

あるかを認識し、その問題の解決によって得られる効果があらかじめ大体推定できるようにしなければならない。これは、本委員の行動範囲を越えた大きく重要なテ

ーマと考えられるが、この分野の理論系列の構成ないしは十分な進歩も、広い浸透もあり得ないように思う。

(1969.9.27)

## 岩の力学委員会

岩の力学委員会委員長 小野寺透\*

動かざることいわおのごとしという観念が、土木工事が大規模になるにしたがって、ぐらついてきた。それと同時に、岩の工学的性質の解明が必要になり、岩石力学という分野が流行病のように世界中に広まって岩の工学的取り扱いが急速に進展してきた。文化のために地盤を最高度に利用しようとする人類の努力の一つであり、数十年前の土質力学から、現在の土の工学への輝かしい進展を回顧させるものがある。

土も岩も、おもに鉱物粒子からなり立っている集合物であって、地盤を構成している。このうち、常識的な意味で“やわらかい”ものを土、“かたい”ものを岩(石)と呼んでいる<sup>1)</sup>。

土とか岩とかに、特別なかわりを持たないで生活している人々は、土は“やわらかい”ものであり、土の“やわらかさ”は雨などによって変わりはするが、その変わり方にも大した違いはないように思っている。しかし、現場とくに基礎工や土工に従事している者は土にも“やわらかい”ものから“かたい”ものまでさまざまなものがあることをわきまえ、それぞれの工学的性質に応じて設計・施工を行なっていることは周知のところである。

他方、岩石や地層の呼び名は成因に従ってつけられた地質学的な名前であって、岩石の工学的な性質とは、端的にいえば、無関係の呼び名である。この岩石にはずいぶん“かたい”ものからそれほどかたくないものまで、いろいろの種類があることは、一般の人に比較的知られているにもかかわらず、技術分野でのこの“かたさ”に対する対応は、事業目的あるいは工事対象別に経験的にはなされてきたが、岩全体の工学的性質を一貫して系統的に取り扱うことは、抽象的に過ぎ現場的でないという理由から、あまり取り上げられていなかった。

さて、土はどこまで“かたく”なっても土なのであるうか、もしそうであれば、どんなに“かたい”ものでも土質力学の教えるところで処理していけるはずである。しかし、いわゆる岩には、土質の試験方法は適用しようにも適用できない。水と混ぜるだけで、構成粒子の結合

が解かれるものが土であって、そうでないものが岩石であるという人もある。土質工学の手法ではどうしてもスケールアウトしてしまうように、カチカチに“かたい”“岩石”でも、水に入れると吸水してドロドロな粘土になってしまうものもある。これは、条件によって土でもあり岩でもある一例である。

風化花こう岩・変質花こう岩とマサ土とは一続きのものであって、どこにも両者を区別すべき明確な限界はない。これは、岩であっても土質工学の対象となるもう一つの例である。

土の構成粒子のだんだん大きいものを考えてみると、玉石や転石の集合物は、土質試験法や土の工学的手法が適用されるような土といえるかどうか。同様に土の中に大きな転石が散在している集合物は、何と呼ばれ、どんな工学的取り扱いをすればよいのか。これは土と岩との中間あるいは連続的な取り扱いが必要であることを示す例である。

一方、均質等方で連続体と見なすことのできる岩は、少なくとも地表や、いちじるしくは深くない地下工事ではほとんど存在しない。多くの現場で対象となる岩は、断層や割れ目・地層面によって、さまざまな程度に分断され、これらの中に岩片や土や水が、これもさまざまな様式で入りこんでくることがしばしばある。こうなると、岩体や地山の工学的性質は、これを構成している岩石のそれとは、関連するが別個のある集合物の性質になる。ここに、岩の工学は不連続体または異方性体の工学であるという見方も出てくる。しかし土質もミクロに見れば、やはり不連続体であり異方体であるので、要はわれわれが関心を持つ構造物の大きさと土または岩の組織・構造の大きさととの相対的問題に帰する。ここに、基本的に土と岩とは別々にでなく、連続的に考えることがきわめて自然であることがわかるはずである。

土の工学的取り扱いでは、まず一般的包括的な方法がとられ、これから次第に個々の、それから特殊な土質へまで分派してきたことと、まさにちょうど逆の方向を、岩の場合は、取ってきたといえる。

