

ZOOM UP ★★★

YOUNGSTERS ☆

岩盤力学に関する研究交換会

清水 則一 (しみず のりかず)

山口大学助教授 工学部社会建設工学科

堀井 秀之 (ほりい ひでゆき)

東京大学助教授 工学部土木工学科

芥川 真一 (あくたがわ しんいち)

神戸大学助手 工学部建設学科

山辺 正 (やまべ ただし)

埼玉大学助教授 工学部建設工学科

京谷 孝史 (きょうや たかし)

名古屋大学大学院助教授 工学研究科地圏環境工学専攻

岩盤力学は、これまでダム、トンネル、斜面などの設計施工において重要な役割を演じてきました。最近では長大橋、長大トンネル、長大斜面、原子力発電施設、石油や圧縮空気などのエネルギー貯蔵のための大規模地下空洞などの建設のために、ますますその重要性は高くなっています。また、そのプロジェクトに投じられる費用の大きさは、土木構造物全体を見渡しても、決して小さいものではありません。したがって、多数の研究者・技術者が岩盤力学に携っています。しかし、一旦、大学に目を転じますと、上に述べた背景にもかかわらず、必ずしも岩盤力学に従事している研究者は多いとはいえないような気がします。特に若手と呼ばれる教官は、他の分野に比べて少ないのではないのでしょうか。研究者の数が少ないと、研究の多様化、活気に欠ける点が指摘されますが、その反面、互いに面識があり十分なコミュニケーションが図れるという良い点もあります。

私たちは先だって、山口大学工学部（宇部市）に集まり、各々の研究について十分に時間をかけて、発表と意見交換を行いました。これには、同大学の岩盤研究グループのメンバーも参加しました。今回の試みの一つとして、研究発表にはテーマを定め、そのテーマに答えるかたちで、それぞれが最新の研究成果を発表し活発な討議を行いました。以下に、その内容について簡単に紹介いたします。

1. テーマ：岩の力学的性質—実験の役割—

山辺 正 「熱環境下における岩の性質」

液化ガスの岩盤内貯蔵、超伝導電力設備、寒冷地の凍害、各種凍結工法などの低温側の熱環境のもとで、岩盤はどのような物性を持つか、また、岩盤構造物は熱源からどのような影響を受けるかについては未解明な問題が多い。そこで、低温環境下にある岩の変形特性を明らかにするために室内凍結融解試験を実施し、その結果に基づき変形挙動に支配的な影響を持つ未凍結水分量を表すモデルを作成した。さらに、岩盤が凍結する際の熱移動現象および変形挙動をシミュレートできる力学モデルを構築し、有限要素解析プログラムを作成した。そして、原位置において大規模凍結融解試験を行い、温度分布の

変化や変形特性の結果に基づき、解析手法の妥当性を検証した^{1),2)}。

2. テーマ：岩の解析1—不均質性の取扱い—

京谷 孝史 「Homogenization 理論の応用」

Homogenization 法は微視的な周期構造を持つ物体の平均物性を評価する数学的手法である。ここでは、この理論の岩盤力学における有効性について、いくつかの例を通して検討した。まず、多孔質性の岩の平均弾性係数を Homogenization 法を用いて評価し、実験の結果と比較した。さらに、パターンボルトを打設した岩盤の平均弾性係数を評価した。その結果、たとえ岩盤が等方性であっても、ロックボルトの打設方向に関連して、平均物性には異方性があることがわかり、さらに、ボルトの量と異方弾性係数の定量的な関係が示された^{3),4)}。

3. テーマ：岩の計測—現場計測の役割—

清水 則一 「変位計測へのGPSの応用」

長大斜面や大規模露天掘りピットなどのような大規模領域における岩盤変位計測に、GPS (Global Positioning System: 人工衛星測量システム) が有効であることを示した。そしてGPSによる変位計測結果の精度を向上させると同時に、将来の岩盤の変位挙動を予測することのできる評価手法を提案した。その方法は計測結果の逆解析手法に属するものであるが、逆解析の過程で、GPS計測の観測点間において成り立つべき座標の幾何学的拘束条件を考慮している点に、従来の逆解析にない特徴がある。発表では、提案手法の定式化を説明し、その方法の妥当性を数値シミュレーションによって示した^{5),6)}。

