

379 は、砂質凍土の圧縮強さと内的三因子（含水比、乾燥比重、飽和度）の関係を明らかにしている。この研究により、砂質凍土の強度特性がかなり明らかになった。

380 は、凍結膨張率に及ぼす側圧の影響を調べた結果、凍結膨張は熱流方向だけでなく、その直角方向にも現れ、側圧が小さくなると凍結膨張率も大きくなるとしている。凍結が一次的に生じているかという質問に対して、完全に一次的ではないが、ほぼ一次的に進行していたという回答であった。

381 は、未凍土中の収縮現象を X線写真の画像解析により解明している。その結果、未凍土中の脱水圧密現象は凍結面付近の間隙水圧の低下に伴う有効応力の増加に起因しているとしている。

382 は、室内凍上試験における路床材料の凍上性判定方法の問題点を指摘している。凍上特性は、モールドの摩擦抵抗や供試体の冷却条件により影響を受けると結論づけている。381、382 は、凍結方向が実際の凍上現象とは逆方向であり、実験結果にこの影響は現れないものであろうか。

385 は、未凍土内のサクシヨンの計算値と PF 試験から土の空気侵入値を求めた結果、析出氷に空洞が出来る条件は、未凍土が不飽和になることにより説明でき、空気侵入値によって判定できるとしている。実際問題への適応性の観点から今後が期待される。

390 は、養生日数、養生温度が石炭灰の一軸圧縮強度の発現形態に影響を及ぼし、凍結-融解作用は、養生日数さえ取れば強度の低下がみられないとしている。現場における石炭灰の工学的材料としての有効性の観点から、価値あ

る実験結果である。

383 は、高速道路の凍上対策において、現行では切土部、盛土部とも同じ設計基準で実施されているが、凍上被害の実態調査によると、切土部における被害がほとんどであった。そこで、地下水位と凍上量の関係を調査した結果、地下水位がある位置より深くなると凍上量が著しく減少していることが判明した。

384 は、原位置における凍結状況を地温計により観測し、室内透水試験を凍結土に対して行った。凍土の透水性は含水率と明りょうな相関関係があるとしている。

386 は、トンネル地山に凍上防止を目的とした表面断熱工法を施すことにより、凍上による相対変位は縮小し、ほとんど変動していないことが確認された。本報告は、今後の凍上防止対策工法に有益な知見を与えている。

387 は、コンクリート製小型 U-トラフに加わる横方向凍上力と凍上変形を測定し、周辺地盤の形状、断熱材、裏込め材の種類が横方向凍上力に与える影響は大きいとしている。実務の面から、非常に重要な情報である。

388 は、北海道各地の AMeDAS データより求めた凍結指数と熱比の係数式を修正 Aldrich 式に適用することにより、凍結深さの経時変化がより簡便に推定できるとしている。工学的な観点から、非常に有意義な研究であり、今後の研究が大いに期待される。

389 は、積雪の断面観測を行った結果、木下式硬度、カナディアン硬度、せん断強度には強い関係が認められるが、密度とこれら三者間との相関は認められなかったとしている。実際問題への適用性が、今後の課題であろう。

岩の性質

総括

埼玉大学 佐藤邦明

『岩の性質』のセッションでは20編の研究発表があった。他のセッションも含めて今回の研究発表会を通して見ると、関連した発表は50編をこえよう。

過去5年間に土質工学研究発表会において『岩の性質』セッションで発表された論文数は、1984年30編、1985年24編、1986年40編、1987年36編、1988年32編となっていた。本年が20編であるから今年の発表件数はやや従来の数からすると少ないといえる。年によって発表件数は変動するが、20編～40編と見てもよからう。もちろん、上述したように『岩の性質』のセッションではやや減っても全体に岩盤・岩に関連した発表件数が少なくなったとはいえないからセッションの分け方や時流にも関係がある。

