

# 軟岩の調査法と問題点

こ じま けい じ  
小 島 圭 二\*

## まえがき

軟岩とは、概念的には土と岩の中間の性質をもつ、柔らかい岩で、第三紀のタイ積岩・ある種の火山砕屑岩・岩の風化・変質部などによく使われる用語である。軟岩に対して一般の岩は硬岩と呼ばれる。軟岩は構造物基礎の設計・岩掘削などそれぞれの分野で扱いは異なるが、ここではできるだけ共通の問題として扱える調査法と、軟岩特有の問題を多く含む固結度の低いタイ積岩に焦点を絞って記すことにする。

### 1. 軟岩の性質と調査の位置づけ

#### 1.1 軟岩地盤の性質

代表的な地質要素に関して、土・硬岩と比較してみると、軟岩地盤の特徴は表-1のようになる。さらに風化に関しては、軟岩では掘削後急速な軟弱化を起しやすく、特に凝灰質岩に顕著な場合が多い。また軟岩地盤の特徴は、土から硬岩に至るタイ積物の固結過程として、物理・力学量で捕えることができる。固結の度合を一軸圧縮強度で表わすと、一般に泥>砂で砂が未固結な場合が多い。硬岩では逆になり泥に細片化が目立つようになる。また地層の固結度のバラツキは、たとえば層厚50~100mの区間について

\* 理博 東京大学助教授 工学部資源開発工学科

孔内測定を中心とした変形係数で表わすと、固結が進むにつれて大きくなり中新世の地層で最大になる<sup>1)</sup>。

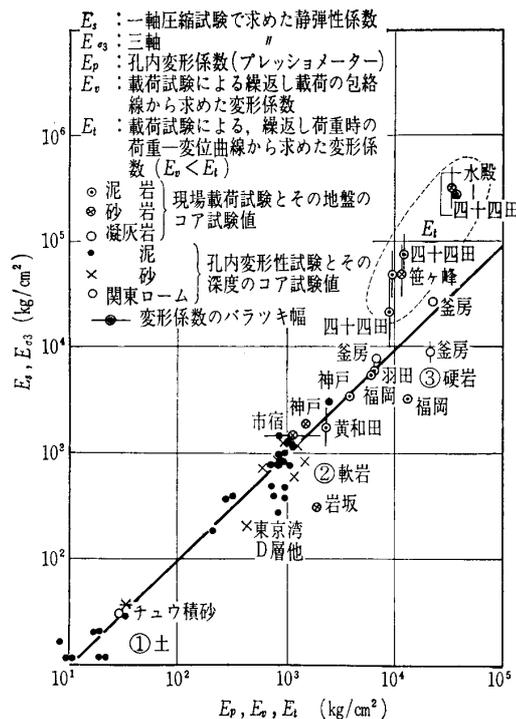
軟岩地盤の特徴を力学的に表現すると、変形性に関しては、供試体の圧縮試験における応力-ヒズミ曲線は、硬岩に類似するが、ヒズミが大きく特に降伏点以後破壊に至るまで急激な増加が認められる場合が多い。また繰返し載荷に関しては、割れ目が詰まる硬岩の押固め効果に対して、構成物質自体の転移などによるこの種の効果が多少認められる。クリープ変形は硬岩に比べてかなり大きい、土の領域にみられるいわゆる一次圧密はほとんど起こらない。せん断強度に関しても、硬岩では割れ目など不連続面沿いのせん断が加わるため、それらの多少、方向、規模などの影響が大きい、構成物質自体のせん断が大部分の軟岩では比較的小さい。岩自体の性質と地盤としての性質の違いを各固結領域に関し比べると、たとえば変形性に関しては図-1のようになり硬岩領域での不一致が目立つ。また含水状態によって物理・力学量がかなり変化する点でも土に近い性質を有する(図-3)。透水性についても同様で、ダルシーの法則がほぼ成り立つ領域にある場合が多い。

