



中部ミニフォーラム
優秀論文

2025

富士山東麓に分布するスコリアの工学的特性について

東邦地水株式会社 ○藤原 聡 山澤 朋夏

1. はじめに

静岡県駿東郡小山町において構造物の建設に伴い、地盤定数の設定を行う必要があった。本地域の表層には、日本における特殊土に分類されるスコリアが分布する。

本研究では、スコリアが一般的な土とは性状が異なることを考慮し、乱れの少ない試料を用いた室内土質試験を実施した。今回は、その結果明らかとなったスコリアの工学的特性について報告する。

2. 対象のスコリアについて

対象のスコリアは、新富士の火山活動に伴う堆積物である。富士山東麓では過去の多数の噴火によりスコリアが堆積した。特に、1704年(宝永4年)の宝永噴火は代表的な噴火として知られており、小山町では約2mに達するスコリアが堆積したと報告されている¹⁾。

本研究で対象としたスコリアは、深度2~11mでサンプリングした試料であり、宝永噴火より前に堆積したスコリアである。

3. 試験方法

サンプリングした試料の諸元を表-1に示す。試料はA~Eの5試料であり、試料Aと試料Cは深度2~3m、試料Bと試料Dは深度4~5m、試料Eは深度10~11mからトリプルサンプラーを用いて採取した試料である。

これらの試料について、物理試験および三軸圧縮試験(CD試験)を実施した。

表-1 サンプリングした試料の諸元

	試料A	試料B	試料C	試料D	試料E	
地点番号	No.1	No.1	No.2	No.2	No.3	
採取深度(m)	2~3	4~5	2~3	4~5	10~11	
土質分類	細粒分質砂質礫					
採取方法	トリプルサンプリング					
物理試験	土粒子の密度、土の含水比、土の粒度、土の湿潤密度					
三軸圧縮試験	試験条件	CD試験				
	側圧(kN/m ²)	25,50,100	25,50,100	25,50,100	25,50,100	80,160,320
N値	6	7	7	6	4	

4. 試験結果

各試料の物理特性を表-2に示す。また、参考として一般的な沖積層砂の物理特性値を表-3に示す。

(1) 土粒子の密度

土粒子密度は $\rho_s=2.772\sim 2.891$ (Mg/m³)で、一般

的な沖積層砂($\rho_s=2.6\sim 2.8$ (Mg/m³))よりも全体やや大きい値であった。これはスコリアに重鉱物が含まれているため、比重が大きい。

表-2 各試料の物理特性

	試料A	試料B	試料C	試料D	試料E
土粒子の密度 ρ_s (Mg/m ³)	2.823	2.823	2.779	2.891	2.772
自然含水比 w_n (%)	68.4	59.3	69.7	42.7	53.6
湿潤密度 ρ_t (Mg/m ³)	1.566	1.607	1.440	1.495	1.572
間隙比 e	1.907	1.742	2.307	2.165	1.794
礫分 (%)	40.1	36.6	42.7	44.6	43.0
砂分 (%)	31.8	29.9	35.9	33.8	35.3
シルト分 (%)	13.1	15.7	7.5	9.4	8.2
粘土分 (%)	15.0	17.8	13.9	12.2	13.5
最大粒径 (mm)	26.5	26.5	19	19	19
分類記号	(GFS)	(GFS)	(GFS)	(GFS)	(GFS)

表-3 沖積層砂の参考値²⁾

	一般的な沖積層砂の一般値
土粒子の密度 ρ_s (Mg/m ³)	2.6 ~ 2.8
自然含水比 w_n (%)	30 ~ 50
湿潤密度 ρ_t (Mg/m ³)	1.60 ~ 1.80
間隙比 e	0.75 ~ 1.50

(2) 含水比

含水比は42.7~69.7(%)であり、一般的な沖積層砂(30~50(%))より全体にやや大きい値であった。これは、スコリアが多孔質構造であり、内部に水分が保持されることが要因である。

(3) 間隙比

間隙比は $e=1.742\sim 2.307$ で、一般的な沖積層砂の間隙比(0.75~1.50)より大きい値であった。スコリアの間隙比が大きい要因は、粒子内部に間隙を含むためであり、土粒子間の間隙とは性質が異なる。

