



中部ミニフォーラム

優秀論文

2023

# 細粒分含有率の異なる試料に対する

# 一軸圧縮試験とUU三軸圧縮試験の適用性に関する研究

中部土質試験協同組合 ○松本 勝己 石原 聖子 法安 章二

## 1. はじめに

一般に、飽和度の高い粘性土に対して土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験(JGS 0521-2020, 以下UU三軸圧縮試験と称す。)を行った場合、非圧密非排水条件(以下UU条件と称す。)であるため、各拘束圧の主応力差は一定となり、モールの応力円の破壊包絡線は $\phi_u=0$ となる。したがって、一軸圧縮試験(JIS A 1216:2020)がUU条件と仮定できる場合、一軸圧縮強さ( $q_u$ )は、UU三軸圧縮試験の拘束圧0における主応力差に相当することから、 $c_u=q_u/2$ として粘着力が求められる<sup>1)</sup>。

一軸圧縮試験はUU三軸圧縮試験と比較した場合、試験費用が安く、必要な供試体数も一般的に2供試体(UU三軸圧縮試験は3供試体)であるため試料長が短いサンプリング試料でも試験が可能である。

上記の点から、UU三軸圧縮試験より一軸圧縮試験が選択される場合がある。ただし、一軸圧縮試験は細粒分含有率が少なくなるにつれて応力解放の影響を受け、過小評価される傾向にある<sup>2)</sup>。

本研究では、細粒分含有率を変えて試料を作製し、一軸圧縮試験及びUU三軸圧縮試験を実施した。細粒分含有率の違いによるそれぞれの試験値を比較することで、一軸圧縮試験の適用性を把握することを目的とした。

## 2. 試験方法

試験試料は、同一深度の乱れの少ない試料で、細粒分含有率を変えて何パターンか用意することは困難であるため、一般に市販されている珪砂6号及び青粘土を使用し、再構成して試料を作製した。珪砂6号及び青粘土の配合割合(乾燥質量比)を変えることで細粒分含有率の異なる、4パターンの試料を用意した。(表-1参照)

表-1 作製する試料の条件

試料名	配合割合	
	珪砂6号	青粘土
試料A	0%	100%
試料B	25%	75%
試料C	50%	50%
試料D	65%	35%

試料の作製は、珪砂6号及び青粘土に蒸留水を混合し、液性限界の約1~2倍(基本的には液性限界の2倍で調整するが、珪砂6号の配合量が多くなるにつれて水分

過多となり、土と水が分離してしまうため、蒸留水の量を減らした。)に調整した。調整した試料は、直径15cmの容器の中で攪拌及び脱気を6時間行い、その後200kN/m<sup>2</sup>の圧密圧力により5日間一次元圧密を行った。作製した試料は容器から慎重に抜き出し、5等分に切分けた後、2供試体分を一軸圧縮試験、3供試体分をUU三軸圧縮試験に使用した。また、UU三軸圧縮試験の拘束圧は、200kN/m<sup>2</sup>の圧密圧力で試料作製したことから、過圧密領域の75,150kN/m<sup>2</sup>と、正規圧密領域の300kN/m<sup>2</sup>とした。(表-2参照)

試料作製の流れを図-1に示す。また、作製した試料の諸元表を表-3に、粒径加積曲線を図-2に示す。

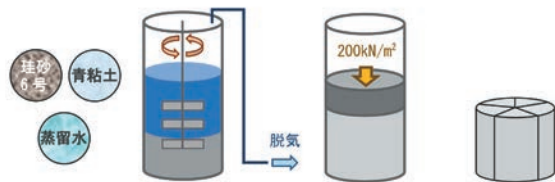


図-1 試料作製の流れ

表-2 各試験の条件

試験の種類	せん断速度	側圧
一軸圧縮試験	1.0%/min	-
UU三軸圧縮試験	1.0%/min	75・150・300kN/m <sup>2</sup>

表-3 試料の諸元表

試験結果	試料A	試料B	試料C	試料D
諸元				
細粒分含有率 $F_c$ (%)	89.1	67.2	45.2	31.6
湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.932	2.034	2.106	2.070
土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.733	2.709	2.687	2.675
飽和度 $S_r$ (%)	99.7	99.1	100.0	95.8

