地盤の調査について

On the investigation of the foundation

阿 部 正 宏 (Masahiro Abe)*

1. ま え が き

先に本誌に発表(阿部, 1984)した“岩盤の評価について”の資料について、読者から岩盤・地盤調査の具体的な指針なり資料との話がでた。浅学非才な私には到底その責務は果せないが、要望にお答えする意味で私の考え方の一端についてのべたい。

2. 地盤調査の重要性

土質・基礎工学において、地盤調査がいかに重要なものであるかは、誰もが認めていることである。従って地盤の調査にあたっては、その目的に沿って事前予測をたて、その予測にもとづいて調査を慎重に、かつ確実にこなうことである。さらに大切なことは、その調査によって得られた資料・情報を正しく解釈して、適切に工事(構造物の設計・施工)に対して反映させることであろう。

地盤・岩盤は、一見複雑で千変万化のように土木技術者の方々には見えるようであるが、決して無法則に成立っているものではない。必ずある地質学的条件のもとで、地質学的な法則にもとづいて形成されたものである。

地盤は形成されるときに自然の環境条件のもとでできるし、地盤形成にあつかった営力の違い、環境や変化の違い、ならびに形成後現在に至るまでの地質学的な経過の違いによって、種々の地盤ができていく。

基礎工学の面からみると、地盤や土は自然のものであって、その性質は複雑である。上部構造物等は人工のものであって、単純化した数値で現わしたり、計算モデルに乗せることが可能であるが、地盤や土ではむづかしい。

いいかえると、地盤や土の本質をどのようにして正しく把握し正しく解釈して、工学的な設計や施工にどのように応用し或いは利用できるかということであ

る。工学的によく“良好な地盤”“不良な地盤”とか、“複雑な地盤”“単純な地盤”という言葉がつかわれるが、これらの違いはすべて“地質学的条件”によってできる。

3. 調査の進め方

地盤の大局的な区別について、山地や丘陵地域では、従来、地質図(時代、岩相等)から大まかな判断をしている。しかしながら、第四紀の新しい時代の堆積物を主としている台地や沖積低地になると、地質図だけからの判別はむづかしくなる。このため既存の地形図や地盤図・地質断面図や、ときにはボーリング柱状図等の地質資料から大よその判断をして、その地点での地質状況を推測しているのが現状である。

地盤地質の大別けと、地質の成り立ちがわかれば、その地点での地盤のもつ基本的な性格、地層や岩石の硬軟、固結度、均一性等の地質構成の概要と基盤までの深度等については、ボーリングやその他の調査を実施する前に、大よその推定予測をたてるのが可能である。

地質学の基本の1つである“地質図・地形図を読む”技術は、地盤調査を行なう技術者にとっては、最も必要なことである。また、この技術をマスターしなければならない。

設計施工にあたっては、地盤常数を決めねばならないので、調査に入る前に地盤の概略をつかむことは、地盤調査計画を立てるための必須条件である。

先の資料“岩盤の評価について”の中では硬い岩盤の評価についてふれたので、今回の資料は多くの構造物の設計施工で対象となる軟らかい地盤について概説することにしたい。

地盤地質調査の問題点と進め方については、本誌第77巻8号(阿部・工藤, 1982)、ならびに土質工学会(1966, 1968, 1969, 1972, 1982)および参考資料とし

* (株)長谷地質調査事務所

(昭和60年2月13日受付
昭和60年2月27日受理)

て最後に列記した刊行物を参考にしていただきたい。

4. 軟弱地盤での調査法

一般に、軟弱地盤を調査する場合には、必ず将来の軟弱地盤処理に対する設計計画の基礎資料となる調査でなければならない。

第四紀層の分布している地域で、特に沖積層とよばれている、きわめてやわらかい砂層や、粘土やシルトのような微細な粒子に富む岩相で構成された地層・土層は、地耐力が小さく、僅かの荷重で地盤沈下している。土と基礎の問題を取扱う技術者は、軟弱地盤に対しての地質的知識が要求される。