次に、『岩の性質』セッションにおける研究発表の内容について過去5年間の動向を眺めてみよう。まず、過去5年間継続的に研究が進められて来た現象のキーワードは、

不連続・異方性、岩盤浸透流、水・岩・熱、軟岩、および岩盤モデル化・解析手法といったものである。まず、岩盤の不連続性と異方性の解明は力学的強度とともに岩盤浸透流の場としても岩盤の力学的本質に根ざす研究といえる。その意味では岩盤力学に残された最重要課題と考えても大過ない。次に、水・応力・熱の研究は高レベル放射性廃棄物の地層処分や地熱の技術にその応用が期待されているものであり、水、応力、熱が力学的に相互に依存し、連成させて扱わねばならないためかなりやっかいである。そのため水、応力、熱の各々について力学的取扱いやモデル化は既往の考え方に沿って理解できるもののそれらが合体となった時、現象の取扱いをどうするのがベストであるか不明な点が少なくない。さらに、軟岩の力学的性質については我が国のように岩盤の多くが軟岩と見れる地盤を相手としなければならない国柄においては重要な研究テーマである。

上述の研究テーマは岩盤の力学的モデルと解析手法の中にうまく組み込まれて技術的応用が図られるべきものであ

総括・一般報告

ろう。その意味で力学特性値の的確な決定、平均化手法、境界条件の設定などの合理的な裏づけが求められ、現場測定法、試験法、計測技術の開発が不可欠となる。幸いにも現地計測にしても岩盤力学モデルの解析にしてもコンピューターの普及に支えられた新しい技術の開発が急に発展しつつあるのは喜ばしい限りであろう。

今回『岩の性質』で発表された研究を念頭に置きながら研究の現状を考えてみよう。

① 新しい技術や手法の研究・開発

昨今のエレクトロニクス関連分野の技術進歩と他分野との学際的研究・開発に呼応して岩の分野においても新しい手法や技術の導入が見られる。例えば、今回の研究発表会における『岩の性質』セッションでは、セミバリオグラム、クリギングのような統計手法の適用、パーソナルコンピューター（小型電算機）による不連続面の幾何特性の三次元処理、および新しい孔内打撃応答試験（現場試験）の開発などがあげられよう。今後ますます研究・開発の面で産・官・学による学際的研究は従来の古い分野・研究体質を越えて進むものと考えられる。

② 岩盤の不連続性・異方性の研究

岩盤を特徴づける大きな要素の一つが、節理やシームなど不連続面の存在である。最近の岩盤構造物の設計に当たって数値計算がしばしば応用され、不連続面や異方性のモデル化技術の重要性が認識され始めている。

③ 軟岩の物性および変形に関する研究

軟岩に関する研究発表はここ数年来増加の傾向にあるが、その背景には軟岩地山建設サイトの増加と同時に軟岩を利用した盛土の施工などにある。また、都市内およびその周辺の開発が進むにつれ、今後も軟岩を対象とした工事がますます増えるものと考えられ、軟岩の力学的研究はもちろん地質調査も重要な課題と見られている。今回の研究発表ではスレーキング、スウェリング、劣化、繰返し荷重による挙動などの研究が注目された。

④ 数値解析手法に関する研究

FEM, BEM, DEM など数値解析に関する研究発表が一時に比べやや手づまり気味のように見える。これは解析手法の細分化と複雑化が進み、実用面での実際といく分遊離した面があるのではないだろうか。近年、計測技術とその精度が向上しつつあるとはいえ、まだ解析結果との対比が十分できるところまでは至っていないものも多い。

⑤ 岩盤の透水性・透気性に関する研究

圧縮空気貯蔵、石油・LPG の貯蔵、放射性廃棄物の処分など技術的要求に応じ、岩盤の透水・透気性に関する研究発表が目立ち始めている。今回の発表の中では節理系の流れ、透水テンソルの応用、透水係数測定、および割れ目モデル中の透気の研究が報告された。これらいずれも割れ目情報の上立った研究であり、現地測定・調査が基盤となるものであり、今後も新しい研究の方向が生まれる可能