このように見てくると、物質としても、またその集合物としても、土と岩の中間的なものがずいぶんたくさん

1) 山についている石を岩といい、山から離れてしまったものを石という。学術的な意味を持ったものとして考える時には岩石と呼ぶ。漢字はうまくできている。

\*埼玉大学理工学部教授・理博

## 研究委員会

んあること、現場で実際に出合う場合はむしろその方が多いといえることがわかるであろう。いわゆる軟岩や破碎帯の問題、風化・変質花こう岩からマサ土の問題、多くの岩の水中掘削における問題等々すべてそうである。岩の多くの場合には断層や割れ目や地層面の間隔が切取り高、ダムその他構造物の基礎、トンネル断面など、普通の土木構造物の大きさと対等な規模であることが注目されるあまり、個々の事業目的（工事対象）ごとに、個別に取り扱われ、それぞれの分類の方法が経験的に分派して立てられてきた。そのため、岩として包括的な一般的考え方は非実用的なものである。時には、岩の工学的分類は不可能であり無意味であり、それを行なおうとすることは、学者のたわむれであるという人さえあるほどに、等閑視されてきた。これが工学上、岩の系統的取り扱いを妨げてきたものであるといえる。

土と岩との連続した領域、あるいは土と岩とを一貫して考えることは、土と基礎に取り組んでいる学会として検討すべきことであるという観点から、65年7月から、星埜、谷口、石原などを中心に、岩の力学委員会の準備会が持たれた後、66年1月から委員会が発足（星埜委員長）、7月から委員長交替（小野寺）、現在に及んでいる。この間の年間活動概況は、会誌に報告されているが、成果の内容は今年から、追って誌上に発表していく予定である。ここにそのまえばき的に、経過とおもな事項とを紹介するものである。

### 1. 委員会活動の方針の大綱審議（65年7月～66年3月）

設立準備会から引続き6回の委員会を開いて、さきに述べた趣旨にしたがって、活動の大綱として、1）材料としての土と岩の取り扱いの共通点・相違点などについて、両方の専門家の知識交流によって、相互の向上をはかる、2）基礎としての土と岩を地質工学的な立場から、大局的に考察していくこと、を決めた。

### 2. 問題点を抽出するための審議（66年7月～67年8月）

大綱にもとづいて、具体的な問題点をひき出すために現場および学問的な岩の取り扱い例を、委員持ち寄りの資料によって検討し、岩の工学上の問題点を土質工学会として、しわけして取りあげていく方向を討議した。その結果、大構造物を対象とするかたい岩盤については、他学会にゆずり土質工学会としては、前記大綱にもとづいて一般の中小構造物の基礎に密接に影響するような土と岩とを一貫して地質工学的に取り扱うという基本方針をきめた。このため、まず、1）岩の工学的試験方法、分類方法の例を集めてこれを検討し、2）学会の土木目

的に適した岩の分類方法、試験方法の基準化に向かって努力することにした。この間に委員から提出された資料も、追って本誌に発表する予定である。

### 3. 重点目標への資料集めと検討（67年9月～68年8月）

前段階で決めた基本方針にしたがって、岩の分類に関する資料を持ちよって、それぞれの意義を検討した。その結果、いまだ意見が一致しない点も残されているが、現時点でこれを行なうことの意義を感じて、基本的にはつぎの方向を認め、土質と同様な思想で、岩についての統一分類を行なうことに着手した。

すなわち、土の統一分類を行なうこと自体はそのままでは、必ずしも現場向きとはいえないにもかかわらず、実用分類の基本として重要な役割を果たしているのと同様に、岩の現場の実用分類を行なう場合にも、基本的には抽象化した工学的性質によることが必要である。岩の系統的な実用分類は、土質工学におけると同様に、この基本的な統一分類の上に現場条件を入れて分化していくことによって作られるはずである。この基本として、統一分類を組み立てるべき要素を、土と岩との中間物を含めて、岩について選び出す必要がある。そしてこの要素としては、岩を構成している材料の性質を示すものと、その材料の集合状態を示すものとが考えられ、両者とも種々の測定量を取りあげることができる。

この測定量として、現在資料が多いこと、測定が容易であること理由から、材料の性質（岩質）を圧縮強さで、集合状態を割れ目のひん度（割れ目間隔）で表わしたものと弾性波速度で表わしたものの2つの案を第1次委員会案としてつくり、現場および学術上の関係者を招いてこの検討のための懇談会を開いた。

この間に各委員から検討のために提出された資料には、1）一般分類、2）主としてトンネルを対象とした分類、3）主としてダム基盤を対象とした分類、4）主として切取りを対象とした分類、5）その他参考資料（種々の岩石物性間の相関性、経済企画庁の表層地質調査作業準則の分類）などがあり、これらも懇談会に提出された。これらも、追って本誌に発表または転載する予定である。

