験として知られている。これに対して本セッションで発表されたサウンディング手法は、事業者の目的や対象地盤の特殊性などの個々の事情を反映したユニークなものとなっている。しかし、その開発動機には簡便性、利便性の確保が基本的な背景となっている。

NO. 165のため池の堤体を対象としたBST試験やNO. 167の法面の傾斜地盤の調査を目的としたねじり探査杖は、対象地盤へのアクセスを考慮して簡便性を追求して開発されたものである。いずれも地盤のせん断強度 (C, ϕ) を求めることが目的となっている。またNo. 166においてはダイラトメーターが手法の簡便性からリバイバルされている。

利便性という意味では他の目的で実施される調査や施工に付加して実施することにより「ついでに」有用な情報を得ようとする試みがなされている。NO. 168の打ち込み式注入管は薬液注入を目的に管を地盤に貫入する際の抵抗を測定することによって換算 N 値を得ようとするもので「ついでに」の典型であろう。NO. 170の動的コーン貫入試験の引き抜き力測定やNO. 172のSPS試験は、別目的の調査・サンプリングを実施する際にルーチンで行われる作業の一部に注目してそこに測定を導入することにより、より多くの地盤情報を取得するものである。

特に動的コーン貫入試験の引き抜き力測定は、所定深度まで完了した主調査の回収作業として必然に行われていたロッド引き抜き作業時の抵抗力を測定することにより、排水条件での抵抗パラメーターのみならず主調査の結果と併せて、簡易型サウンディングの不得手な土質分類まで企図されており今後の発展が楽しみな手法の一つである。

3. ま と め

地盤はローカリティの高い自然材料であるから、調査

手法の標準化にこだわらず、適材適所のユニークな手法の提案は今後も積極的になされるべきである。その中から標準手法たり得る優れたものが出現する可能性もある。関係各位には今後も旺盛な開発精神を維持・発揮されることを祈念します。

【サウンディング（動的）】

積水ハウス㈱ 深井 公

1. はじめに

本報告の対象は、調査分類 サウンディング（動的）の9編の論文である。

2. 研究及び技術動向

現在、SPTと比較すると簡易に実施できる様々な動的コーン貫入試験方法(Dynamic Cone Penetration Test: DCPT)がある。特にISOのDPSH-Aに対応する大型動的コーン貫入試験(ラムサウンディング)やDPMに対応する中型動的コーン貫入試験(ミニラム)については、地盤工学会で標準化作業が行われている。

また、2011年3月11日に発生した東日本大震災の大規模な液状化被害から、宅地に対する液状化判定・被害予測のための地盤調査方法の開発が大きな課題となっている。

本セッションではDCPTによる地盤パラメータの推定向上のために杭の動的載荷試験を適用させることを念頭に置きながら、模型乾燥砂地盤で模型コーンに静的・動的載荷試験を実施された報告が2編なされた。先端形状の差による貫入機構の差を明らかにする等、DCPTの精度向上に寄与する研究に発展することが期待される。

中型動的コーン貫入試験機(ミニラム)をベースに動的貫入時に先端コーン付近の周辺地盤で発生する過剰間隙水圧を計測することで、液状化判定に必要な細粒分含有率 F_c を連続的に推定するPiezo Drive Cone(PDC)に関する報告が6編なされた。さらに、宅地に特化するために調査機械を小型化した μ PDCは時代の要請を受けたものであり、興味深く、完成度を高めていただきたいと感じられた。

最後に、大型動的コーン貫入試験による N_d 値と N 値・ q_u 値の相関性に関する論文が1編発表された。数多くのサウンディングデータと物理・力学試験データを整理され、 N 値と N_d 値の関係式、 N_d 値と q_u 値の関係式が示されている。数多くの調査数を要し、敬意を表すべき内容となっている。今後もデータの蓄積を期待したい。

3. ま と め

東日本大震災の液状化被害から住宅地での地盤調査や液状化判定方法に注目が集まっている。今まで宅地での使用頻度は低かったDCPTではあるが、地盤工学会で標準化されれば、宅地の地盤調査として適用されていく可能性が高いと考えられる。

また、DCPTを発展させ、原位置で土質を見極め、液状化判定するPDCは注目度が高い。

住宅地ではコストメリットのある地盤調査方法が求められており、今後の更なる研究の発展が望まれる。

そのために、静的サウンディングを含めた各種地盤調査の結果の相関性や適用範囲を見極めていくためのデータの蓄積が重要であると思われる。

【サウンディング（守山市調査）】

大和ハウス工業㈱ 平田茂良

1. はじめに

本報告は、滋賀県守山市の琵琶湖大橋東側で液状化危険度が高いと推定される砂質土地盤と湖成粘土が堆積する粘性土地盤を対象に実施されたサウンディングに関する合計8編の論文を総括する。これらの研究は、宅地の液状化判定を低コストかつ高精度で行うことを目的に実施されたものである。

2. 研究及び技術動向

大型動的コーン貫入試験に関しては、3編の論文が発表された。打撃装置自重を低減した改良型試験機と従来の試験機による調査結果の比較において、打撃装置自重が試験結果に大きく影響を与えることが発表され、打撃装置自重を制限する必要性について議論が行われた。試験孔を利用した土質サンプリングについては、細粒分含有率を過少評価するなどの課題が残されており、今後さらに改良を重ねることで精度の高いサンプリング手法の確立を期待したい。

小型動的貫入試験に関しては、4種類のPENNY, DSPT, PDCPT, SHについて3編の論文が発表された。PENNYと並行して実施された表面波探査によるS波分布から液状化の評価結果を二次元的に可視化する発表については、今後の実用化に向けた進展を期待したい。