性があるから大いに期待のもてる研究課題である。

周知のように研究は人が行うものであり、研究の内容はその時の社会的要請に大きく依存する。それが工学分野の研究の宿命であると同時に使命でもあろう。このような視点から『岩の性質』セッションにおける研究は今後ますます発展すべきものであろう。従来進められた研究テーマはその線上で非常に大切なものを的確に認識しているものと思う。将来もっとこの分野の研究の発展がなされるとすれば、一つの方向としては地下研究施設（Underground Research Laboratory）のようになり組織的かつ総合的な研究拠点が求められるのではないだろうか。また、研究の進め方が他分野を含む広い視点から協力体制の下でなされるようになるのではないかと思う。当然かも知れないが、技術が高度でかつ多様になれば、それに応える研究も自ずから学際的になり、新しい視点が求められることは否めない。

一般報告

埼玉大学 山辺 正

391 一軸圧縮下における岩石のAE周波数特性（畑・道廣・藤原・吉岡）

392 軟岩の力学特性に及ぼす間隙水圧の影響（土岐・三浦・持田・林）

393 第三紀堆積泥岩の異方性に関する研究（渡辺・川崎・傳田・中沢）

394 三軸圧縮試験による軟岩の動的強度特性（荻野・吉中・星）

395 花崗岩の疲労特性に及ぼす応力振幅の影響について（安部・石塚・児玉）

396 逗子層における凝灰質泥岩と泥岩の劣化状況比較（福岡・小西・村沢・名草・新津）

397 モンモリロナイト含有量と膨張性について（稲葉・土居・平田・石山）

398 和泉層群泥質岩の工学的性質（加藤・中世古・橋本）

399 島尻層泥岩のせん断強度特性に及ぼす風化の影響（小宮・新城）

本セッションに登録された9編の論文は、いずれも室内試験によって地盤材料の物性を決定したりあるいは物性の評価手法を探ろうとしたものである。この9編が着目している分野を大別すると、AEに関するもの（391）、静的強度変形特性に関するもの（392, 393）、動的強度特性に関するもの（394, 395）、スレーキングや風化などの劣化現象に関するもの（396, 397, 398, 399）に区分できよう。

391は硬岩7種類を対象として一軸圧縮応力下におけるAEを計測し、AE卓越周波数の応力レベル依存性に着目している。卓越周波数の決定方法や、破壊に至る直前の供試体に発生する構造異方性などについて討議があった。

392は第三紀の砂岩を用いた排水三軸圧縮状態において

間隙水圧とひずみ速度が、強度変形特性に与える影響を調べ、ひずみ速度が増大するにつれピークおよび残留強度と初期せん断剛性が増加することを見いだしている。採用したひずみ速度に関する討議が行われた。

393は第三紀の泥岩を用いた排水三軸圧縮状態において直交異方性体としての5種類の独立な弾性係数を実験的に決定し、それらのパラメーターが平均主応力依存性を有しているとの知見を得ている。八面体せん断応力を用いた強度の表現方法に関して討議が行われた。

394は第三紀の凝灰岩(大谷石)を用いた0.2 Hzの動的三軸圧縮試験を実施し、動的疲労強度の拘束圧力依存性を明らかにしている。自然地盤が不飽和な状態にあることを念頭においた質疑がなされた。

395は一軸圧縮強度224 MPaの稲田花崗岩を用いて0.5 Hzの動的な一軸圧縮試験を行い、疲労特性と応力振幅の関係に着目している。応力レベルに応じた破壊機構を応力腐食と疲労の立場から論じている。

396は軟岩盛土材料の劣化状況を評価するため、凝灰質泥岩と2種類の泥岩を用いて、岩種の違いによる劣化特性の相違を指摘している。397はモンモリロナイトを含む人工泥岩を用いて膨張性の判定手法について検討し、塑性流動と吸水膨張の区別について言及した。398は和泉層泥質岩の工学的性質について広範な室内実験を実施し、特に海水に対しては清水に対するより高いスレーキングを示すことを明らかにしている。399は島尻層泥岩を用いて多数の三軸圧縮試験を実施し、風化に伴う内部固結力の低下について論じている。396から399はすべて劣化特性に注目しているが、スレーキングあるいは風化などの発生メカニズムに踏み込んだ力学モデルに関する考察などにより、今後の更なる発展が期待される。