#### 1.2 軟岩調査法の性格

求めようとする地盤の工学的性質は、対象とする構造物などの違いによって多種多様であり調査法も多少異なる。しかしたとえば土のN値のように、汎用されており個々の

表-1 固結に伴う地盤の地質要素の変化

比較事項		土	軟岩	硬岩
地質時代と岩相		チュウ積世~洪積世の砂泥タイ積物	洪積世後期~新第三紀のタイ積岩	古第三紀・中生代・古世代のタイ積岩(および火成岩・変成岩)
地質の連続性		水平成層構造、浅海~陸水成タイ積物が多く岩相変化が激しいが比較的水平的に連続、永期にできた埋没地形面が不連続面を形成、現在の上載荷重と工学的性質が対応する。	成層構造(一般に傾斜層)、海成タイ積物で水平によく連続するものが多い。一般に地層がしゅう曲しているため工学的性質は現在の上載荷重でなく層準と相関をもつ。	成層構造をなすが、工学的性質は成層状態よりはむしろ断層割れ目などの地盤の劣化要素に支配される。
地質の不連続面の性質	層理面	あまり問題にならない。土粒子のcementationも含めた骨格構造は強くないから、不かく乱試料の突固め整形による試験が可能である。	異方性を示すが軟質になるにつれて弱くなる細互層、急傾斜の場合に不均一性が特に問題になる。	強度および変形特性に異方性、不均一性を生じ、割れ目に準じて扱える場合が多い
	断層(破砕帯)	断層破砕による地盤の劣化はない	地質時代が古いものでは問題となるが、破砕規模は小さい、ズレによる両側の岩相変化の方が強度、変形性に及ぼす影響大	調査の重点は位置、破砕による劣化、粘土化、透水性の増加などが問題となる
	割れ目	割れ目はなくもつばら岩質(土質)に支配される	一般に割れ目は少ない。多少存在してもあまり影響なく、岩質そのものの性質が強く表われる。	岩盤の強度および変形特性は岩質のほかに割れ目の性状、多寡に大きく支配される
風化・変質の影響		強度を左右する劣化はほとんどない	地スベリあるいは温泉変質による劣化のほかは目立ないが表層の劣化が認められる。	著しい劣化を伴う



図一 1 タイ積物の変形係数の固結に伴う変化，コア試験値 ( $E_s, E_{s3}$ ) と現場試験値 ( $E_p, E_v, E_t$ ) の比較 (※孔内変形性試験は吉中 (1968) に加筆)

地盤の工学的性質	土	軟岩	硬岩
N値 標準貫入試験 (ボーリング孔)	斜線		
$E_p$ 孔内変形係数 (ボーリング孔)	斜線		
(c, $\phi$ ) せん断強度 (コア)	斜線		
$q_u$ $E_s$ 一軸圧縮強度 静弾性係数 (コア)	斜線		
(c, $\phi$ ) $E_s$ せん断強度 変形係数 (現場)	斜線	斜線	斜線
$V_p$ $E_d$ P波速度 (地表探査) 動弾性係数 (ボーリング孔)	斜線	斜線	斜線
RQD A, B, C...		斜線	斜線
K L 透水係数 (ボーリング孔) ルジオン値	揚水 (K) 注水 (L)	注水 (K) 注水 (L)	注水 (K) 注水 (L)

□: インデックスとして使える範囲

図一 2 固結度に応じた地盤の工学的性質の表現

技術者の経験も含めて、目的とする工学的性質を適切に判断できるようなインデックスについて比較すれば、各領域でどのような調査方法や量から地盤の性質を求めようとしているかが理解されよう。前述したように地盤としての土から硬岩に至る扱いは岩の固結とともに変わるから、同一の調査手段でこのようなインデックスを求めることは、この順に調査機器が大規模・大容量になり、精度はこの逆であることも合わせて無理である。そこで各領域で汎用されているインデックスを模式的に示すと図一2のようになる。この図は各領域で地盤の性質を直接判定しうる部分に斜線を引いたもので、硬岩のコア試験値や土～軟岩の弾性波速度が全く役に立たないことを意味するものではない。図から軟岩の調査は、当然のことながら、土と硬岩の方法

の使える部分を寄せ集めたものであることがうかがえる。そして一部の方法には、軟岩に適するよう多少の改良が加えられているものの、調査・試験の適用範囲や測定条件に混同があったり、適切な機器の普及が遅れているなどの問題が存在する。