一般に軟弱地盤の判断基準としては、第1表のN値を利用する方法がよく使われている。

軟弱地盤の定義は、N値のみで判断するものでなく、むしろ強度（一軸圧縮強さ）試験が容易に実施できるので、これにより判断すべきであろう（矢部，1982）。第1表に示したように、各機関ごとに軟弱地盤の判定がわずかながらちがっているが、一応、N値4以下を軟弱地盤と考えて、さらに詳細な検討を試みるべきであり、N値のみで軟弱地盤の調査は終りということとは適当でない。

第四紀層の沖積層と洪積層で、いかに強度がちがっているかの例として、小林（1982）による、N値のちがいを粘性土と砂質土について第1図に示した。

粘性土のN値をみてみると、沖積層では、N値は0～2のものが主で、ほとんどが5以下である。洪積層

第1表 N値による軟弱層の判定

分野	軟 弱 層 の 判 定	基準
道路	粘性土・有機質土 砂	N値4以下 N値10以下
	粘土 層厚10m未満 層厚10m以上 砂・砂質土	N値4以下 N値6以下 N値10以下
河川	粘土 砂	N値3以下 N値10以下
鉄道	層厚 2m以上	N値0
	層厚 5m以上	N値2以下
	層厚 10m以上	N値4以下

基準の番号

1. 日本道路協会「道路土工軟弱地盤対策工指針」昭和52年1月
2. 日本道路公団「設計要領第一集，第二集」昭和45年，昭和55年
3. 日本河川協会「建設省河川砂防技術基準（案）調査編」昭和51年6月
4. 日本鉄道技術協会「土構造物の標準示方書の作成に関する研究報告書」昭和38年

ではN値が3～10のことが多い。砂質土の場合も、沖積層と洪積層ではN値の出現頻度が異なっていることがわかる。

土質関係の技術者は、粒子の詰まり方を“間隙比^{**}”という言葉で表現している。砂では間隙比が0.5～0.9程度であることが多いが、粘土では2～4程度となり、

第1図 沖積および洪積層のN値（小林，1982）

腐植土では10を越える場合もある。“含水比**”をみても、砂が10~30%程度であるが、粘土では60~130%、腐植土が入るに従って含水比がふえ、なかには1,000%に近いものもある。このように、沖積層は含水量によって地盤の強度がちがってくるし、地層のもつ工学的性質も著しくかわってくる。軟弱地盤の調査

第2表 調査手順(阿部ら, 1980)

第3表 軟弱地盤の調査の目的と調査項目

目的	調査項目
① 盛土荷重による基底破壊の有無とその安全率を知る	(1) 軟弱層の深さ (2) せん断強度(粘着力) (3) 強度増加率
② 盛土荷重による沈下量と沈下速度を知る	(1) 軟弱層の厚さ (2) 排水条件 (3) 地下水位, 地下水压 (4) 密度 (5) 圧密特性
③ 問題となる区間延長を知る	(1) 軟弱層の深さ (2) 軟弱層の広がり

は, いろいろの調査(たとえばN値, 載荷試験, 物理試験等)を総合して実施する方向にむかっている。

軟弱地盤での調査手順の一例をつぎの第2表(阿部ら, 1980)に示した。

また, 調査の目的によって調査項目に若干のちがいがあるので, これらの関係については, 第3表に示す。

5. 災害対策調査

軟らかい地盤・岩盤で, 斜面のり面の崩壊, 地すべり, 落石・崩落, 土砂礫の流出(土石流)現象がみられ, 最近では, 地震に伴った, 噴砂・流砂現象, 山津波等による災害がよく発生している。

災害対策調査は, 建設省・農林水産省が中心にかなり進められつつある。災害対策調査については, できる限り基礎調査から詳細設計までを一つの流れとしてとらえて調査する必要があるが, しばしば地形・地質調査を主体としている調査と, 設計・対策工を主体とした対策事業とが別途同時に行なわれていることが多いのは残念である。