(4) 湿潤密度

湿潤密度は $\rho_t=1.440\sim 1.607$ (Mg/m³)で、一般的な沖積層砂($\rho_t=1.60\sim 1.80$ (Mg/m³))よりも小さい値であった。これは、スコリアが多孔質であり、単位体積あたりの重量が一般的な土よりも小さいためである。

(5) 粒度特性

粒度特性は、礫分が36.6~44.6(%)の礫質土であり、分類記号ではすべての試料が細粒分質砂質礫(GFS)であった。最大粒径は19~26.5mmで、礫は細礫~中礫である。

ここで、各層の粒径加積曲線を図-1に示す。

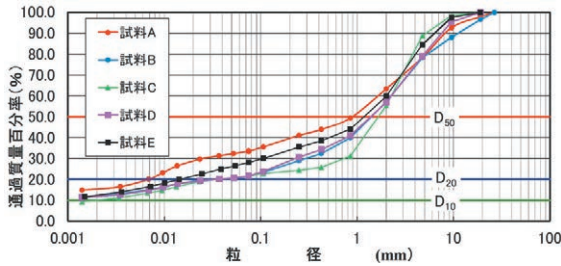


図-1 各試料の粒径加積曲線

粒径加積曲線は粒径幅が広く、5試料のうち4試料は粒径0.001mmにおける通過百分率が10%を超えていた。このため、均等係数および曲率係数の算出は不可能であった。

(6)せん断強度

図-2に各試料の主応力差-軸ひずみ曲線を示す。

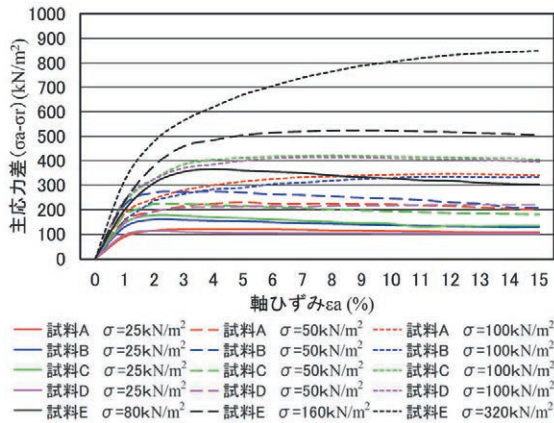


図-2 各試料の主応力差-軸ひずみ曲線

図-2によれば、試料が緩い状態でせん断されており、せん断時における体積変化が小さいため、主応力差のピークはすべての試料において不明瞭であった。

図-3に各試料の体積ひずみ-軸ひずみ曲線を示す。

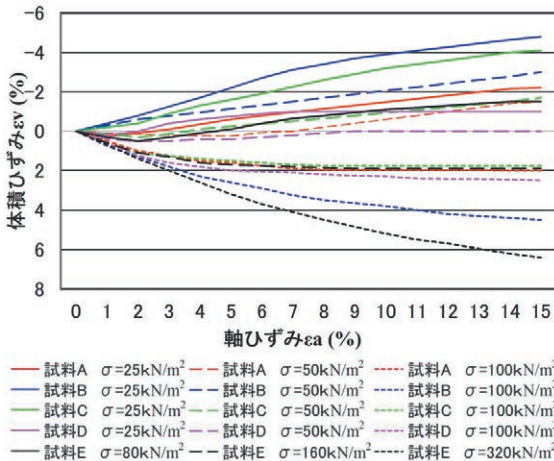


図-3 各試料の体積ひずみ-軸ひずみ曲線

図-3によれば、せん断時における体積変化は、拘束圧 $\sigma=25\sim 50\text{kN/m}^2$ では体積収縮を示し、 $\sigma=100\text{kN/m}^2$ 以上では体積膨張を示した。一般の土は、緩い砂は

負のダイレイタンスを示し、密な砂は正のダイレイタンスを示すことが知られており³⁾、今回の結果もこれと同様の結果であった。また、拘束圧 σ がさらに大きい場合には粒子破砕が発生し負のダイレイタンスを示すと考えられるが⁴⁾、 $\sigma=100\text{kN/m}^2$ 程度の拘束圧によるせん断では負のダイレイタンスは認められなかった。そのため、本試験条件における粒子破砕は発生していないと判断できる。