## 2. 各種調査法と問題点

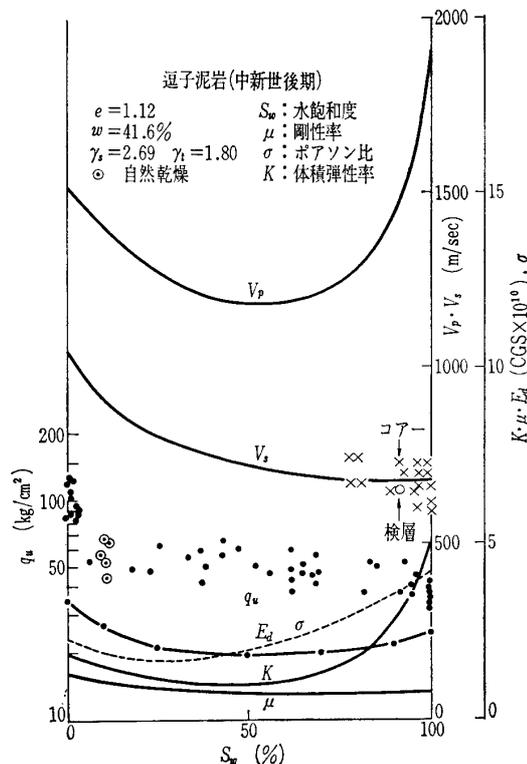
### 2.1 地表地質踏査

地層と工学的性質の分布との相関が強いことから、詳細な地層の追跡と、目的に合った性質・規模の地層区分などに調査の重点がおかれる。また表層部の軟弱化の様子やダム調査など目的によっては、細砂層などのパイピングの徴候などは、特有の注意すべき観察事項である。

軟岩地盤では、軟弱化・地スベリなどに関し、凝灰質層に特に問題が多い。しかし凝灰質という地質用語は広範囲に使われているため、なかには周囲の地層よりかえって安定なものも多い (千葉県鋸山周辺の竹岡～菰生凝灰質砂層など)。このため凝灰質岩類に関する工学的分類表示法の作成が必要である。また軟岩の固結度は前述したように非常にバラツキがあり、圧縮強度数  $100\text{kg/cm}^2$  と数  $\text{kg/cm}^2$  のものが隣り合っていることもまれではない。踏査に当たっては、固結度をどう客観的に表現するかがもう一つの課題である。

### 2.2 弾性波探査

陸上部では屈折法または直接法 (ボーリング孔間、横坑間など) によるP波、場合によってはS波も含めた、地盤



図一 3 軟岩の乾燥に伴う物理的性質の変化,  $V_p, V_s$ : P, S 波速度,  $q_u$ : 一軸圧縮強度,  $E_d$ : 動弾性係数

の速度分布を、海上部では音波探査（反射法）による反射面の分布を求める点で、土～硬岩に共通した調査法である。前者の場合、軟岩では破碎帯や大規模な風化がないから、地質構造要素の判定よりはむしろ掘削に関する判定基準（リップビリティ）などとしての使われ方が有効である。

しかしP波に関しては、この領域の岩は図-3のような性質があり、水の弾性が乾燥初期に大きくきいてくる。そのため、台地・丘陵・斜面などの水不飽和帯においては速度層は必ずしも岩質を表わさない。また軟岩の速度は一般に1.5 km/s～2.5 km/sと変動範囲が小さいから、含水状態が同じでも、岩質や岩相の違いが必ずしも弾性波速度に表われない例は多く、たとえば国道8号の城山トンネルでは泥質岩の風化と未風化部が区別できず、国道113号の宇津トンネルでは、泥質岩の速度2.5 km/sに対し砂質岩は2.0 km/sであったが速度が大きい泥質層には膨潤性があり難工事となった<sup>16)</sup>。S波は剛性率に依存するところが大きいから水に対する変化は少ないが（図-3）、P波に比べ測定深度や方法に制約がある。また膨潤性に対する判定はS波を使ってもむずかしい。

音波探査については、海底浅所の軟岩では、速度検層・コア試験などのP波速度が、地盤のそれとよく対応するため地層の厚さの算定に有効である。問題点は文献8)、13)など参照。

## 2.3 ボーリング調査<sup>9)</sup>

### 2.3.1 削孔とサンプリング

地盤の性質を求めるのにコア試験や孔内試験が有効なため不かく乱コアの採取や孔壁の良好な仕上げが要求される。

削孔に関しては、特に砂質岩の粘着性が低いから、崩壊しやすいものが多く、泥質岩では過大な給圧によって孔底が破壊する場合がしばしば認められる。たとえば千葉県下で行なった試験で、86 mmφメタルクラウン、210 kgのビット圧で一部にこの現象を生じた。