地すべり調査をみても, 地すべり地域内での調査に集中し, 地域に関連する地すべり地域周辺(地域外)の調査がなされていないことが多い。すべった地盤とすべっていない地盤との地質・地形・植生面などの差についても究明すべきと考えられる。最ものぞましい災害対策調査のフローチャートを第2図に示す。

災害対策調査では, 既存の資料からのみ最終判断を

* 間隙比
$$e = \frac{V_a + V_w}{V_s} = \frac{V_v}{V_s}$$

V_a : 空気・水蒸気等の気体の体積 V_v : 間隙体積
 V_w : 水の体積 V_s : 土粒子体積

間隙率
$$n = \frac{e}{1+e} \times 100(\%)$$

** 土の含水量は, 一般に含水比で示す(JISA 1203)。

第2図 災害対策調査フローチャート (国際航業 株, 1976)

することはなるべく避けるべきである。現地調査を主体とする地形・地質・植生のくわしい基礎調査と水の動きに関する調査を必ずおこなわなくてはならない。先にあげた第2図のフローチャートと重複するところがあるけれども、災害調査報告書作製の一般的流れを第4表に示す。

ここで特にのべておきたい事は、災害調査の場合に、地質学において従来はそれほど重要視されていなかった表土・崖錐・風化物といった表層を形成している軟らかい物質の分布、物性、成因などの検討が必須であり、現在では、最も関心がもたれ研究が盛んになっている地盤工学の課題の1つである。また、近年環境アセスメントの問題もクローズアップされ、環境整備調査の方向にも発展しつつある。

6. 調査の内容

方法についてはいくつかの方法があるが、一般的にはつぎの3つのステップで進められている。

第1ステップ……空中写真判読による地形・地質調査。既存の資料との対比。

第2ステップ……写真判読による予察をもとにして現地調査を行う。目的とする位置(地域)での地形・地質条件を明確にする。以後の精密調査の要・不要の判断もふまえて現地調査を行なう。

第3ステップ……詳細設計に必要な地質資料をうる

ための調査。土木地質の調査(ボーリング調査、弾性波・電気探査、土質試験、水質試験など)。つぎに構造物の地盤・岩盤の調査にあたって把握する主な項目については、つぎのようなものが挙げられる。

- 岩盤の種類、硬さ、割目の状況等。
- 表層物質(表土、崖錐、風化層)の性質とその厚さ。新鮮な岩盤までの深さ。
- 斜面の安全性。
- 軟弱地盤の性質と概略の深さ。

また、精密調査が必要であると判断された時には、第5表に示すような各種の方法による調査がおこなわれる。

以上で軟らかい地盤・岩盤についての調査の進め方についての基本的な方法を概説した。

不完全な資料であるが、調査にあたっては、地質学、鉱物学・岩石学の基礎知識を十分に反映できるような調査計画をたて、地盤・岩盤の特性を把握することのできる調査を実施することであろう。

7. おわりに

地盤・岩盤の特性を把握するためには、先の資料(阿部・工藤, 1982)でもふれたが、第3図に示した多くの方法がある。

土質工学の分野では、10年位前まで地盤の地質学、

第4表 災害調査の手順（国際航業㈱，1976）

岩石学など地球科学的側面からの考察の重要性の理解が十分ではなかった。しかし最近では、地盤・岩盤の調査に際して地質学、岩石学の関わり方が非常に密接になってきている。多くの土質工学専門家は地質学・鉱物学・岩石学をかなり深く学ぶべく努力している。歴史科学を学んだ地質技術者は、地盤の特性を把握するため、地盤の地質学・鉱物学・岩石学の面を考察するだけでなく、それらの結果を土質力学的な面からの定量的洞察とむすびつけることができるように積極的勉学と訓練が急務である。

最後に、本資料をまとめるに際して、有益なご指導とご助言を賜った埼玉大学工学部建設基礎工学科地盤水理実験施設関陽太郎教授に厚くお礼を申し上げます。

参考資料

本文中に引用されていないが、地盤調査を理解するための資料も併せて列記した。

阿部正宏, 茨木 茂, 松下治人, 松岡 功(1980), 宮城県岩沼市周辺に発達する軟弱地盤の施工のための調査の方法とその解析, 土と基礎, 28, 12, pp.