表-4に各試料のせん断強度およびせん断抵抗角 ϕ の推定値を示す。各試料のせん断強度は、粘着力 $c=3\sim 57\text{ (kN/m}^2)$ であった。また、せん断抵抗角は $\phi=30.3\sim 41.9\text{ (}^\circ)$ で、 N 値から算出した推定値よりも大きい値であった

表-4 三軸圧縮試験結果と ϕ の推定値

試験条件	試料A	試料B	試料C	試料D	試料E
Cd (kN/m ²)	57	16	36	20	3
ϕ_d (°)	30.3	36.3	31.5	38.7	41.9
※ ϕ の推定値 (°)	25	26	26	25	23
N値	6	7	7	6	4

※ $N=\sqrt{20N+15}$ (°)より推定⁵⁾

5. まとめ

スコリアは多孔質な粒子構造で、一般的な土と比較すると土粒子の密度・含水比・間隙比が大きく、湿潤密度は小さい。また、粒度分布は細礫から中礫が多く、粒径幅は広い。

低拘束圧でのせん断では主応力差のピークは不明瞭であり、ダイレイタンスの挙動から、粒子の破砕は発生していないと判断することができた。また、せん断抵抗角は、 N 値から算出した推定値よりも大きな値を示した。

以上より、スコリアは一般的な土と比べて工学的特性が大きく異なる。したがって、地盤定数の設定にあたっては、適切な条件下で室内土質試験を実施して設定することが望ましい。

なお、スコリアのせん断時における粒子破砕については、本報告では解明することができなかった。今後は、いかなる拘束圧条件において粒子破砕が発生するか、また粒子破砕が生じた場合にせん断強度へ及ぼす影響について、引き続き検証を進めていきたい。

引用・参考文献

- 1) 富士山火山防災協議会(2004):富士山火山防災マップ
- 2) 鹿島出版会:わかりやすい土木技術 土質調査の基礎知識, p.35
- 3) 大阪公立大学出版会:土質力学II, pp.16-17, p.33
- 4) 土木学会第45回年次学術講演会:スコリアの力学特性と支持力実験における地盤の破壊性状
- 5) 日本建築学会:建築基礎構造設計指針(2019年), p.30
- 6) 地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版]
- 7) 地盤工学会:土質試験基本と手引き[第三回改訂版]
- 8) 地盤工学ジャーナルVol.9, No.3:富士山周辺における「スコリア」の地盤工学的特性

特殊な地山条件に留意した トンネル設計のための地質調査事例

川崎地質株式会社 ○三浦 倫裕 原 勝宏

1. はじめに

トンネル計画区間において、①河川直下を通過する、②小土被り、③断層を含む地山といった、留意すべき地山条件が複合した区間では、適切な掘削工法や補助工法、湧水対策を検討するため、詳細な地質構造の把握が不可欠である。しかし、一般的なボーリング調査や物理探査のみでは複雑な地質構造を十分に把握することが困難な場合も多い。

本論文では、複数の調査手法を段階的に適用することで、複雑な地質構造を把握することができた事例を報告する。

2. 調査背景

(1) 地形地質概要とトンネル計画

調査地は、急峻な山岳地の河川沿いにある。本河川は、河道の幅が5m程度で、緩やかに蛇行しながら南から北に流下している。この地域は領家帯の花こう岩類を基盤岩とし、河川の両岸では、しばしばCL～CM級の硬質岩盤が露出する。河床には花こう岩類起源の玉石と砂礫が堆積している。

当該地のトンネルは、河川直下を東西方向に横断する計画である。河道区間のトンネル土被りは9～10m程度で、施工による地表面沈下や河川水の引き込みが懸念される小土被り区間となる。

(2) 既往調査概要

既往調査ではトンネル天端付近の地質性状を把握するため、河川の両岸で2地点ずつボーリング調査が実施された(図-1青丸地点)。その結果、左岸側のA地点で断層破碎帯が確認された(写真-1)。断層は、A地点のみで確認されたこと、および周囲に比較的硬質な露岩が分布することから、高角で幅の狭いものと想定された。しかし、断層の幅や走向傾斜を推定するための資料は少なく、断層とそれに伴う脆弱な地質の分布域は不明確であった。