サンプリングに関しては、デニソン型のサンドサンプラーなどがよく用いられるが、砂・レキ質岩やラミナ<sup>注1)</sup>のある泥岩などの採取は困難な場合が多い。無水掘りなどで採取された場合でも、コアが変質・かく乱されていたり、コアチューブから採取時に破損したりして、諸試験に供しえないことが多く、観察による地盤評価がしにくい場合も多い。

### 2.3.2 コア試験

一般には硬岩の試験法に準じた扱いがなされるが、砂の試験値が欠けやすく、コア試験から求めた地盤定数は泥の値にかたよりがちになる<sup>7)</sup>。また、含水状態の変化が試験値に影響し、特に乾燥試料に吸水した場合には急速に軟弱化が進行する場合が多い。それにもかかわらず含水状態不明の試験資料がしばしば認められる。力学試験時の間ゲキ水圧の影響も、砂質軟岩の三軸試験例<sup>1)</sup>などにみられるよ

注1) 葉理：数mm～数cmの薄い地層の集合からなるしま模様

うに、目的によっては無視できない場合も多い。しかし軟岩の三軸試験機がまだ少ないうに、間ゲキ水圧を測れるものはごく一部にすぎない。またクリープ量も無視できない場合があり三軸クリープ、高圧圧密装置などが開発されつつある。粒度組成は種々の面で影響を及ぼすが、泥質岩の粒子の分離がしきれず、JIS A 1204の分析法は使えない。また高度の専門家による調査組織作りに難点があるが、広域な地層の連続性を追求する必要がある海底調査などでは、コア中に含まれる微古生物、重鉱物、木片・貝殻(<sup>14</sup>C年代測定)などの地質学的分析も有効な場合がある<sup>4)</sup>。

### 2.3.3 孔内変形性試験

プレッショメーター、LLTなどで代表される<sup>2)</sup>。横方向K値を求める土の調査法として発達したものである。一般に使われている装置は、載荷重が小さく、軟岩でも柔らかい領域にしか適用できなかったが、最近では一部硬岩領域まで測定可能な機種が実用化されている。載荷幅が比較的小さく、孔壁のゆるみや崩壊、泥壁の形成などの影響を受けやすいが、比較的簡単に現地での力学量を求めうる。

### 2.3.4 物理検層

電気（比抵抗、自然電位）、放射能（密度）、音波の各検層がよく用いられ<sup>10)</sup>、S波検層の開発も進められている。電気検層は比較的機器が普及しているが、測定値の解析が複雑なうに泥岩の定量解析が困難である。しかし岩相を敏感に表わすから地層の追跡に有効である。放射能検層は、孔壁崩壊や泥壁の影響でバラツキがあるが、地層水の性質に左右されず、砂泥が区別でき、ケーシング内でも測定可能である。速度検層は動弾性のほか力学量のインデックスに用いられるがバラツキが大きい。軟岩地盤での物理検層は直接力学量と結びつかず、物理量はコア試験に頼れる場合が多いので、地層の追跡など広域調査には有効であるが、補助手段になりがちである。測定機器がまちまちで、解析用チャートができていないのも一因であろう。他の調査法との組合せ効果が期待される。

### 2.3.5 透水試験

注水試験の一種で、比較的簡単に行なえるルジオンテストが軟岩地盤においてもよく用いられる。軟岩の場合、P-Q曲線（注入圧-注入量）は直線とならず低圧でわん曲するが、直線でも限界圧力は数kg/cm<sup>2</sup>である場合が多い。そしてこの圧力以上で注入すると、地盤が容易に浮き上がりPが減少することが観測される。したがって軟岩では低圧の試験しかできず、換算ルジオン値は実際のそれより小さく、圧力段階により注水量が大幅に異なる。それゆえ軟岩に適した透水性の表現法や基準が望まれる。

## 2.4 岩盤の力学試験

軟岩の岩盤試験は、硬岩のそれに準ずるもので、横坑調査が最も汎用されている。そして発破を用いず手掘りのことが多いから岩盤のゆるみが少ない利点があり、割れ目が少ないことと合わせて変形性試験でも載荷、除荷を繰返し