### 4. 岩の統一分類（仮称）第1次案の補訂（68年9月～69年6月）

懇談会で提出された意見を取り入れ、2つの素案を1つにまとめ、さらに適用実例を集めながら、第1次案を補訂し、69年6月に第2次案として整理し、目下できるだけ多くの実例にあてはめて見ている。

前に記したように、この統一分類を現場に役立てるた

めには、工事目的に応じて、さらに必要な特性を示す幾つかの値を入れて、仕分けをして行かなければならないことは、土質の統一分類と同様である。岩の場合には、各工事目的別には、かなり具体的な実用分類が行なわれている。これらの、一見互いには関連性がないように見える工事目的別の実用分類は、岩を構成している材料の本質と、その集合状態と工事規模との関連を考慮することによって、統一分類へ整理できるはずである。

いまだ十分に審議を尽くしていない点も残されている多くの適用実例を寄せられることを望んで、ここに第2次案の分類のしかたを掲載する。なお、岩の力学委員会の当初からこの案ができるまでに参加した委員はつぎのとおりである。赤井浩一、芥川真知、池田知彦、石原研而、磯崎義正、小野寺透、小田英一、大草重康、川本脩万、陶山国男、鈴木隆介、高橋幸蔵、谷口敏雄、仲野良紀、林正夫、星埜和、向井久一、吉田巖、吉中竜之進。

## 5. 岩の統一分類（第2次案）の行ない方

1. この岩盤分類法は、岩盤をキレツ（Joint）と岩盤を構成する岩片（またはコア）の圧縮強さで区分する方法である。また、測定が主として弾性波を対象に行なわれた場合は副分類法によって分類する。

### 2. 分類方法

分類表

| 第2分類記号<br>第1分類記号 | H <sub>1</sub>  | H <sub>2</sub>  | H <sub>3</sub>  | H <sub>4</sub>  | H <sub>5</sub>  | H <sub>6</sub>  | S <sub>1</sub>  | S <sub>2</sub>  | S <sub>3</sub>  |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A                | AH <sub>1</sub> | AH <sub>2</sub> | AH <sub>3</sub> | AH <sub>4</sub> | AH <sub>5</sub> | AH <sub>6</sub> | AS <sub>1</sub> | AS <sub>2</sub> | AS <sub>3</sub> |
| B                | BH <sub>1</sub> | BH <sub>2</sub> | BH <sub>3</sub> | BH <sub>4</sub> | BH <sub>5</sub> | BH <sub>6</sub> | BS <sub>1</sub> | BS <sub>2</sub> | BS <sub>3</sub> |
| C                | CH <sub>1</sub> | CH <sub>2</sub> | CH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CH <sub>5</sub> | CH <sub>6</sub> | CS <sub>1</sub> | CS <sub>2</sub> | CS <sub>3</sub> |
| D                | DH <sub>1</sub> | DH <sub>2</sub> | DH <sub>3</sub> | DH <sub>4</sub> | DH <sub>5</sub> | DH <sub>6</sub> | DS <sub>1</sub> | DS <sub>2</sub> | DS <sub>3</sub> |
| E                | EH <sub>1</sub> | EH <sub>2</sub> | EH <sub>3</sub> | EH <sub>4</sub> | EH <sub>5</sub> | EH <sub>6</sub> | ES <sub>1</sub> | ES <sub>2</sub> | ES <sub>3</sub> |
| F                | FH <sub>1</sub> | FH <sub>2</sub> | FH <sub>3</sub> | FH <sub>4</sub> | FH <sub>5</sub> | FH <sub>6</sub> | FS <sub>1</sub> | FS <sub>2</sub> | FS <sub>3</sub> |

副分類表

| 第2分類記号<br>第1分類記号 | a               | b               | c               | d               | e               |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| V <sub>1</sub>   | V <sub>1a</sub> | V <sub>1b</sub> | V <sub>1c</sub> | V <sub>1d</sub> | V <sub>1e</sub> |
| V <sub>2</sub>   | V <sub>2a</sub> | V <sub>2b</sub> | V <sub>2c</sub> | V <sub>2d</sub> | V <sub>2e</sub> |
| V <sub>3</sub>   | V <sub>3a</sub> | V <sub>3b</sub> | V <sub>3c</sub> | V <sub>3d</sub> | —               |
| V <sub>4</sub>   | V <sub>4a</sub> | V <sub>4b</sub> | V <sub>4c</sub> | —               | —               |
| V <sub>5</sub>   | V <sub>5a</sub> | V <sub>5b</sub> | —               | —               | —               |