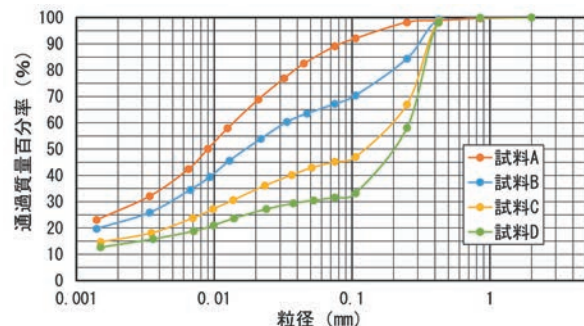


図-2 粒径加積曲線

3. 試験結果

表-4 試験結果一覧

試験結果	試料A	試料B	試料C	試料D
一軸圧縮試験				
一軸圧縮強さ $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	96.5	81.7	67.6	45.1
非排水せん断強さ $s_u (=q_c/2)$ (kN/m <sup>2</sup> )	48	41	34	23
UU三軸圧縮試験				
粘着力 $c_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	42	42	38	52
せん断抵抗角 $\phi_u$ (°)	0 ※			

※非排水非圧密条件下では、側方応力に関係なく一定の大きさで扱う「 $\phi_u=0$ 法」の考え方をを用いる。

試験結果の一覧を表-4に示す。

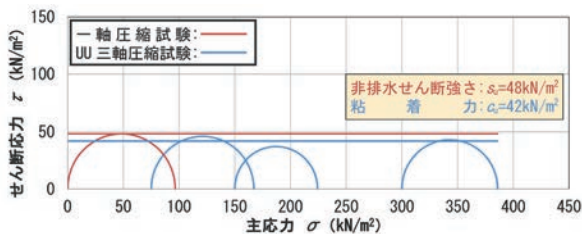
試料A( $F_c=89.1\%$ )については、図-3(a)のモールの応力円と破壊包絡線を見ると非排水せん断強さ $s_u$ (48kN/m<sup>2</sup>)の方が粘着力 $c_u$ (42kN/m<sup>2</sup>)よりも少し大きくなっている。基本的には、一軸圧縮試験の結果がUU三軸圧縮試験の結果を上回することは考えづらいことから、試料の乱れの影響が出ているものと考えられる。

試料B( $F_c=67.2\%$ )については、図-3(b)のモールの応力円と破壊包絡線を見ると非排水せん断強さ $s_u$ (41kN/m<sup>2</sup>)と粘着力 $c_u$ (42kN/m<sup>2</sup>)の値に総じて差異はない。

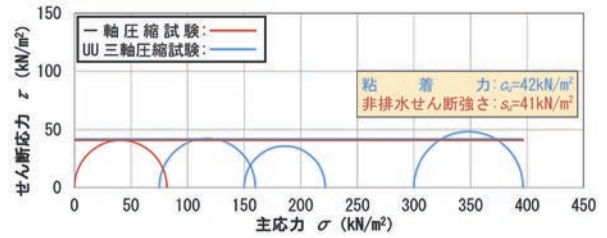
試料C( $F_c=45.2\%$ )については、図-3(c)のモールの応力円と破壊包絡線を見ると非排水せん断強さ $s_u$ (34kN/m<sup>2</sup>)より粘着力 $c_u$ (38kN/m<sup>2</sup>)がやや大きく出ているが大きく変わることはない。

試料D( $F_c=31.6\%$ )については、図-3(d)のモールの応力円と破壊包絡線を見ると非排水せん断強さ $s_u$ (23kN/m<sup>2</sup>)が粘着力 $c_u$ (52kN/m<sup>2</sup>)と比較してかなり小さな値となり、一軸圧縮試験の結果がUU三軸圧縮試験の結果を大きく下回ることが分かる。これは、細粒分含有率が少ないことにより、一軸圧縮試験の結果が応力解放の影響を受けて過小に評価されたためだと考えられる。