階段状に荷重をあげていく際に、各荷重段階の弾性係数とその最高荷重の増加につれて増加する、いわゆる押し固め効果がほとんど表われない場合も多い。その反面坑壁の軟弱化が促進されやすいので試験直前に表層部を十分除去するなどの配慮が必要である。また同一層準で違った場所での試験値を利用する場合などで含水状態が著しく違う場合岩盤としての性質がどう変わるか、成層面による異方性は、たとえば硬岩の天瀬ダム（粘板岩）では特にせん断変形性に大きな差をもたらしているが<sup>9)</sup>、軟岩の場合固結の進行につれて、どの程度方向性を配慮すればよいかなどの地質的問題のほか、変形試験では、軟岩は変形量が大きく載荷速度や繰返し載荷のパターンによりその量が異なる問題などがある。たとえば繰返し階段荷重の各段で長時間載荷を行なった場合変形および弾性係数がだんだん小さくなった例が報告されている<sup>17)</sup>。またせん断試験では上記の問題のほか、コンクリートブロック岩盤の付着状態が良くない場合がしばしば見いだされる。このような軟岩では岩盤の整形が比較的容易であるからロックせん断試験の普及も考えるべきであろう。

### 2.5 軟弱化に関する試験

軟岩では掘削後の軟弱化の進行が特に問題で、軟弱化の傾向の予測とともにその速さや程度の定量化が要求される。特に膨潤性地盤では軟弱化が速く、その際に大きな膨潤圧と体積の増大を伴うのが通例である。このような軟弱化の目安として吸水に伴う膨潤量および圧の室内試験<sup>9)</sup>やトンネル坑内などの現地試験<sup>18)</sup>、乾湿の繰返しなどによる軟弱化促進試験<sup>19)</sup>と野外における観察・観測など経時変化をみる調査などが行なわれている。しかし試験の方法、判断基準に定まったものがない場合が多く、特に吸水膨張試験や軟弱化促進試験では、設定条件によって測定値がかなり異なり、軟弱化のインデックスに何をを使うかにも硬岩と違ったむずかしさがある。また一般的な地盤の自然条件（含水比の変化、温度変化とそれらの範囲など）を求めるための長期観測などにも今後の問題が残される。さらに微視的には粘土鉱物種や粘土量、粒子の骨格構造などが軟弱化にどのような影響を及ぼしているかも、予測および対策上重要な問題であろう。

### 3. 軟岩調査法の方向

以上軟岩の一般的な調査法とその問題点の一端を簡単に述べたが、大別すると、(1)軟岩の性質の理解のしかたに関するもの、(2)軟岩に適した調査基準の作成、(3)調査機器の改良・開発などに要約される。(1)については随所で述べてきたことであり、(2)は関係機関での努力が早急に望まれる次第で

ある。(3)については、今後も含めた軟岩調査の経験から、取捨選択されて特有の調査方法が確立されていくことになろう。しかしあえていうならば、土の性質に類似するところが多い割に、岩が堅いゆえに硬岩の調査法にかたよっているきらいがあり、土の特徴である、サウンディング・粒度やコンシステンシーに基づく地盤の判定、不かく乱試料による室内試験などの方法に遅れがあるように思う。したがってここでは問題をこの辺にしばり、参考として筆者の研究室で行なっている方法の一端を述べご批判をおおぎたいと思う。

#### 3.1 岩自体の強度の簡易判定(ポケットペネトロメータと針貫入試験)

ポケットペネトロメータの原型はデンマークのゴッドスケセン(Godskesen)の考案による。先端角 $60^\circ$ 、径1cmのコーンを10mm土中に貫入させたときの力をコイルスプリングで測るものであるが注2)、軟岩用に、先端角を $30^\circ$ にし、貫入量を増すとともに、コーンに数mmごとの目盛を刻み、貫入量が10mmに満たない場合は、10kgの荷重を加えたときの貫入長で表現するよう改良したものである。泥質岩について圧縮強度との関係を図-4に示す。パラッキは大きいですが誰にでも同じ基準で半定量評価ができる。ボーリングコアの強度判定<sup>7)</sup>、地表踏査時の固結度の表示や断層破碎に伴う周辺岩盤の劣化状況の判定<sup>9)</sup>などが手軽にできる。

針貫入試験は、海上でのタイ積物の強度判定によく用いられる方法で、これを軟岩岩片の室内試験に用いている。ぬい針を土用の簡単な圧縮試験機で岩片に貫入させたときの応力-ヒズミ曲線のコウ配を用いる。圧縮強度との相関を図-5に示す。供試体の整形が不要であり試験が迅速に行なえるとともに、こわれやすい岩の岩自体の強度の測定