東急建設(株) 藤川富夫

400 地盤統計手法を用いた地盤定数の推定法に関する基礎的研究(大谷・大西・堀田)

401 岩石の粗さの形状と割れ目の強度特性(藤村・木山・西村)

402 岩盤の単一不連続面の変形と強度特性(岩本・大西・堀田・矢野)

403 孔内簡易打撃応答試験機の開発(打撃応答量とその評価)(野沢・鈴木・菊地・曾根)

404 珪藻土質泥岩の力学特性とフィルダム築造時の岩盤挙動(仲野・清水)

405 異方性を有する節理性岩盤の三次元掘削解析(山辺・多田・小田・長南)

406 泥岩盛土材の圧縮沈下(佐藤・竹田・赤石)

407 構造と応力の異方性を考慮した岩盤の透水テンソル(斎藤・小森・小田)

408 単一節理内流れに関する実験結果について(水戸・菊地・鶴田・奥野)

409 稲田花崗岩の透水係数について(高橋・平田・薛)

410 加圧条件下における開口割れ目内の漏気に関する基礎実験(坂口・伊藤・森・佐藤)

本セッションにおける11編の論文を分類すると、統計的手法の適用(400)、不連続面の幾何学特性と強度の関係(401, 402)、岩盤探査手法の開発(403)、岩盤の変形性(404, 405, 406)、岩盤の透水性および透気性(407, 408, 409, 410)などに区分できよう。

400はセミパリオグラムとクリギングという2手法を組み合わせた統計手法の応用であり、RQD以外の適用についても発展が期待される。これについて岩盤のみならず土質地盤への適用性に関する質疑応答があった。401は不連続面のラフネスに関する研究である。パソコンによる画像解析が行われており、主観的ラフネス評価から客観的評価への模索がなされている。同じく402も不連続面のラフネス評価手法に関するもので、今回の発表ではラフネスの持つフーリエスペクトルの周波数特性の利用が提案された。著者らはこの手法でダイレイタンス特性、さらには不連続面の強度推定も可能としており、ブロック滑動解析などへの応用も期待できるものと考えている。403で紹介された打撃応答試験機は新しい原位置試験として評価に値する。従来の手法との相関も良いので今後は多くの岩種での実証が必要であろう。404は室内実験と数値解析および現場測定そしてそれらに基づく現象の解釈を、珪藻土質軟岩のフィルダムアパットメントに関して行った発表であった。

405は著者らが数年にわたって研究を続けているクラックテンソルを用いた空洞近傍における変形の三次元解析である。地下発電所空洞などで実測されている変形と節理系との関連について有力な示唆を与える。今後は現地測定結果と対応した実際の適用が待たれる。

406は第三紀泥岩盛土の圧縮沈下特性の把握に簡易な乾湿繰返し試験でも実用性があることを示唆して興味深い。407はクラックテンソルを適用した数値実験によって、深度と応力状態に応じて透水テンソルの異方性が現れることを示したものである。異方性の定量的評価をどう考えるかという点での質疑応答がなされた。

408は現地単一節理面内の水の流れについて実施された実験の報告である。水の流れが非ダルシー的であると述べられているが、その原因と現象の解明に興味があり、今後の発展が期待できる。409はトランジェントパルス法に基づいた測定装置によって稲田花崗岩の透水係数を調べたものであって、従来力学的弱面といわれている石目と透水性の異方性の関係を検討したものである。岩盤の貯留係数の決定なども繋がる研究として期待が持てる。

410はLPG貯蔵や圧縮空気貯蔵で重要な問題となる岩盤割れ目の漏気と水封機能評価の基礎研究として高く評価されるもので、現場適用の手法の確立に期待がもてる。今後はLPGによる実験が待たれる。