



砂から中間土や粘土までを対象に、動的か静的かを問わず、地盤の変形と破壊を求めます。

令和 8 年 8 月 28 日 発行

編集：一般社団法人 GEOASIA 研究会事務局

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻地盤工学講座内

TEL: 052-789-3834 FAX: 052-789-3836 E-mail: office@geoasia.jp URL: <https://www.geoasia.jp>

会長メッセージ

本会会員で中部電力の山田英司さんの論文 *Elastoplastic finite element simulation of domino fault formation associated with tilting of highly structured ground*, 骨格構造が発達した地盤の傾斜に伴うドミノ断層形成の弾塑性有限要素シミュレーション（野田，浅岡共著）が今年度地盤工学会論文賞（英文部門）に選ばれました。大変うれしく思っています。本論文は，専用理論ないし専用モデルをそのためだけに作るのではなく，一般的な弾塑性理論と有限変形理論に基づく水～土骨格連成有限変形解析によって，正断層形成過程の本質的な挙動が自然に算出され，これまで地形学や地質学の観点から「解釈」されてきたものが，弾塑性地盤力学に沿う比較的単純な力学過程であることを実証しました。



浅岡顕会長

熊本地震（2016 年）のすぐあと，リーデルセン断帯が地下の横ずれ断層によって形成されることは，弾塑性力学に沿う素直な力学過程であることを示した論文が，米欧の地質学会誌から「地質学者が知らない新奇の現象は一つも現れていない」として reject された苦い思い出があります。しかし，もともと「正統派学問」の自負高い地質学に，いつも正面から対峙して考えを続けるときにこそ，地盤力学ならではの「独創」が生まれると考えています。「独創」とは「無から有」を言うものではありません。地震学でもこれは同じ。地盤力学それ自身さえ，東西の「正統派地盤力学」と長く対峙してきて，新しい「最新地盤力学」が生まれてきました。

さて，この話をきっかけに，解析技術に基礎を置く最新地盤力学が，「土構造物の安定性照査」のような本来の地盤工学上の課題の解決にはどう役立っているか？その現状を書こうとしたのですが，これがあまりに難しく，とても筆者一人の力の及ぶところではないことを実感しました。それを短く綴ってこの稿を埋めます。

最近の道路陥没事故の多さと被害の大きさには驚いてばかりです。

「道路」陥没には大きく二つの種類があります。

ひとつは，道路下を通る下水道と上水道の基幹構造物の経年劣化に起因する道路陥没です。具体名など出したくはありませんが，八潮市での道路陥没ではトラック運転手が車両ごと陥没して，復旧が遅れてしまったことも災いし，もともと大管径（4.75m）の流域下水道管路であったため，最大級の事故になってしまいました。驚く人も多いかもしれませんが管路施設老朽化による陥没は大小合わせると毎年

3000～4000 件に及び（地震などによるものは些少！）、今後 10 年、20 年後には老朽化/劣化はますます増えるのは必定で、これは日本だけでなく欧米でも全く同じ状況だそうです。有効な手立てはまだ見つかっていなくて、陥没は起こってから直す、こればかりになってはまずい。

もう一つのタイプの道路陥没は、言うまでもなく、新設地下構造物建設に伴う陥没事故です。福岡駅前の地下鉄延伸建設工事の事故、あるいは相鉄・東急直通線での道路陥没など、これも少なくありません。さてなぜ「道路」陥没と言うのか？それは道路の下しか地下利用が難しいことに起因します。

しかしここにきていわゆる「大深度法（2000 年）」が出てきた。品川から出発する「リニア新幹線」の円滑な建設のために制定されたと聞いたこともあります。40m 以上と深くて、近くに既存構造物の基礎などがない時には、その地下に地上の土地所有者の権利は及ばず、公共目的の地下構造物建設に、無償で利用できることになりました。この大深度法の適用を受けた建設工事の大規模地上陥没では、東京外環道トンネル（泥土圧シールド工法）の陥没（2020 年 10 月）がよく知られています。私は一人で見物に出かけましたが立ち入りは難しかった。①未固結洪積層の出現、②直径 12m を超えて大規模化するシールド径と泥土圧シールドの廃土機構の不完全さ、③建設費低減のための、ベントナイトその他に変わる気包材の使用などが、事故の直接的な原因でしょうが、そのほかにも思わぬ原因が隠れているかもしれません。さらに、もし仮に完成していたとしても、周辺地下水の将来の流況変化などは殆ど考えられていなかったでしょう。

この現場の工事再開のニュースはまだ聞いていませんが、①と②だけを考えても超大規模シールド技術は、未だ十分成熟しているとは言い難いと思われます。繰り返しになりますが、トンネル径が大きくなると切羽面積はその 2 乗で大きくなり、ジャッキの推進力不足さえ懸念されてくる。50 馬力の自動車より 100 馬力の自動車のほうが、安全運転にもむく。二百数十万年前からの第 4 紀洪積層などは、日本では身近にありながら、地盤力学では世界でもまだチャレンジできていない対象です。「未固結をどう表すのか」や「沖積層とは比べるべくもない甚だしい地盤の不均質性への対応」はまだ措いても、切羽前面の地山密度の確定さえ、その確かな方法は未だ考え付かれていない。これでは土量バランスが最優先の「地山を緩ませないシールドトンネル」などは、とても難しくなる。