注2) たとえばマルト一製S45AN型

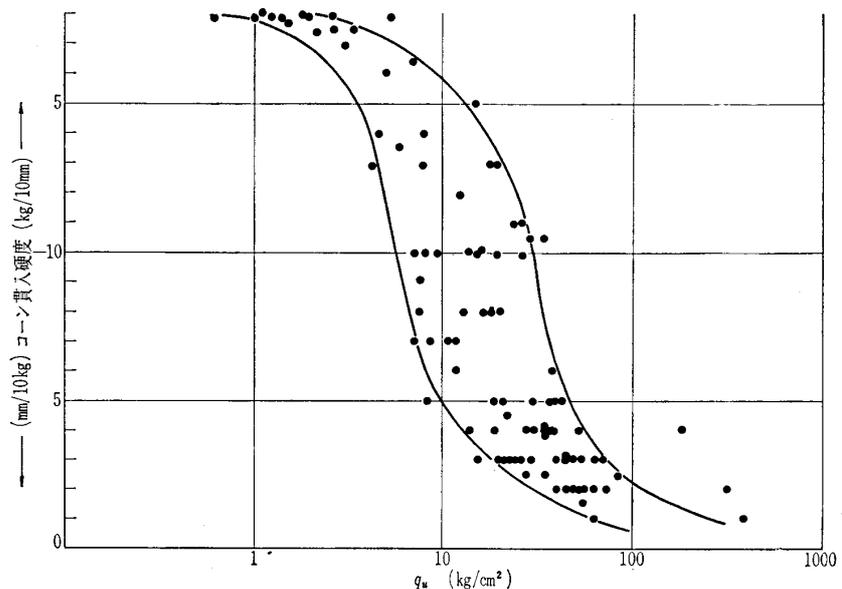


図-4 ポケットコーン貫入硬度(先端角 $30^\circ$ )と一軸圧縮強度 $q_u$ の関係

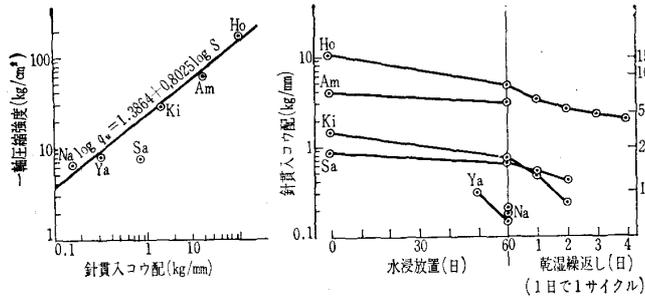


図-5 軟岩の一軸圧縮強度と針貫入コウ配の関係

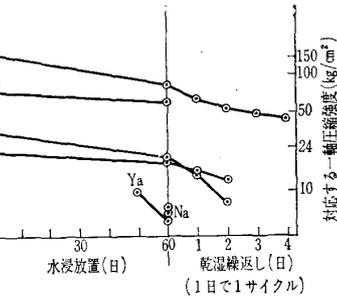


図-6 針貫入コウ配による泥質軟岩の軟弱化の表現

に特に有効である。図-6は軟弱化促進試験に用い風化度のインデックスとした例である<sup>15)</sup>。

3.2 軟岩のサウンディング(掘進率検層)

掘進率検層(drillability)は、ボーリング掘進時に掘進率を連続記録し(図-7)、ビット圧と掘進率の関係から孔底岩盤の強度を求める方法である。測定方法はいろいろあるが、ビット圧一定で掘進したときの1回転当たりの掘進率を求める方法は、バラツキが大きく、測定範囲(岩盤強度の)が比較的狭くなるが、最も実用的である。一種のサウンディングを目的とするため、ビットには、掘れすぎず、ビット圧が求めやすい、U型断面の刃をもった三枚刃ブレードビットを使い、ノンコアで掘進する。この際掘れすぎによるスライムの抵抗を防ぐため回転数を30回転程度に落とし、送水を十分にする必要がある。もちろん一般のコアビットで試料をとりながら測定してもよい。強度との関係を図-

