

8. 地盤調査—現場から見たこの10年—

さか い かつ お
酒 井 運 雄

基礎地盤コンサルタンツ㈱ 酒井研究室 顧問

1. はじめに

技術の進歩は、関連技術や産業の発展に支えられて進化し、その向かう方向は、その時代のトレンドによって決まる。今日の社会的トレンドは、環境・エコ、そして安全・安心が見える形に、次は、安く・早く、電子・ウェブ化、精度・信頼性の確保、そして、かっこ良くと言えそうだ。

また、地盤調査に直接かわるトレンドは、建設から保守点検、保全・再生、防災、土壌・地下水汚染などのへ要求が高くなっているが、地質調査総量は1990年代の半分近くになっている。このような時期こそ、革新的進歩を期待したいものだが…。

ここでの地盤調査の範囲は、主に建設関連の現場調査の段取り、管理、サウンディング、ボーリング、サンプリング関連などを対象とした。

2. 現場調査の段取りと管理

ここでは、現場調査を始める前の計画準備や仮設、現場管理などについて、この10年、何が変わってきたかについて感覚的ではあるがピックアップしてみた。

各種データベースやウェブなどのインフラの整備により、事前に各種情報を収集して、より確度の高い計画が可能になった。また、ISO システムなどの導入により、品質レベルのそろった仕事ができるようになった。

安全計画・管理については、より遵法レベルがアップした。例えば、高さ2 m以上の架設作業台では手すりの設置が義務づけられているのが、作業台作成後に手すりを作るのではなく「手すり先行法」なども行われるようになった。

ボーリング泥水などの廃棄物処理もトレーサビリティをさらに充実させ（環境マニフェストの作成）、また、現場持ち込み資器材には、土壌・地下水汚染物質などを含有しないことの証明など、より厳密に行われるようになった。

電子・ウェブ化インフラの利用では、成果品の電子納品システムはかなり定着しつつあるが、電子野帳システムは、これから期待される状態である。現場記録写真などは、電子編集により質・量ともに充実されてきた。これらは、コスト対効果が普及のカギになっている。

3. サウンディング

標準貫入試験（以下 SPT と略記）は、本来この手法

により得られる地盤情報の価値より何倍も高い技術的評価で設計に利用され、数10年間、我が国の地盤調査手法のトップに君臨していることには変わりがない。SPT で精度上問題視されていた打撃エネルギーに関しては、自動落下装置の普及により一応クリアーできる状態になった。

スウェーデン式サウンディングは、すべて人力で行うものであったが、10数年前から自動化研究が進められ、国交省告示第1113号が平成13年に告示されたことにより住宅敷地の定番調査手法になった。研究開発も精力的に行われ、信頼性や作業性が格段にアップした。

コーン貫入試験には、動的コーン貫入試験（以下 DCPT と略記）、電気式静的コーン貫入試験（以下 CPT と略記）などがある。DCPT には液状化強度の評価もできるピエゾドライブコーン¹⁾などが提案されている。一方、CPT の主体は、三成分 (q_t, f_s, p_w) 測定であるが、これに弾性波速度²⁾、側圧³⁾、密度⁴⁾他の測定も一部で行われるようになった。さらに T-bar, ball コーン⁵⁾や地盤環境モニタリングコーン⁶⁾なども開発されている。

原位置ベーンせん断試験は、軟弱粘性土の粘着力を求めるシンプルな原理の方法であるが普及度は低い。SPT のシューに突起を付けて回転させることで N 値と原位置せん断強度 τ を同時に求める N ベーン試験もごく一部でしか利用されていないのが現状である。

孔内水平載荷試験は、最近、削孔による地盤の乱れを少なくできるセルフボーリング式 SBP が再評価されてきた。ほかには多連セル型プレッシャメーター法⁷⁾の開発や静的平板載荷試験よりも簡便な落錐試験法 FWD⁸⁾が実用化されてきた。

このほかに、孔内加圧せん断試験 (SBIFT⁹⁾、同 SD 型¹⁰⁾がある。孔壁へのステップ載荷と上方向へのせん断載荷の繰返しから c, ϕ, E を求める試験法が実用化されてきた。また、粗面の超緩勾配・断面欠損型ソンドの定速貫入による定ひずみ制御型の横方向載荷・せん断試験で c, ϕ, E などの連続測定を可能にした MST 貫入試験法¹¹⁾が提案されている。また、削孔しながら各種の地盤情報を測定する MWD (Measurement While Drilling) 法が数種類開発されてきた。MWD 法は、適用範囲が広く将来性の高い分野であるがいまだ普及レベルには達していない。

4. ボーリング・サンプリング

一般的な地盤調査に用いられるボーリング工法と資機材は、この10年間、ほとんど変化はないが、環境調査分野では、従来の土質調査では地盤を乱すので禁じ手とされてきた工法などにアンカーリングされることなく、各種工法が提案され実用化されている。キーワードは、無水削孔、ハンマリング・パイプロ削孔（とサンプリング）などで高速化を可能にしている（採取試料の品質規定は使用目的により異なることに注意）。

高度な力学試験用サンプリングは、高品質化、適用地

盤の拡大などが求められ、多くの研究開発が行われてきた。中でも特筆すべきことは、細粒土の流出防止のため、循環流体の流量と流速を適正に抑える工夫（流量制御装置や専用の小型ポンプの採用など）、そして、ビット周りの流路・形状・材質などのデザイン（循環流体が試料に接しないような回路など）の工夫で、今まで採取が困難であった礫質土でも、何とか採取できるようになった。

