

我国における試料採取法と現地試験の最近の進歩

森 田 紀 元*

土質試料の採取と現地における地盤の試験は、建設計画および設計上の資料をうる目的のみではなく、ここ数年間めざましい進歩を見せた土の工学理論の技術的な応用に、また理論そのものの発達のために第一歩の出発点となるもので、精度の高い測定法、信頼度の高い観察結果は、自然の堆積を対象とする土の工学にとつては他の工学部門とは比較し得ない重要性をもっている。このため現地 (in situ) 試験並びに試料採取技術は、土の工学理論と平行して進歩発展をなし、特にここ数年の発達はいちじるしいものがあるが、ここではわが国で行われた研究成果を中心として最近数年間の進歩の模様をふり返つて見たい。

1. 現地土性試験 (sounding)

いちじるしい発展と改良を見たものの一つに現地土性試験がある。Cone-penetrometer による土性調査法は、迅速、低廉等の高い実用性ととも、地盤を構成する土質の変化を鋭敏に知ることができ、また土質を連続的に明らかにし得て、試料の採取並びに土質試験による標準調査法では見落としやすいわずかな変化まで正しく表示しうるすぐれた性能を持つている。特に変化の激しい成層の地盤および複雑な変化の多い地盤の調査では最もすぐれた成果が得られることが明らかにされ、細部の研究も行われ、その結果近年注目すべき成果が発表されている。すでに知られているように、動的貫入試験と静的貫入試験の両者ともさかんに用いられているが、後者では、その貫入抵抗の理論解明も行われている。また前者では、理論的な解明とあわせて載荷試験その他との対応より、実験式が提案されている。さらに地盤とロッドとの間の摩擦抵抗の測定の精度を高めるために、貫入の際のロッドの周面摩擦と、先端抵抗とを分離しておの別々に測定する目的で外管 (Friction-gasket) をつけた Cone-penetrometer が発表された (Begeman)。また同様な目的で静的並びに動的貫入のいづれにも用いられる、外管つきの Cone-penetrometer も同時に発表された。(Haefelie) Cone-penetrometer による地盤の比密度またはコンシステンシー、セン断強度、鋭敏比等の測定の理論的解明も試みられ、またサウンディングと平行に行われた載荷試験その他より一層信頼性を高めうるよう細部の改良も行われ、これにともなつて現場での利用

は先進国特にスウェーデン、オランダ、スイス等において注目すべきものがある。

わが国でも Cone-penetrometer の研究は行われ、基礎の支持力の調査、鉄道路盤調査の目的に静的貫入試験器が発表され (鉄研: 池田: 室町) たほか、不かく乱試料採取に技術的に困難の多いごく軟弱な粘土のセン断強度および鋭敏比の測定の適応性の研究 (土研: 谷藤他) も行われた。また地表面より比較的浅い部分の土性判定のために小型の Cone-penetrometer が提案され、道路路床の支持力、舗装の設計に応用されている (土研)。前記のように先端抵抗と周面摩擦抵抗が分離して測定するならば、杭基礎工、ケーソン工等の深層基礎工法の解析を一層明かにしうることを期待するものであるが、前記 Friction-Jacket-penetrometer はこの目的を満足しうるもので、多数の抗の載荷試験と対比して研究され、杭の支持力判定の上に注目すべき成果をあげている。この方面の研究の第一人者 Dr. Begemann が本春来朝され、同氏の penetrometer の実物に接し、また同氏の真剣な調査に接しえたことは感銘の深いものを残した。この事は必ずこの方面の研究に強い推進となるものを感じ、研究の進歩が期待されるものである。

2. Vane Test

Vane Test は地盤が適当な場合は、現地でセン断抵抗並びに鋭敏比の測定の上に信頼性の高いすぐれた試験法である。その性能のすぐれたものであることは本器の発表当時より認められ、特にスウェーデン等の北欧および英国では最も広く用いられていたが、最近米国でもその迅速性と経済性が認められ、標準打込試験に代つて実用されるようになった (E. N. R.) わが国でもかなり広く利用され Vane Test による測定値を設計に用いた例が多数発表されている (土と基礎・土木学会誌)。

先に述べたごく軟弱地盤に対しては Cone-penetrometer と対比して研究され (土研)、また試験に際し、ベーン抵抗を自記せしめて測定の誤りの起ることを除き、また自動的に機械摩擦をキャリブレーションして正確さをえようとする測定装置の改良も提案 (村山・畠) され実用されている。Vane-Test はたしかに信頼すべきよい方法であるが、しかしあまりにもその測定を過信して、不かく乱試料と、その試験値との間に生ずる相違よ