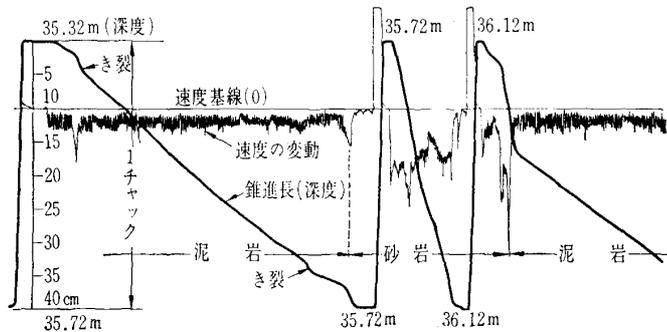


図-7 千葉県君津市における砂泥軟岩の掘進記録例(掘進率と掘進速度)

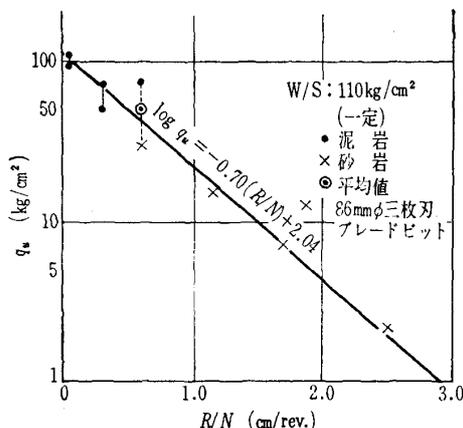


図-8 ビット圧一定のときの掘進率と一軸圧縮強度

8に示す。また掘進率は岩相に関係し、すぐわきで行なったコアボーリングのコア観察と物理検層結果と比較すると、マイクロログ注3)よりもよい精度で岩相を判断でき、物理検層と組み合わせることによって、物理量が求まるから、たとえば密度検層との組み合わせで、間ゲキ率・密度・含水量が求まり、掘進率検層から一軸圧縮強度、せん断定数(内部摩擦角を仮定)、変形係数(圧縮強度との相関から)などの力学量と成層状態などがノンコアボーリングによって深度に関して連続的かつ迅速に求められる<sup>12)</sup>。

3.3 サンプリング(二重スリーブサンプラー)

特に砂質軟岩やラミナのある泥岩などのボーリングコアは採取が困難な場合が多い。サンプリングの項(2.3.1)で述べたような問題点を解決するために、“二重スリーブサンプラー”を開発し、試験中である<sup>14)</sup>。このサンプラーは三重管からなるため、コア径に比して孔径が大きくなる欠点はあるが、コアは固定ピストンに設置されたゴムスリーブに包まれながら不かく乱状態で採取される。このためコア抜き取り時のかく乱、水分の逸散も簡単に防止される。またゴムスリーブは厚い外膜と薄い内膜の二重構造になっていることが大きな特徴で、外膜はコアの保護に、内膜はそのまま室内試験に供してコアの破損を防ぐ役割を果たす(写真-1)。これによって従来のサンプラーの欠点が大幅に改善された。さらに膨潤性のある泥岩や上載荷重が大きい海底や地下深所の軟岩では、応力解放や間ゲキ水圧の変化が採取と同時に起こるからこれをできるだけ防ぐためには、サンプラーの上下を密閉した密閉式サンプラーが必要であり、目下試作試験中である。

3.4 こわれやすいコアの試験法

上記の方法(3.3)で得られた“二重スリーブコア”を用いることによって、砂質軟岩やラミナのある泥岩などこわれやすい岩の物理・力学試験ができるようになった<sup>14)</sup>。従来のシンウオールチューブなどと異なり密度の小さいゴムにコアが包まれているため、そのままソフトX線を照射して、X線写真からコアの岩相や乱れた部分を判定でき、さらに、フィルム濃度を解析して(図-9)密度を求めることができる。力学試験は、そのまま端面整形し、測定機器に装てん後保護用の外膜を切り離して内膜に包まれたまま試