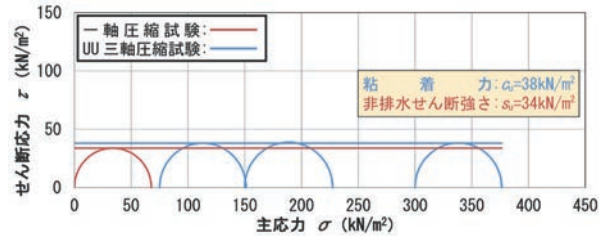
細粒分含有率と $s_u/c_u$ の関係を図-4に示す。試料Aについては、 $s_u/c_u > 1.0$ の結果は考えにくいので、 $s_u/c_u = 1.0$ として結果を整理した。 $s_u/c_u$ が1.0に近いほど一軸圧縮試験及びUU三軸圧縮試験の結果が近く、1.0より小さい値になるほど一軸圧縮試験の結果を用いた場合、過小評価されることになる。各試験結果を結んだ曲線から、細粒分含有率が50%を下回るあたりから $s_u/c_u$ は著しく低下傾向を示していることが分かる



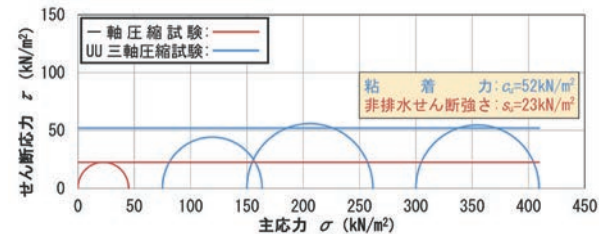
(a) 試料A



(b) 試料B



(c) 試料C



(d) 試料D

図-3 モールの応力円と破壊包絡線

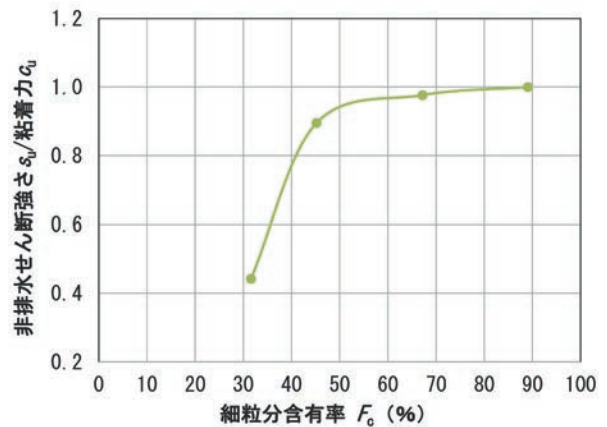


図-4 細粒分含有率と $s_u/c_u$ の関係

4. まとめ

細粒分含有率が50%を下回る試料については一軸圧縮試験を実施するべきではなく、上回るような試料については一軸圧縮試験の結果を用いてもUU三軸圧縮試験の結果と大きな差がないという知見を得た。

引用・参考文献

- 1)地盤工学会:地盤材料 試験の方法と解説[第一回改訂版], pp.581-613
- 2)地盤工学会:土質試験 基本と手引き[第二回改訂版], pp.135-158

# 落石調査(特に山岳地の地表踏査)の位置精度を向上するための取り組み

株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング ○田中 龍哉 広瀬 義純

## 1. はじめに

落石調査は、主に山岳地の斜面を対象として、落石災害発生の可能性を検討し、対策が必要な場合は、設計に必要な基礎的情報を得ることを目的として実施する。地表踏査では、対象となる落石の「大きさおよび岩質、落石の位置、安定性」などを確認し記録する。これらの情報のうち「落石の位置」は、その後の対策工の設計において「落石の経路」および「落石の到達範囲」や「落石が落下した際のエネルギー」などの検討に用いられるため、精度良く記録することが必要である。

しかし、踏査経験が少ない技術者にとって、図面と現地の地形を照らし合わせて落石位置を正確に記録することは難しい。落石調査を含む踏査技術の向上には、空間の認識能力を高める必要があるが、この能力は直ぐに身に付くものではない。

図-1は、筆者が初めて落石調査を経験した際に作成した成果と実際の落石位置の比較を行ったものである。現地踏査時は、後述するトレッキングGPSを使用して落石位置を記録したが、実際の落石の位置は最大で40m程度ずれていた(図-1)。