*大阪市立大学助教授, 理工学部

り、土質試験に対して不当な不信を抱いたり、不適当な地盤状態に対して適用する誤りを犯すことは厳にいましめなくてはならない。わが国の地盤に対しての Vane-Test の適応性の研究と実用にあたり、応用範囲の指様を一日も早く、権威ある機関に依つて行われるべきことを希望する。

Vane の肉厚、翼長、ロッド径、貫入深さ等の地盤の乱れにおよぼす影響は前記の適用範囲とあわせ研究を要するものと考えられ、また Vane-Test が適当と考えられる、軟弱な粘土地盤にしばしば発達している細砂、またはシルトロームの存在は、試験に誤差を生じやすい。しかしベーン押込時における抵抗の変化はかなりロームの存在を知らしめるものであるから、サウンディングロッドと同様な押込抵抗の測定によつて、ロームの存在位置を知ることとあわせ、測定の誤りを除く上に効果があるのではないかと考えられ、この面での研究も望まれる。

3. 標準打込試験

土質試料の採取とあわせて、地盤のセン断抵抗の概要を知ることができるもので米国で主として発達した。特に Prof. Terzaghi によつて土の工学の全ての部門に広い応用の途が開かれているので、わが国でもきわめて盛んに用いられている。わが国の地盤に対する適応性やその他への応用についての研究も発表されている（村山、他）。

打込みに用いるスプーンを標準よりも薄肉のものを用いる試験方法も提案されているが（Tschebotarioff および其の他）あまり実施されてはいない。わが国でもこの種の方法の提案があつた（森、土と基礎）。比較的軟い粘土やカク乱に敏感な粘土では標準打込試験ではそれ以下の地盤を乱すことがいちじるしく、またごく弛い砂でも同様に乱しやすいものであるが、このような地盤で薄肉のスプーンの打込み試験がむしろ良好な結果を与えるものではないかと考えられ、少なくとも多数の採取孔を必要とする場合の Test-Boring として研究の必要を感じる。標準打込試験は、貫入抵抗の理論的解明の上の不明確さや、その他多くの未知の点を残している、けれども、それによつて少しも実用的な価値を減ずるものではない。砂地盤にはもとより粘土地盤にも、不かく乱試料採取に先立つて行われる Test-Boring として、またその補助ボーリングとして、今後ますます広く用いられるものと思われる。しかし砂地盤での貫入抵抗と打撃数との間の関係は地方的な特異性があり補正を要することは提案者より指摘されているところである。この方法が広く用いられているだけに、わが国の地盤に対しても、各地ごとに載荷試験、Sounding その他との平行試験を行なつて補正することが望ましい。

4. 試料採取法

乱されない土の試料採取は土質土学の研究にも、また実用を目的とする土質試験においても欠くことのできないものとして古くから必要が認められていたが、Hvolslev の広汎詳細な研究によつて、サンプラーおよび採取方法に正しい指針が与えられた。近来用いられているサンプラー並びに採取方法は全くこれに従つて行われている。今日広く用いられているのは、固定ピストン型サンプラーでわが国でもこの型が用いられている（鉄研型および建研型）。サンプラーの押込みは地上で巻上ウィンチ、ロッド送り水圧器を用いて行うものが普通であるが、サンプラーヘッドをピストンとして作用せしめ、試料管をおおう外管とヘッドとの間に圧力水をロッドを通して送り、これをヘッドに作用せしめて押込みを行うものも発表され（Osterberg, E. N. R.），わが国でもこれと原理を一にする採取装置（森、土木技術）も用いられている。

粘土地盤を連続して採取しうるならば、試料両端に残るかく乱部を除くことによる採取能率の低下を防ぎ、またロームの存在や土性変化の状態を容易に観察することができ、試料として最も望ましいもので不かく乱試料採取の理想である。この理想をほぼ実現したものにスウェーデン S. G. T. の Foil Sampler がある。早くより紹介されながら言語の障害によりその詳細は知り得なかつたが、同研究所を国際土質および基礎工学会議に出席の途次訪れた屋塾、村山両教授の視察並びに同所に留学した福岡氏のきわめて詳細な報告によつて、他のすぐれた性能のサンプラーとともに紹介され（土と基礎）、細部迄知り得たことは喜ばしいことで、この面へのわが国での研究も期待されるところである。

採取方法についてもかなり改良が行われており、特に孔壁の防護に、粘土の乱れをとめないがちなケーシングの使用を重液を用いる方法に変えたことも一つの進歩であり、これにともなつてコロイド懸濁剤の研究も行われている。