第5表 土地質精密調査項目（国際航業㈱，1978）

工 種	使用 機 器	調 査 目 的	仕 様
ボーリング	ロータリー式 ハンドフィード機 オイルフィード機	地質とその相対強度、 支持層、地下水位、滞 水層の把握	オールコアリング、標準貫入試験 (JISA 1219) 地下水位、支持層（N値）の確認
標準貫入試験	標準貫入試験器	N値より相対強度の把握 採取した試料から地質 の把握	JISA 1219にもとづくボーリング と併用し、0.75mまたは1mごと に行ない、地質柱状図にまとめる。
簡易ボーリング	オーガーボーリング (0～5m)	表土、ローム、シラス 等の表層地質の把握	GL～5m程度の地質の確認 (軟質で礫を含まず、崩れない地 層)
スウェーデン式 サウンディング	スウェーデン式 サウンディング 試験器 (0～15m)	表層の相対強度の把握	荷重100kgまでの貫入量およびハ ンドルの回転数の測定結果と柱状 図作成（礫の少ない第四紀層や風 化層）
弾 性 波 探 査	弾性波探査器	表土、風化層の厚さ、 地山の地質状況、力学 的性質の判定	受振点間隔3mで走時曲線、地層 の速度断面図作成 (上位より下位が高速層の場合 に有効)
試 堀	スコップ ツルハシ (約3～4m)	地質状況、支持層の確 認	代表試料の採取、地層断面の展開 図を作成
岩 盤 試 験 土 質 試 験	超音波速度測定器 剪断試験器 圧縮試験器	岩石中の弾性波速度の 測定 岩石、土の強度の測定	弾性波探査結果と合わせた亀裂係 数の予想 試験結果一覧表

第3図 基礎地盤の静的・動的調査の流れ図

- 30-40.
- , 工藤 浩(1982), 土木地質学における土質力学. 岩鉱, 77, 8, pp. 290-304.
- (1984), 岩盤の評価について. 岩鉱, 79, 8, pp. 334-343.
- 土木学会編(1974), 土木工学ハンドブック. 技報堂.
- 土木学会岩盤力学委員会(1977), ダムの地質調査. 土木学会.
- 土質工学会(1966), 軟弱地盤の調査・設計・施工法.
- (1968, 1982), 土質工学ハンドブック.
- (1969), 土質試験法.
- (1972), 土質調査法.
- 池田俊雄, 室町忠彦(1967), 路線土質調査法. 山海堂.
- (1975), 地盤と構造物. 鹿島出版会.
- 小林幸男(1982) 建築基礎構造におけるN値の考え方と利用例. 基礎工, 10, 6, pp. 33-39.
- 国際航業 ㈱ 災害対策調査グループ(1976), 路線の災害対策調査. 国際航業 ㈱ 技術資料, No. 1, pp. 1-48.
- 地質海洋事業部(1978), 空中写真判読による送電線路の地形・地質調査. 国際航業 ㈱ 技術資料, No. 2, pp. 1-37.
- 湊 正雄(1954), 地質調査法. 古今書院.
- 宮崎政三, 高橋彦治(1970), 土木地質学, 共立出版.
- 大久保雅弘, 藤田至則(1964), 地学ハンドブック. 築地書館.
- 大矢 暁(1973), 基礎地盤の調査, 基礎と地盤. 土木学会.
- 武田裕幸, 今村遼平(1976), 建設技術者のための空中写真判読. 共立出版.
- 矢部正宏(1982), N値の利用について. 基礎工, 10, 6, pp. 26-29.
- 山田剛二, 渡 正亮, 小橋澄治(1971), 地すべり・斜面崩壊の実態と対策. 山海堂.