静的コーン貫入試験に関しては、2編の論文が発表された。動的コーン貫入試験のロッド周面摩擦の影響を推定することを目的として、静的コーン貫入試験のロッド軸方向に生じる周面摩擦を計測した結果について発表があった。

3. ま と め

東日本大震災では、東京湾岸の埋立地や利根川流域を中心に、広範囲の宅地で甚大な液状化被害が発生した。この震災被害を契機として、宅地の低コストで高精度な液状化判定に対する社会的な要求が高まってきた。特に宅地調査の実務では、地盤調査に費やすコストや時間的な制約から、SWS試験や本セッションで発表された比較的簡易に実施できるサウンディングによる液状化評価に着目され、評価精度を向上させる研究が進められている状況にある。当然、これらのサウンディングは、それぞれ貫入能力や貫入メカニズムが異なり、その適用限界を十分に認識して、結果の解釈を行う必要がある。また、

液状化評価の精度を高めるためには、近年整備が進められている地盤データベースを活用して、サウンディング試験結果を補うことも今後は有効な手段と考えられる。

【一般】 ダイチ(株) 矢野 亨

1. はじめに

本セッションでは、「調査ボーリングのコア採取技術」に関連する論文が多く、その他、「TMB工法のディスクカット摩耗量」「大深度ボーリングの掘削パラメータ管理と孔曲がり」「パイプロドリル掘削と乱れの少ない試料」についての発表がなされた。

本報告では、これらボーリング技術に関する事例を中心に総括する。

2. 研究及び技術動向

ボーリングの技術は年々進歩しており、一昔前では気泡発生装置を用いて採取した「乱れの少ない高品位のボーリングコア」が、近年は通常のボーリング工法においても採取できるようになってきている。

本セッションでは、高品質コアボーリングによって得られた地質情報により、地すべり調査等において、すべり面の判定の精度が向上したという発表や、「定方位」のコアボーリング技術で得られた地層の三次元的情報（地層の走向傾斜など）により、地質構造の解明に役立ったという発表があった。

「定方位ボーリングコア」は、より多くの地質情報が得られるため、今後期待したい技術であるが、現段階では多くのコストを要するため、実績はまだ少ない。

また、ボーリングオペレーターの技量にすべて委ねるのではなく、現場条件を考慮した掘削パラメータの管理を行うことで、長尺ボーリングの孔曲がりの抑制やコア採取率を向上させるという発表もあった。従来「職人の勘」としていたものを数値化し、ボーリング掘削技術に役立てようとするものである。

3. ま と め

地下不可視部の把握を目的とする「地質調査ボーリング」は、採取試料を直接観察するため、できるかぎり現地盤の状態を忠実に反映している方がよい。

これまでに十分経験を積んだボーリングオペレーターでしか採取できなかった「高品位のボーリングコア」は、掘削技術とそれに伴うボーリングツールの進歩で、より多くのボーリングオペレーターが採取できるようになった。これにより、ボーリングコアから得られる情報の質、量ともに向上している。

一方、ボーリングオペレーターは年々高齢化しており、「後継者がいない」といった問題も少なからず生じているという。

技術があってもそれを継承する者がいないのでは、地質調査そのものが立ち行かなくなることが想像でき、今後の課題と言える。

【サンプリング】 (株)キタック 佐藤 豊

1. はじめに

本報告は、調査分類のうちサンプリングのセッションで7編の論文である。

サンプリングは、原位置から室内土質試験を行うための試料を採取するもので、室内土質試験の精度を左右する最も基本となるものである。

2. 研究及び技術動向

本報告は、大別して民間企業のサンプリング技術の小型化・省力化に関する研究と大学関連のサンプリングチューブ形状等の土質試験値への影響に関する研究でサンプリングの高精度化に関わるものに分類される。

建築関係では、これまで数多く行われた機械ボーリングによるJGS1221「固定式ピストン式シンウォールによる土資料の採取方法」等の方法ではなく、建築関係の調査で基本となるスウェーデン式サウンディング試験機を用いるサンプラーの開発研究が報告された。この新型サンプラーを用いた土質試験結果と規定されたサンプリング法による土質試験結果との比較を行い、両者の値（物理試験、一軸圧縮強さ）に差異がないことが報告された。ただし、サンプルデータ数や土質の不均一性などから十分な比較が行われていないと考えられることから、今後のデータ蓄積・分析が必要と考える。

大学関連の研究報告では、サンプリングチューブの刃先角度、口径の相異による土質試験への影響について比較したデータが報告された。物理試験、せん断試験では両者に差異がないことが報告された。サンプリングチューブの押し込みにより発生する試料の塑性域は、チューブの壁から水平方向に2mm程度までであることが報告されたが、鉛直方向では刃先に近い部分では押し込みによる試料の変形量が多くなり、乱れが大きくなる傾向にあることが報告された。

3. ま と め

本研究発表会は、民間企業のサンプリング方法の小型化・省力化に関する研究と大学関連の高精度化に関する研究が報告され、本発表会は互いの研究を検証する良い場面であったと考える。民間企業は、高精度化に関する研究報告をもとに実践での試験データを数多く蓄積することでさらなる技術の検証、さらなるサンプラーの開発研究が行われるものと考えている。

本報告から、サンプリングされた試料は、刃先に近い部分では乱れを受ける傾向にあることから、圧密試験等は刃先から離れた位置で実施することで、原位置に近い試験データが得られるものと考えている。今後、サンプリングチューブ引き抜き時やチューブから試料を取り出す時の影響を研究・評価することで、採取した試料のどの部分でどの試験を実施するかを規定することも可能と考える。結果として、精度の高い土質試験値の提供につながり、性能設計へ反映されるものと考えている。