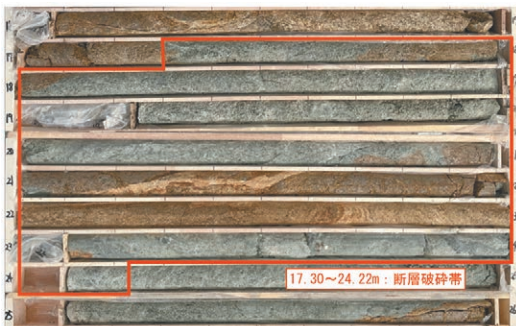


写真-1 A地点コア写真(GL-16.00～26.00m)

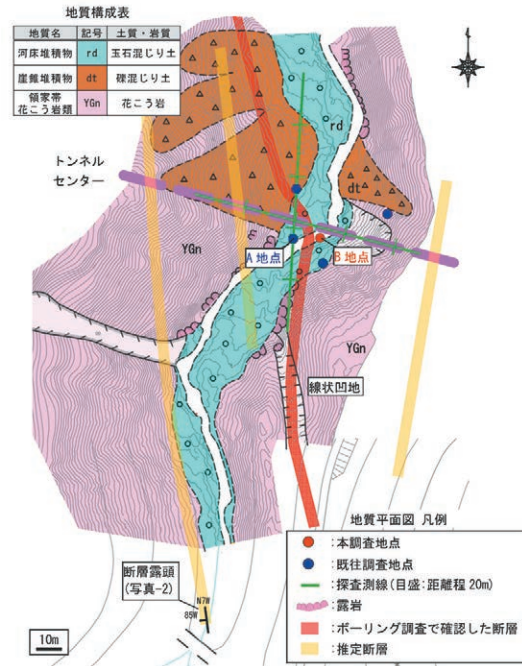


図-1 地質平面図(縮尺:任意)

3. 調査実施方針

当該地の地質構造を効率的かつ高い精度で把握するために、表-1に示す複数の手法を組み合わせることで段階的に調査を実施するものとした。

表-1 調査手法とその目的

順番	調査手法	調査目的
①	地表踏査	断層の分布を示唆する地形地質情報の収集
②	二次元比抵抗探査(電気探査)	脆弱な地質の分布を推定するための比抵抗分布の把握
③	斜めボーリング、ポアホールスキャナ観測	斜めボーリングによる高角かつ幅の狭い断層の確実な把握、ポアホールスキャナ観測を併用した断層の走向傾斜の把握

4. 調査結果

(1) 地表踏査結果

地表踏査により、A地点から約200m上流、南南西方向の左岸部に断層露頭を確認した(写真-2)。断層面の走向傾斜はN7W、85Wであり、A地点のコア試料と類似した青灰色の断層粘土を含む特徴が認められた。また、A地点から約40m上流、南方向の右岸部に概ね南北方向に延びる線状凹地が認められた。

これらは、A地点と直接連続する位置・走向傾斜ではないものの、当該地に概ね南北走向、高角に傾斜する断層が分布することを示唆するものと考えられる。

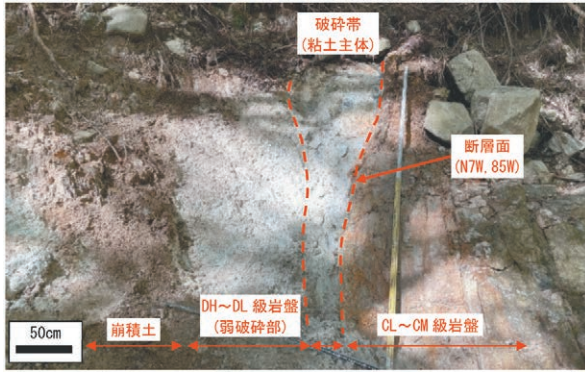


写真-2 断層露頭

(2) 二次元比抵抗探査結果

二次元比抵抗探査の探査測線は、トンネルの縦断方向(90m)とA地点を通る横断測線(100m)の2測線を配置した。電極間隔を2.0m、探査深度を50mとし、高密度に実施した。

本論文では、トンネル縦断測線の探査結果を示す(図-2)。GL-5m付近までの表層部は2,000~10,000Ω・mの中~高比抵抗部が認められた(図-2①)。現地状況と対比すると、河床に堆積する硬質な花こう岩の岩塊・玉石の分布範囲と解釈される。ただし、一部に500~800Ω・mの低比抵抗部が認められ、部分的に脆弱な地質が分布すると想定される。