循環流体に着目すると、ミスト（泡，KIHO）やストレートエアボーリング（サンプリング）などは、現在も徐々に進化し、泥水とミストのハイブリット化や界面活性剤と微細気泡と水を混合したものなどで適用性を広げている。また、泥水には各種の添加剤が用いられてきたが、最近では地盤調査の削孔にもポリマーを添加することが増えつつある。

増粘剤、潤滑剤としてのポリマーのトライボロジ的な適用例を以下に示す。通常の循環流体としてではなく、高濃度ポリマー液が採取試料の体積分だけ自動的に押し出される非循環式で（ゲルプッシュ式）、潤滑剤としての役割の他にコア表面でのゲル化による試料の保護作用により、砂質土、礫質土の高品質サンプリング法が実用化¹²⁾されるようになった。

この他に、スリーブ内臓サンプラーの進化は、実務上非常に役立っているが、最近では、簡易な試料採取用に打込みパックなどが良く使われている。これは取り扱いが容易で、かつ多様な地盤に適用できるためである。

砂の不攪乱試料採取法として、真空吸引式ボーリングにより円筒状に掘削しながら、その中に試料収納管を圧入して試料を採取する工法¹³⁾なども開発されている。

二重管式サンプラーでは、遊星歯車を用いて、ロッドの回転を切削用外管に伝え、サンプラー内管の回転を抑えるためのロッド外管を地上までつなぎ、孔口で回転を阻止するサンプラー¹⁴⁾なども開発されている。通常、サンプラーヘッドに内装したベアリングではトルクの伝達を完全には阻止できずに内管が回転することで品質低下が懸念されている。そのため、多くの開発がなされているが、遊星歯車式以外には実用化されていない模様である。

最近では、ボーリング孔径 $\phi 66$ mm で実施できる小径 ($\phi 45$ mm) の水圧ピストン式サンプラー¹⁵⁾が開発され、各種現場での試験結果が数多く発表されている。また、固定ピストンの代わりにコーンを装着して、CPT 機能兼用のサンプラー¹⁶⁾も開発されている。

参 考 文 献

- 1) 澤田俊一・塚本良道・石原研而：間隙水圧測定を伴う動的貫入試験法—その1 試験方法・装置—，第39回地盤工学研究発表会，pp. 1927～1298，2004.
- 2) 北條 豊・三浦房紀・兵頭正幸・宮坂享明：「多成分コーン貫入試験法の適用限界及び試験結果の解釈」，第39回地盤工学研究発表会，pp. 515～516，2004.
- 3) 小林泰三・落合英俊・安福則之・大嶺 聖・油野俊也・端野幸輔：周面側圧測定コーンの試作と強度定数推定法の提案，第43回地盤工学研究発表会，pp. 235～236，2008.
- 4) 和田光邦・新舎 博・池野勝哉・吉村 貢：RI コーンによる真空圧密改良地盤の状態測定，第43回地盤工学研究発表会，pp. 149～150，2008.
- 5) 中村明教・臼井哲也・深沢 健・菊池嘉昭・水谷崇亮：T-bar ペネトロメータの開発と超軟弱地盤への適用，第39回地盤工学研究発表会，pp. 105～106，2004.
- 6) 織田幸伸・渡部要一・土田 孝：地盤環境モニタリングコーンの開発，港湾技研資料，No. 975，2000.
- 7) 庄司光宏・増田和夫・塚本良道・石原研而：「5セル型プレッシャメータより得られる土質パラメータ」，全地連「技術 e フォーラム2006」，No. 112，2006.
- 8) 杉本敏彦・長澤正明・川崎廣貴・村松幸夫：全自動地盤剛性評価システム（SFWD）による空港造成泥岩地盤の剛性評価，第43回地盤工学研究発表会，pp. 167～168，2008.
- 9) 前田良刀・落合英俊・市川博康・豊岡義則：ボーリング孔内を利用した地盤の原位置摩擦強度試験，土木学会西部支部研究発表会，pp. 746～747，1996.
- 10) 豊岡義則・湯川浩則・酒井運雄・前 宗孝：SD-FPT から得られる地盤情報に関する考察，第39回地盤工学研究発表会，pp. 523～524，2004.
- 11) 前田良刀・田上 裕・豊岡義則・坂手道明・立川日出男・酒井運雄：新しい（MST）コーン貫入試験による E , c , ϕ の測定，土と基礎，Vol. 55，No. 11，pp. 23～25，2007.
- 12) 柳沢希実・金子 進・酒井運雄・谷 和夫：水溶性ポリマーの濃厚溶液を用いた乱れの少ないサンプリング，第38回地盤工学研究発表会，pp. 137～138，2003.
- 13) 近藤悦吉・尾崎克之・有井光明：吸引式ボーリングによる砂質土の不攪乱試料採取法の開発，第38回地盤工学研究発表会，pp. 615～616，2003.
- 14) 菅原紀明：ロータリー式サンプラーの必須条件とその実際，硬質土のロータリー式サンプリング技術と物性評価に関するシンポジウム，pp. 117～122，2000.
- 15) 正垣孝晴・渡部国弘：小径倍圧型水圧ピストンサンプラーと試料の品質，土と基礎，Vol. 44，No. 11，pp. 13～16，1996.
- 16) 正垣孝晴・中野義仁：コーン機能を有する倍圧サンプラーとその適用性，土と基礎，Vol. 54，No. 4，pp. 13～15，2006.

（原稿受理 2009.10.5）