注3) 電極間隔を2~5cmとし、孔壁に密着させて測定する電気検層

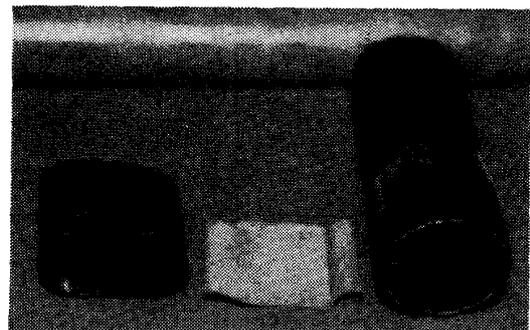


写真-1 二重スリーブコア

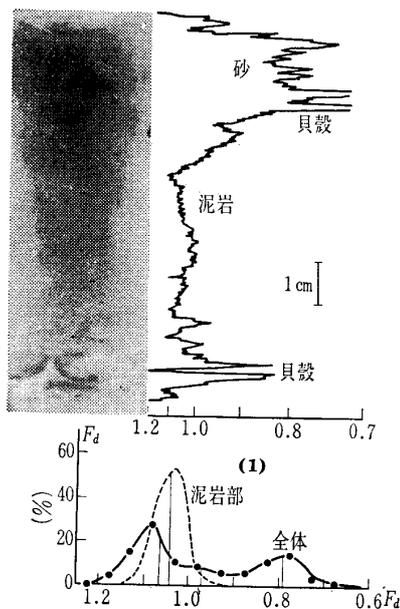


図-9 二重スリーブコアX線ラジオグラフとフィルム濃度( $F_d$ )およびひん度分布

片にして光学顕微鏡で、泥分は低倍率の走査型電子顕微鏡などで判定されるが、時間がかかりすぎ、量をこなすには実用的でない。これに反し、上述のX線写真(X線ラジオグラフ)は写真の肉眼判定だけではなく岩の肉眼観察よりはるかに的確に粒度を判断しうるが、厚さがあるため精度は悪いが、能率よくフィルム濃度曲線(図-9)のバラツキと標準試料を用いた肉眼判定とから粒度組成を半定量的に求めることができる。

験する。コアの乱れた部分はあらかじめ判定でき、整形時の破損が防げるから、こわれやすい試料の三軸試験が容易に行なえる。

### 3.5 泥質軟岩の粒度組成の制定

泥質軟岩の性質は、粘土分含有量に左右されるところが大きい、通常の粒度試験では粒の分散に難があ

ってむずかしい。

泥岩中の砂分は薄

### あとがき

以上、軟岩の特性に基づく、調査の考え方と、現在行なわれている一般的調査法の問題点を述べ、今後の方向の一端を述べたわけであるが、ばらばらな問題のら列にとどまり、紙面の都合もあって長期観測・動的性質の試験など、書き残した面も多いが、参考になれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 赤井浩一他(1973): 第4回岩の力学国内シンポジウム講演集, p. 43
- 2) 土質工学会編(1972): 土質調査法, p. 343
- 3) 星野 寔他(1972): 応用地質 Vol. 13, No. 2, p. 62
- 4) 建設省関東地建(1973): 東京湾々中部地質調査報告書
- 5) 建設省河川局編(1969): 多目的ダムの建設(上), p. 266
- 6) " 土本研究所(1966): 土研資料, No. 216
- 7) " " (1966): " No. 173
- 8) " " (1972): " No. 730
- 9) " " (1968): " No. 413
- 10) 小島圭二, 椎葉元則(1966): 土木技術資料, Vol. 8, No. 10, 11
- 11) 小島圭二(1972): 施工技術, Vol. 5, No. 4, p. 33
- 12) " (1972): 土木技術資料, Vol. 14, No. 12
- 13) " (1973): 物理探査, Vol. 26, No. 1, p. 54
- 14) " (1973): 第4回岩の力学国内シンポジウム講演集, p. 1
- 15) 小島圭二他(1974): 第9回土質工学研究発表会講演集(投稿中)
- 16) 岡本隆一, 菅原捷(1968): 土木技術資料, Vol. 7, No. 7
- 17) " " (1973): 第4回岩の力学国内シンポジウム講演集, p. 109
- 18) 高橋彦治(1966): 第3回トンネル工学シンポジウム, p. 17 (土木学会)
- 19) 山野隆康(1973): 土と基礎, Vol. 21, No. 3, p. 25
- 20) 吉中竜之進(1968): 土木技術資料, Vol. 10, No. 1, p. 32 (原稿受理 1974.3.18)

## 正 誤 表

土と基礎 Vol. 22, No. 4, 通巻194号において誤りがございました。おわびいたしますとともに下記のようにつつしんで訂正いたします。

ページ	場 所	誤	正
8	右段 13行目	ランベ	ラム
9	右段 9行目	ランベ	ラム
45	図-1	30°	3°
50	右段 2行目	5月31日までの80日間に16回	1973年12月4日までの600日間に22回