距離程10~40mの河道付近に左岸側に傾斜した低比抵抗部が認められた(図-2②)。この部分を境に、左岸側の比抵抗値が低く、右岸側の比抵抗値が高くなる傾向があり、既往ボーリングで確認した断層と判断した。

また、河川兩岸にも、断層と推定される低比抵抗部が認められた(図-2③)。

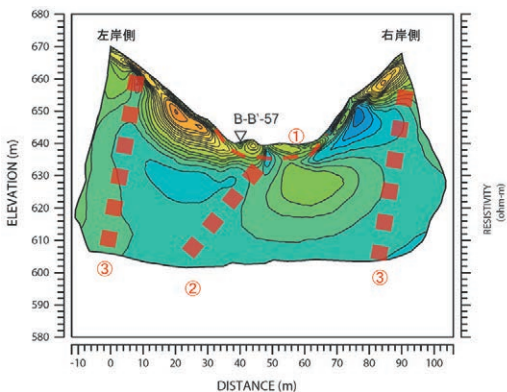


図-2 二次元比抵抗探査結果(縮尺:任意)

(3) 斜めボーリング、ポアホールスキャナ観測結果

斜めボーリングでは、トンネル付近の河川右岸側のB地点から左岸側に向かって掘進した(図-1赤丸地点)。掘削孔径はφ86mm、掘進方向は下方60°, N75Wとした。

その結果、掘進長19.32~20.82m区間に、断層の一部と判断される粘土混じり土砂状の破碎帯を確認した(写真-3)。この区間のポアホールスキャナ観測により、破碎帯の走向傾斜はN12~14W, 55~67Wとなり、概ね南北走向、高角な西傾斜となる。

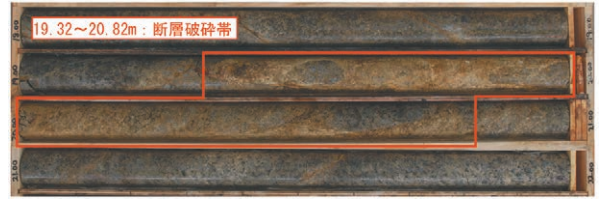


写真-3 B地点コア写真(18.00~22.00m)

5. 地質構造の検討

(1) 地質断面図

トンネルの施工計画を策定するため、河道直下の断層分布状況を詳細に把握し、トンネル縦断方向に沿う地質断面図を作成した(図-3)。B地点では断層破碎帯の一部のみを確認したため、断層の厚さはA地点の断層区間長に基づき推定した。断層の走向傾斜はB地点のポアホールスキャナ観測結果から決定した。

調査地は比較的硬質な花こう岩を主体とし、河道直下に厚さ2.7m、走向傾斜N14W, 67Wの断層が分布する。この断層の傾斜は、トンネル縦断方向では見かけ上64°となる。断層近傍には、断層の影響を受けて脆弱化したDH級岩盤が分布するものとした。また、図-2①で部分的な低比抵抗部を確認したため、トンネル天端に相当する地山境界部でDH級岩盤が厚くなると考えられる。

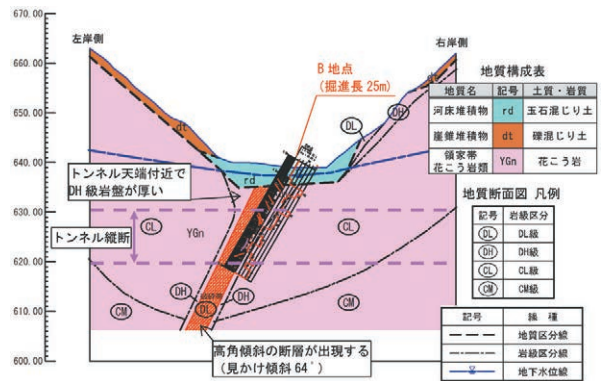


図-3 地質縦断面図(縮尺:任意)