砂地盤もごくゆるい場合は上記のサンプラーで採取され、また強いもろい粘土および締つた砂地盤は複管型のロータリー式が用いられているがこの方面では注目すべき研究はないようであるが、わが国大都市の地盤構成よりもこの面での研究が望まれる。砂地盤の不かく乱試料採取はほとんど行われていない。砂地盤のもつている不均質性は代表試料の土質試験を実用的価値の低いものにするので、おそらくは今後とも実用上の目的で砂地盤の不かく乱試料採取が行われることはないものと考えられる。このことより研究目的等よりは不かく乱試料採取を望まれながらもいちじるしい進歩を期待し得ないものと思われる。

レキ質地盤には今日のところ不かく乱試料の満足すべ

き方法は見出されていない。砂地盤より一層変化の多いことが考えられるレキ地盤に対し、不かく乱試料採取の努力が向けられないのは当然というべきであろう。むしろ迅速に大量の乱れた試料を採取することに向けられており、優れた性能の採取器も紹介されている(福岡)。わが国ではレキ質土の乱れた試料の採取もあまり関心を持たれていないが、重要構造物の支持層にあてられることが多いのであるから判定の正確をうるにたる十分な試料の採取が望まれる。

5. 透水試験と間隙水圧の測定

地盤の透水性の測定は揚水試験と観測井による方法並びに単井内の水位上昇の測定による方法が行われている。

迅速かつ経済的に測定するために長さの異なつた溝よりの浸透量を測定する方法(松尾, 赤井)が提案されたが、地表近い浅い部分の透水度の測定にはきわめてよい方法である。同様な原理による他の方法も提案されている。アイソトープを用いて地下の浸透流を追跡する方法も行われているが、一般に用いられるガイガー計数器によるほかラヂオオートグラフを応用する方法も研究されている(村上, 他)。

間隙水圧の測定も重要構造物の基礎、粘土地盤の予圧縮および土堰堤等の施工管理に欠くことができない測定技術である。わが国でも以上の目的に現場に設置された工事例が多数報告されている。在来用いられた管形に代つて円板型のピエゾメーターも製作されているが水圧の急変に対する敏感さにすぐれた特長を示している。またこれにともなつて、在来行われた圧力水を導いて、ブルドン計またはマノメーターで測定することに代つて電磁型測定器も数種提案され、遠隔集中測定自記記録等にすぐれた性能を示している。わが国でも電磁型の発表もあるが電気部品に欠点が認められ改良すべき点が多い。しかし東京および大阪等地下水位の異常な低下地帯での間隙水圧測定のために、この種の間隙水圧計の改良が期待される。

6. 土圧の測定

古くより用いられた圧縮空気を用いる Goldbeck 型土圧計その他はわが国でも現場および大型模型の土圧測定に用いられ(運研:市原), また土圧計に改良も行われている。またこれに代つてヒズミ計を用いた土圧計も考

案され、さらにヒズミ計の配置を抵抗ブリッジ配置として鋭敏性と精度を高める改良が行われている。

また振動弦を用いて土圧を測定する方法も実施して良好な性能を示した(鉄研:斎藤, 針生)。いずれも今後の改良により、ますます信頼性と高い精度の測定が期待されるものである。

7. その他

現場における含水比の測定も、アルコール乾燥による実用性が確かめられた(松尾)ほか電導度の変化によつて測定しようとする方法も提案されている。石膏等の water-tension の変化を電氣的に計測する方法は興味ぶかく、施工管理の上にもただちに応用しうるものとして発展が期待される。

その他空中写真測量の土質工学への応用、電気探査および弾性波探査の器具の改良はいちじるしい。これらの改良された装置が輸入されたことはわが国での研究改良に大きい役割を果たすものと考えられる。

8. 結 び

以上ここ数年間この分野におけるわが国の進歩発展のあとをふりかえつてみた。限られた文献と中央を離れかつ不敏な筆者には、記載した以外にすぐれた研究を知らずして書きもらしたことも多いと思われ、研究者の御寛恕を乞うものである。

現場の測定および試料採取は土質工学部門では何よりも重要性をもっていることをここで再び強調したい。そしてその進歩は研究室との密接な関連においてのみなしとげられる。先にのべた Dr. Begemann がその Friction-gasket cone penetrometer の支持力への応用に、2,000 カ所以上の載荷試験を実施してそのデータの解析を行われているのは、現場試験のあり方を示すものとして、わが国の現状にかんがみ感銘深いものがある。測定並びに試料採取はいかに装置器具が改良されても、熟練した土質技術者によつて取扱われなくてはなんらの価値がない。わが国の現況はこの点決して満足とはいえない。これまで述べたわが国での進歩は前途に明るい期待を与えるものであるが、なお先進諸国に比するとき決して満足すべきではないであろう。土質工学者の現場への進出と現場測定や、試料採取に当る現場技術者の土質工学的な指導訓練に一層の努力を願うものである。