分類表記号説明

| 記号                | 記 | 述                                 | 一般的名称 |
|-------------------|---|-----------------------------------|-------|
| 第1記号<br>(平均キレツ間隔) | A | 平均キレツ間隔が 90 cm 以上である。             |       |
|                   | B | 平均キレツ間隔が 30~90 cm である。            |       |
|                   | C | 平均キレツ間隔が 10~30 cm でキレツ間充てん物がない。   |       |
|                   | D | 平均キレツ間隔が 10~30 cm でキレツ間充てん物がある。   |       |
|                   | E | 平均キレツ間隔が 10 cm 以下であるがキレツ間充てん物がない。 |       |
|                   | F | 平均キレツ間隔が 10 cm 以下でありキレツ間充てん物がある。  |       |

|                         |                |  |        |
|-------------------------|----------------|--|--------|
| 第2<br>記号<br>(圧縮強さの特性など) | H <sub>1</sub> | 最大一軸圧縮強さが 1 000 kg/cm <sup>2</sup> 以上である。                      | 硬 岩    |
|                         | H <sub>2</sub> | 最大一軸圧縮強さが 500~1 000 kg/cm <sup>2</sup> で平均一軸圧縮強さがその 50% 以上である。 | “      |
|                         | H <sub>3</sub> | 最大一軸圧縮強さが 500~1 000 kg/cm <sup>2</sup> で平均一軸圧縮強さがその 50% 以下である。 | 不均質硬岩  |
|                         | H <sub>4</sub> | 最大一軸圧縮強さが 100~500 kg/cm <sup>2</sup> で平均一軸圧縮強さがその 50% 以上である。   | 準 硬 岩  |
|                         | H <sub>5</sub> | 最大一軸圧縮強さが 100~500 kg/cm <sup>2</sup> で平均一軸圧縮強さがその 50% 以下である。   | 不均質準硬岩 |
|                         | H <sub>6</sub> | 異方性岩（片岩など）で一軸最大強さが 100~500 kg/cm <sup>2</sup> である。             | 異方性準硬岩 |
|                         | S <sub>1</sub> | 最大一軸圧縮強さが 10~100 kg/cm <sup>2</sup> の砂質岩である。                   | 砂質軟岩   |
|                         | S <sub>2</sub> | 最大一軸圧縮強さが 10~100 kg/cm <sup>2</sup> の粘土質岩である。                  | 粘土質軟岩  |
|                         | S <sub>3</sub> | 最大一軸圧縮強さが 10~100 kg/cm <sup>2</sup> の膨潤性岩である。                  | 膨潤性軟岩  |

副分類表

| 記        | 述                                     |
|----------|---------------------------------------|
| 第1<br>記号 | V <sub>1</sub> 供試体弾性波速度が 5 km/s 以上である |
|          | V <sub>2</sub> “ 4~5 “ “              |
|          | V <sub>3</sub> “ 3~4 “ “              |
|          | V <sub>4</sub> “ 2~3 “ “              |
|          | V <sub>5</sub> “ 2 “ 以下である            |
| 第2<br>記号 | a 地山弾性波速度が供試体速度の 80% 以上である            |
|          | b “ 70~80% “                          |
|          | c “ 60~70% “                          |
|          | d “ 50~60% “                          |
|          | e “ 50% 以下である                         |

### 3. 補足説明

3.1 岩石名、キレツ面（Joint 面）の方向性、など岩盤の性質に関係のある事項は付記することが望ましい。

3.2 キレツ面の取扱い。ここでのキレツとは「Joint」を意味し、したがって肉眼的にシャープであり、かつ平行性を有する群の割れ目をさす。不規則な割れ目は考えない。

3.3 キレツ数の測定。測定は単位基線長（100 cm）に入るキレツ数を測る。単位基線長は「露頭」の場合、キレツ面に鉛直方向に考えるものとする。キレツの方向が2つ以上ある場合は最も細かく割れ目の入った面をキレツ面とし上述の測線を考える。[ボーリングコア]を取扱う場合はボーリング軸方向に測線をとる。

キレツ間隔が 3 cm 以下の場合は 3 cm を1キレツと考える。

3.4 キレツ数の処理。100 cm を単位基線長当たりのキレツ数で割り、これを平均キレツ間隔とする。この結果にもとづいて分類表第1記号を決める。ついで単位基線長を2倍、3倍……とし分類の目的にかなうオーダーまで拡大し、この間の平均キレツ間隔を求める。これに対して分類第1記号が対応するが、これは、このオーダ