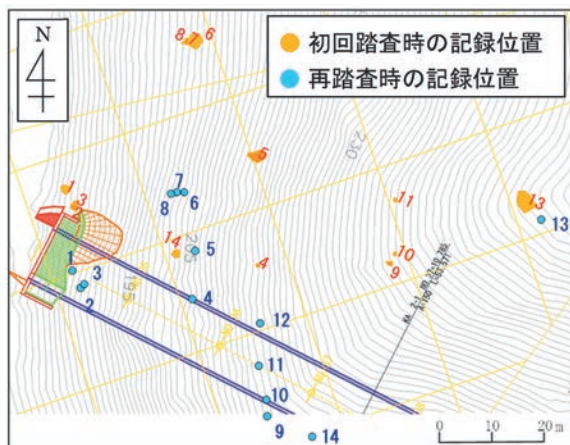


図-1 位置情報の比較

本論では、上述したような失敗経験から、地表踏査において精度良くかつ効率的に位置情報を取得するための方法を検討した。

## 2. 検討方法

検討は、樹木状況等の異なる3現場を対象に、4つの位置情報の取得方法で得られた位置データを用いて行った。

以下に各位置情報の取得方法と各現場について詳細を紹介する。

### (1) 位置情報の取得方法

表-1に示す4つの方法で落石などの位置情報を取得した。4つの方法のうち、①～③はGPS(GNSS)を使用した機器である。GPS機器の精度は、受信する衛星電波の数に関係し、多くの衛星電波を受信できる機器ほど精度が高くなる。

そこで、仕様や価格帯が異なるGPS機器を3つ用意し、精度の比較を行った。なお、③のマルチGNSS対応測量機器は、「ネットワークRTK測位方式」を採用しており、その位置情報の精度は非常に高く、測定誤差数mm未満程度で計測することが可能な機器である。ただし、樹木などの障害物が存在すると計測を行うことができない場合が多い。また、④として、技術者がGPSを使用せず取得した位置情報を比較対象とした。

表-1 位置情報の取得方法

取得方法	備考	価格
① デジタルカメラ内蔵GPS	GPS	¥60,000
② トレッキングGPS	GPS/みちびき/GLONASS/Galileo	¥83,000
③ マルチGNSS対応測量機器	ネットワークRTK測位方式	¥3,000,000
④ 技術者の現地地形判読	-	-

### (2) 位置情報の取得現場

本論では、植生状況が異なる表-2に示す3現場にて位置情報を取得した。

3現場はいずれも山間部であるが、樹木の量によってGPS電波の入りやすさが異なる。現場A、BではいずれのGPSも電波が入ったが、現場CにおいてはマルチGNSS対応測量機器(③)は電波が入らなかった。

表-2 位置情報を取得した現場条件

現場名	特徴	実施項目
A	樹木が少なく、電波が入りやすい現場	①②③
B	背丈の高い樹木が多く、	①②③
C	電波が入りにくい現場	



図-2 各現場の状況写真

### 3. 位置情報の比較結果

#### (1) GPS機器の比較

今回対象とする3つの現場の内、現場CにおいてはマルチGNSS対応測量機器(③)は電波が入らなかった。残りの2箇所の現場においては、マルチGNSS対応測量機器(③)で取得した位置を正規位置として扱い、GPS機器①②の誤差を比較した。

現場A, Bの比較結果を図-3・4に示す。



図-3 現場Aの結果<sup>1)</sup>

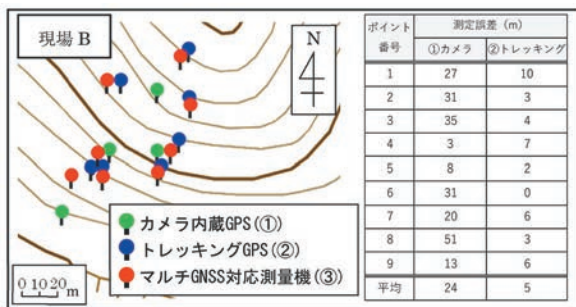


図-4 現場Bの結果<sup>1)</sup>

比較の結果、カメラ内蔵GPS(①)は、現場Aでは最大42m程度、現場Bでは最大51m程度の誤差が生じた。一方、トレッキングGPS(②)は現場Aで最大8m程度、現場Bで最大10m程度の誤差が生じた。

以上より、両GPS共に現場Aよりも現場Bの方が正規位置からの誤差が大きくなった。これは、樹木が多い現場ほど電波が入りにくかったためであると考えられる。また、カメラ内蔵GPS(①)に比べトレッキングGPS(②)は誤差が小さくなる傾向が得られた。