(2) 想定される断層の形態

実際の断層は単一の面として連続するのではなく、しばしば、屈曲や分岐、さらには主要な断層面に斜交する断裂面を伴って発達するものである。地表踏査と二次元比抵抗探査より、ボーリング調査で把握したもの以外にも断層が分布する可能性が示唆された。本調査地は限定的な狭い範囲であるが、断層が屈曲や分岐を伴う複雑形状をしていると考えられる(図-1)。

6. まとめ

本調査では、物理探査の適用やボーリング手法を工夫することによって、複雑な地質構造を把握することができた。今後も調査地に合わせた調査方針を計画し、高精度な調査の実施に努めていきたい。

中部ミニフォーラム2025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2025は10月17日、ウインクあいちにて開催されました。発表者・聴講者・スタッフなど関係者を合わせて65名と例年より多くのご参加をいただきました。

■開催日時：令和7年10月17日(金)13:00～17:25

■後援：(公社)地盤工学会 中部支部

■開催場所：ウインクあいち11階1101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7編

第3セッション 特別企画

■意見交換会・懇親会：イルバンボッチョ

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など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・運営しております。

今年度の発表編数は7編と昨年度と同じでしたが、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い、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。今年度もボーリング調査の結果報告だけでなく、土質試験や物理探査を併用した深掘りした内容、BIM/CIMやインフラ点検など幅広い内容の発表となりました。

特別企画は、例年の講演形式から趣向を変え「技術委員が経験した地質調査における失敗例・工夫例」というテーマで、技術委員4名による発表を行いました。発表者にとっては話にくい内容ではありますが、アンケートでも要望が多かったことや、今後の実務に役立てて欲しいという思いから、企画させていただきました。内容が盛り沢山となってしまう、時間が押して質疑・意見交換の時間が取れなかったことが反省点となりました。アンケート結果では、今後の業務に非常に役に立つ内容であった、技術継承に繋がるなどのご意見を多くいただきました。また、何年か後に実施できれば良いかなと感じました。

発表会終了後には、昨年に続き意見交換会&懇親会を実施することができました。参加者も46名と昨年の36名から増え、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. 圧密排水三軸圧縮試験における細粒分含有率に応じたせん断速度の決定方法 土屋地弘 中部土質試験協同組合	
	2. 富士山東麓に分布するスコリアの工学的特性について 藤原聡 東邦地水(株)	
	3. 液状化検討における塑性指数の重要性 平井達夫 (株)アサノ大成基礎エンジニアリング	
	4. 河川堤防の崩壊における現地透水試験について 島村和宏 大日本ダイヤコンサルタント(株)	
14:30～14:40	休憩	
14:40～15:40	第2セッション ～岩盤調査・物理探査・新技術～	
	5. 特殊な地山条件に留意したトンネル設計のための地質調査事例 三浦倫裕 川崎地質(株)	
	6. 水文調査業務におけるBIM/CIM活用～井戸深度と地下水位の三次元モデル化～ 加藤あすか 日本工営都市空間(株)	
	7. グラウンドアンカーの健全性調査事例 平塚貴人 (株)フジヤマ	
15:40～15:50	休憩	
15:50～17:05	第3セッション(特別企画)	
	テーマ:「技術委員が経験した地質調査における失敗例・工夫例」 (一社)中部地質調査業協会技術委員	
17:05～17:15	アンケート記入	技術委員会
17:15～17:20	優秀論文発表	技術委員長
17:20～17:25	閉会挨拶	技術委員長
18:00～19:30	懇親会&意見交換会(会場:イルバンボッチョ (il Bamboccio))	

論文査読、発表審査には技術委員が当たりました。査読を行っているため今年から発表審査のみとし、成果・研究内容も含めた8項目について評価しました。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、スコリアの工学的特性について土質試験に基づきわかりやすく説明され、実務でも役に立つ、非常に興味深い内容でした。論文②は、ボーリングや物理探査を工夫して複雑な地質構造を把握する内容で今後の調査計画に際し役に立つ内容でした。

■優秀論文発表者(2名)

①「富士山東麓に分布するスコリアの工学的特性について」:藤原聡(東邦地水(株))

②「特殊な地山条件に留意したトンネル設計のための地質調査事例」:三浦倫裕(川崎地質(株))

令和8年度は全地連フォーラムが岐阜で開催されるため中部ミニフォーラムは中止となりますが、令和9年度は開催予定です。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。