## 研究委員会

一に対応する分類となる。

単位基線長の拡大は、分類の結果を利用する立場によってこととなるので、結果の表示には分類の基線長を明記する必要がある。

### 3.5 測定対象の記載

測定結果の判定資料とするため露頭、ボーリングコアなどの区別を明確にする。ボーリングコアの場合はコア径、採取率が明らかであればこれを記載する。

3.6 圧縮試験の試料は、対象とする範囲から均等に採取する。試料は肉眼的にキレツがないと判定されるものとする。

3.7 圧縮試験の個数。最終的に区分表示しようとする基線長(3.4)から少なくとも5個。

3.8 圧縮試験供試体形状寸法。円柱または正角柱で直径高さ比が約1:2のもの。

3.9 副分類表による場合は、地山弾性波速度を測定した場所が地表か横坑間か、などの区別を記載すること。

供試体弾性波速度は、(3.6)(3.7)と同様な考えで処理する。

3.10 測定結果を分類表にあてはめる場合、測定値が数種の分類記号にまたがる場合がある。この場合はたとえば  $AH_{2-3}$ ,  $CH_{1-3}$  と書く。

4. 統一岩盤分類法は委員会作業の過程から(案)としてできたもので分類法自体に不備な点があることが考えられる。

分類の適用作業を通して不備と考えられる点があればこれを指摘していただき、その結果にもとづいて修正を加えさらに分類法を完成していきたい。

## 6. 分類以外の事項

岩の分類を行なうに当たって、当然試験方法の規格化

と用語の統一とが必要になる。

岩石試料および現場での、岩の試験・調査の方法には、土質の試験・調査と同様に多くの種類があるが、そのほとんど、国、機関、学会ごとに決められ、規格化されていない。これを規格化することの必要性和、そのための諸問題は土質の場合と同様である。問題は広く、大きい、やはり学会として着手すべき問題である。

用語については、試験方法よりもさらに広く各分野にわたって関連する。これには、学術用語として他の学術分野との関係、および実用慣例の用語との関係があって急速に統一することは困難であるが、完全を期するよりも、ある程度の解説書を作成することが現時点における学会としての貢献度が高いと思われる。

これらは、岩の分類とともに岩の力学委員会、したがって土質工学会としてなすべき業務であるとともに、一般の学術分野での急務でもあるので、委員のほとんどが参加して、委員長のもとで、文部省科学研究費(総合B)に昭和43年度「土と岩の工学的性質に関する研究連絡」、昭和44年度「土と岩の工学的性質およびその試験方法に関する研究連絡」、として、おもに用語集の素案作成と試験方法の収集を行なっている。

岩の力学委員会は、広く岩の工学を目ざしている。委員会に少なくとも分類・用語・試験方法の3分科会が必要であり、いずれも学会の急務である。そして土と岩とを連続して考えていく時に、その内容は土質工学会の内容全体にならざるをえないことを感ずる。学会全体としてそうあるのが新しい発展ではなからうか。

(1969.9.10)

## 土の判別分類委員会

土の判別分類委員会委員長  <sup>やま</sup>山 <sup>だ</sup>田 <sup>ごう</sup>剛 <sup>じ</sup>二\*

調査部研究委員会のうち土の判別分類委員は比較的最近にできた委員会である。発足は昭和41年3月であって発足当初は土質記号制定を目的としたものである。当時の委員長は東大の三木五三郎先生であって、その目的とするところは土質柱状図、土質断面図などに用いられる記号(文字は含まない)を学会で統一し、学会の出版物はこれに準拠することにし、できれば全国各機関で統一記号を用いる方向にすすめることにあった。しかし本質的につぎのような疑問を生じた。記号の基となる土質分

類がまだ正式に定まっていないこと、土を肉眼判別する際の個人差の問題、粒度試験にもとづく分類の妥当性、地質学的な成因にもとづく状況(チュウ積、洪積の区別)などの表示、柱状図と地盤断面図の同一図示記号を用いることができるかどうかなどの問題が議論の対象となった。まず最初に諸外国、日本の各機関で用いられている土質記号を調査したところ、非常な混乱があることが判明した。外国の例ではASTMの規格で、JIS A 1212道路の土質調査ならびに試料採取方法を参考にしたもの、ASTMのSuggested Methodで新しいUnified soil

\*国鉄鉄道技術研究所防災研究室長