#### (2) ②④の比較結果

(1)より、トレッキングGPS(②)の誤差は最大でも

10m程度に収まり、カメラ内蔵GPS(①)よりも精度が高い結果となったため、現場Cにおいて技術者が記録した位置(④)と比較した。比較結果を図-5に示す。

図-5より、トレッキングGPS(②)と技術者が記録した位置(④)の誤差は最大で32m程度と、比較的大きな誤差が生じた。現場Cは、10m程度の高さの樹木が多く、電波は現場A, Bと比べ最も入りにくく、GPSの位置精度が低くなったと考えられる。

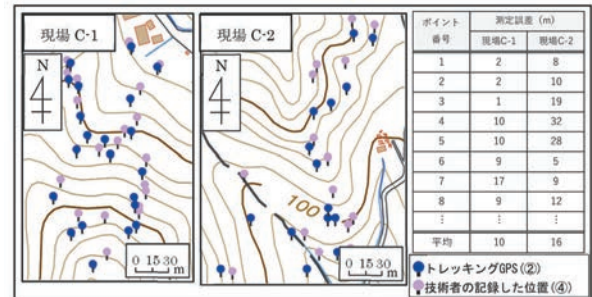


図-5 現場Cの結果<sup>1)</sup>

### 4. 考察

落石調査においては、斜度が高い斜面を踏査することが多いため、なるべく荷物の携行量を減らし、咄嗟に何かにつかまることができるよう、両手は常に空けておくことが好ましい。この観点から、マルチGNSS対応測量機器(③)は、常に機械を手を持った状態で歩行しなくてはならないため、落石調査には適さない。

一方、携行が可能なカメラ内蔵GPS(①)とトレッキングGPS(②)のうち、精度の良い②を使用した場合でも、樹木の影響で30m程度の誤差が生じることが判明した。

以上より、落石位置を特定する際、GPSで取得した位置は落石位置を特定するための情報のひとつと認識し、周囲の地形や構造物・記録済みの落石などとの位置関係から総合的に判断することが非常に重要である。

ただし、トレッキングGPSには、自動で歩行したルートや時間を記録する機能が付いている場合が多く、そういった機能を使うことで、取りまとめ時にはより効率や精度が良く作業を行うことができると考えられる。

### 5. おわりに

踏査経験に乏しい若手技術者にとって、図面と現地の状況を照らし合わせて落石位置を正確に記録することは難しく、GPSなどの機器を頼りにしてしまう場合がある。しかし、GPSの効力が発揮される条件は、頭上に樹木などの障害物が少ないことが前提となり、落石調査においては適用できない場合が多い。

若手技術者がより正確に踏査を行うためには、業務や研修を通じ経験値を積み上げることが重要である。その際、現在位置をGPSで作業的に記録しながら踏査をするのではなく、同行者と位置に関する確認を頻繁に行うことで、多角的な視点で判断できる技術を身に付けることができるようになると思う。

#### 引用・参考文献

- 1) 国土地理院地形図(に加筆), (最終閲覧日2023年5月30日), <https://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>.

# 中部ミニフォーラム2023の概要と講評

技術委員長 深谷 雄二

## 1. 開催の概要

中部ミニフォーラム2023は10月6日、名古屋国際会議場にて開催されました。発表者・聴講者・スタッフ等関係者を合わせて60名のご参加をいただきました。

■開催日時：令和5年10月6日(金)13:00～17:35

■後援：(公社)地盤工学会 中部支部

■開催場所：名古屋国際会議場  
2号館2階222+223会議室

■内容：3部構成(プログラム参照)  
第1・2セッション 技術発表8編  
第3セッション 特別企画

■意見交換会・懇親会：中華料理 はま亭

本フォーラムでは、開催主旨の「技術力・発表力向上、地質調査業の社会的地位向上」を目指し、若手～中堅技術者の皆さんに日頃の研究や業務等で経験した内容を積極的に発表していただくことで、その論文内容も含めたプレゼンテーション能力の向上を目指しています。また、経験豊富な技術者にも参加していただき、質疑をとおして技術的なアドバイスを行うことにより、発表者のみならず参加聴講者にも技術を伝承する場となるよう企画・運営しています。

今年度の発表編数は8編と昨年度の7編に比べ1編増え、例年どおり「若手・中堅技術者の発表練習の場」という位置付けとしました。各発表内で質疑と意見交換を行うこととし、発表12分、質疑・意見交換で8分の時間配分としました。各セッションでは、活発な質疑応答・意見交換が行われ、8分の質疑・講評時間が短く感じられました。非常に有意義な時間となったと思います。最近ではボーリング調査の結果報告だけでなく、新技術や地質調査の応用など幅広い内容の発表が多くなっていると感じました。