4. テーマ：岩の解析2—不連続性の取扱い—

堀井 秀之 「破壊するジョイントを含む岩盤の解析」

不連続性岩盤の変形挙動は、岩盤の基質部の変形とジョイントの開口・すべりによる変形が重ね合わされた結果生じるものと考え、岩盤の新しい構成式を提案した。それは、岩盤内の応力がジョイントの破壊基準に達したとき、ジョイントが開口あるいはすべりを生じることを

Zoom up Youngsters

考慮したもので、構成式はマイクロメカニクス理論に基づいている。ここでは、提案した構成式を有限要素解析に取り込み、大規模地下空洞の掘削解析を行った。本解析法では、空洞の変形量だけでなく、周辺岩盤のジョイントの開口およびせん断変位の分布（すなわち、緩み域）を求められる特徴がある。さらに、緩み域の発達、天端沈下や側壁のはらみ出し量に対するアーチコンリートやPS工の効果を検討した^{7),8)}。

5. テーマ：岩の解析 3 —逆解析における非線形特性の取扱い—

芥川 真一 「非線形力学特性の逆解析」

現場計測結果の逆解析は、岩盤構造物の情報化施工において重要な位置づけにあり、しばしば実務にも取り入れられている。ここでは、これまでの逆解析において取り扱うことが困難とされていた岩盤の非線形特性を、計測変位から求める方法を提案した。その方法は、塑性状態における増分ひずみを等方弾性成分と非弾性（塑性）成分に分離し、非弾性の効果を擬荷重とみなし、それを計測変位から求めようとするものである。トンネル掘削問題を例に取り数値シミュレーションによって、提案方法を検証した^{9),10)}。

以上のように、それぞれが異なった視点から岩盤力学の課題に取り組んでおり、お互いに大いに刺激を受けました。学会や一般のシンポジウムでは、時間の制限や多くの参加者の手前、なかなか突っ込んだ質疑応答が難しい面がありますが、この会では納得のいく深さまで話が及んだように思えました。このように会がうまくいきますと、「次回はいつどこで…」ということになります。しかし、恒例化すると新鮮味が薄れたり、惰性になったりするような気がしますので、それぞれの研究が進み、誰かが「聞いてほしい」あるいは「聞きたい」という時期に、また声をかけあって集まりたいと思っています。

参 考 文 献

- 1) 山辺 正：岩盤における凍結融解試験とその数値解析，平成5年度土質工学セミナー，土質工学会中部支部，pp. 25～34, 1992.
- 2) 山辺 正ほか：原位置凍結融解試験に伴う地下き裂の熱応力挙動解析，第9回岩の力学国内シンポジウム，pp. 211～216, 1994.
- 3) Kyoya, T. et al.: Quantitative evaluation of effect of pattern bolting by the homogenization method, Proc. Assessment and Prevention of Failure in Rock Engineering, pp. 641～646, 1993.
- 4) 京谷孝史ほか：Homogenization法による琉球石灰岩の力学特性の評価について，第2回地下き裂のキャラクターゼーションワークショップ論文集，pp. 92～97, 1992.
- 5) 清水則一ほか：GPSによる斜面の変位計測結果の評価法，第9回岩の力学国内シンポジウム，pp. 623～628, 1994.
- 6) 清水則一ほか：GPSによる地盤変位計測結果の適応フィルタリングを用いた一評価法，土木学会論文集，487/III-26, pp. 275～278, 1994.
- 7) 堀井秀之ほか：破壊するジョイントを含む岩盤の構成式のモデル化とFEM解析，第9回岩の力学国内シンポジウム，pp. 1～6, 1994.
- 8) Horii, H. et al.: A constitutive model of highly jointed rock mass, Mechanics of Materials, 13, pp. 217～256, 1992.
- 9) Akutagawa, S. et al.: Characterization of yield function and plastic potential function by back analysis, Proc. Assoc. Comp. Meth. Adv. Geomech., pp. 2011～2016, 1994.
- 10) 芥川真一ほか：非線形力学特性の逆解析に関する一考察，第9回岩の力学国内シンポジウム，pp. 67～71, 1994.

(原稿受理 1994.8.31)

訂 正

■平成7年1月号 (Vol. 43, No. 1) の書籍紹介の欄で誤りがありました。おわび申し上げますとともに、下記のように訂正いたします。

記

●47ページ、書籍紹介 本の著者名

誤：三木 幸三著

正：三木 幸藏著