特別講演は、地質調査の基本技術で実務にも役に立つ内容という観点で風水土の永田秀尚氏に「コアの上にも四十年-岩盤コアの体験的見方まとめかた」というテーマで、ご講演をいただきました。ボーリングコア観察は我々地質調査業での基本的な技術ですが、複雑であるがゆえにとっつきにくいものがあります。ご講演は永田さんの長年の英知が詰まったもので、コアの見方について実例を多く取り入れてご紹介していただきました。今後の業務に非常に役に立つ内容であったと思います。

発表会終了後には、実に3年ぶりに意見交換会&懇親会を実施することができました。場所を移動しての開催でしたが、参加者27名のご協力によりスムーズに運びました。多少狭い会場ではありましたが、特別講演講師の永田さんにも参加いただき、距離感が近く、意見交換&懇親ができたと思います。

## 2. 講評

### 【プログラム】

13:00～13:05	開催挨拶	理事長
13:05～13:10	留意点の説明(質問その他)	技術委員会
13:10～14:30	第1セッション ～土質調査・室内土質試験～	
1.	細粒分含有率の異なる試料に対する一軸圧縮試験とUU三軸圧縮試験の適用性に関する研究	松本勝己 中部土質試験協同組合
2.	単位体積重量の実測値と一般値との比較	廣田駿太 日本エルグルト(株)
3.	試料調製時の含水比が液性限界・塑性限界試験に及ぼす影響	石原聖子 中部土質試験協同組合
4.	ため池形状および粒度構成による安定性評価の検討	平野健幸 (株)フジヤマ
14:30～14:40	休憩	
14:40～16:00	第2セッション ～岩盤調査・物理探査・新技術～	
5.	ボーリングコア観察の新たな取り組み	倉本尚吾 東邦地水(株)
6.	落石調査(特に山岳地の地表踏査)において位置精度を向上させるための取り組み	田中龍哉 (株)アサノ大成基礎エンジニアリング
7.	大規模盛土造成地第二次スクリーニング計画の実施例	下山友実 日本工営都市空間(株)
8.	既設鋼管杭に近接した不発弾探査実証試験の事例	岩崎理代 大日本ダイヤコンサルタント(株)
16:00～16:10	休憩	
16:10～17:10	第3セッション(特別企画)	
	テーマ：「コアの上にも四十年-岩盤コアの体験的見方まとめかた」	永田秀尚氏 風水土
17:10～17:20	アンケート記入	技術委員会
17:20～17:30	優秀論文発表	理事長
17:30～17:35	閉会挨拶	技術委員長
18:15～19:45	意見交換会&懇親会(中華料理 はま亭；地下鉄日比野駅西側すぐ)	

論文査読・審査、発表審査には技術委員が当たりました。論文審査は6項目について査読後の最終稿で、発表審査は5項目について評価しました。いずれも技術的な難易度については評価しておりません。

以下、論文および発表についての講評と審査結果です。まず、応募から発表まで、発表された全員が真摯に向き合っていたことに感謝いたします。今回の「練習の場」を糧にますます腕を磨いていただくことを期待します。実務では、正しさはもちろんのこと、お客様に十分理解していただけるようなわかりやすい報告書の作成と説明が必須です。技術力とプレゼン力の両方を引き上げるため日々研鑽をお願いします。

審査の結果、優秀論文発表者は以下の2名の方に決まりました。論文①は、実務面でも役に立つ内容で、論文の完成度が高く・pptの出来・発表力が高く評価されました。論文②は、現場条件の悪い山岳地での点検位置精度の向上についての報告で今後の業務に役に立つ内容でした。

### ■優秀論文発表者(2名)

- ①「細粒分含有率の異なる試料に対する一軸圧縮試験とUU三軸圧縮試験の適用性に関する研究」：松本勝己(中部土質試験協同組合)
- ②「落石調査(特に山岳地の地表踏査)において位置精度を向上させるための取り組み」：田中龍哉((株)アサノ大成基礎エンジニアリング)

中部ミニフォーラムは毎年開催の予定です。若手～中堅技術者の皆さんの「技術力・発表力向上」のための登竜門となるように、技術委員一同、真剣に取り組んでおりますので、多数の応募をお待ちしております。