もう大昔、1970 年頃のことですが、東京の地下には、ほかの欧米大都市には見られない洪積層が連続して存在している。地上が混雑してきても、この洪積層は岩盤とは異なり「地下空間利用がたやすくできる大きな財産」で、だから、東京のさらなる発展がもたらされる。記憶があいまいで、今すぐ出典を上げられませんが、新幹線が出来たばかりの高度成長の前、「一極集中」の言葉さえなかった頃の、これは夢物語です。書かれた人はどこか東京の大学の土木の先生でしたが、私は悪い意味でなく素直に驚いたことがあります。しかしわずか 50 年足らずで、対照的になった今の日本を見ていて、土木技術者や地盤工学者には技術の探求心に加えて、謙虚な姿勢も同じように大事だと、強く思いました。

(公財)地震予知総合研究振興会副首席主任研究員 名古屋大学名誉教授 浅岡 顕

(1) ごく浅部地盤領域の変形に由来する断層直上での強震動発生可能性の検証

2016年熊本地震において益城断層ごく近傍で集中した建物被害について、ごく浅部地盤領域の変形に伴う特異な加速度の発生が要因となった可能性をGEOASIAにより検証した。一様な固結地盤を対象とし、基盤に一定の横ずれ変位速度を与えて解析した結果、表層地盤の変形～脆性破壊(図1, 図2)が生じ、これに伴う波動生成(図3)により、断層直上において2000～3000 gal程度の水平加速度の発生する様子(図4)が解かれることを示した。また、これと同程度の鉛直加速度も生じ、両者の重ね合わせが建物被害を増大させた可能性が示唆された。本結果は、従来地震を起こさないと考えられてきた地表地震断層の形成過程でも強震動が発生し得ることを示す。

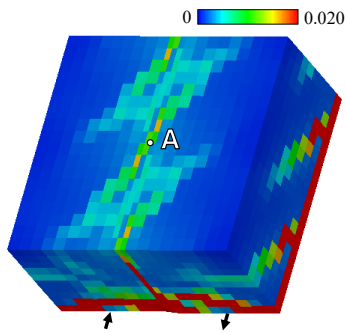


図1 せん断ひずみ分布(リーデルせん断)

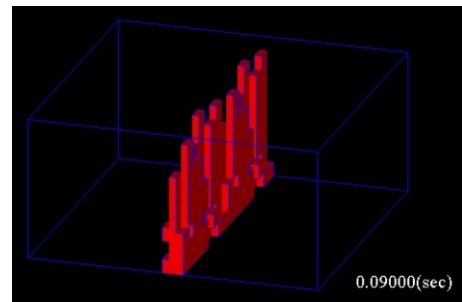


図2 破壊領域(軟化域)の進展

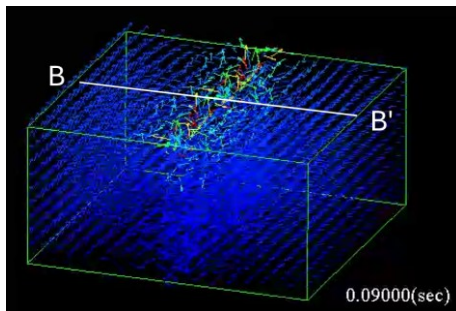


図3 加速度ベクトル分布

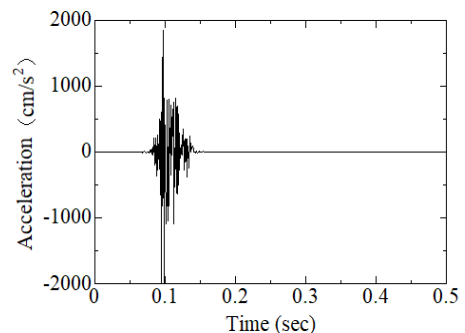


図4 点Aの加速度時刻歴(断層平行方向)

(2) 軟弱な浚渫・埋立地盤掘削時の工事用道路用改良固化盤の安定性評価¹⁾

軟弱な浚渫・埋立地盤を大規模に掘削する際の、工事用道路として設置した改良固化盤の安定性を検証した。近年、軟弱な粘性土や建設発生土を用いた埋立事業が増加しているが、軟弱地盤上では施工機械の走行が困難であり、表層固化処理などによる施工基盤の確保が不可欠となる。一方、改良地盤を設置した後に周辺地盤を大規模掘削する事例は少なく、その安全性評価が課題となっていた。本研究では、浚渫土埋立地盤を約12m掘削する条件を想定し、幅9m・深度12.4mの改良固化盤を施工した上で周辺地盤を段階的に掘削する場合について、GEOASIAによる2次元FEM解析を実施した。解析の結果、掘削過程を通じて改良固化盤に発生するせん断ひずみ(図5)は0.4%以下と小さく、地盤は健全な状態を維持した。また、改良固化盤に作用するせん断応力(図6)は最大でも60kPa程度であり、設計上のせん断強度65kPaを下回った。さらに、間隙水圧の異常な上昇は認められず、水平変位は最大54mm、沈下量は約47mmであったが、局所的な破壊や不安定化は確認されなかった。以上より、掘削計画深度まで一括改良した固化盤は、掘削施工時にも十分な安定性を有することが明らかとなった。今後は格子状改良を対象とした3次元解析による検証を予定している。

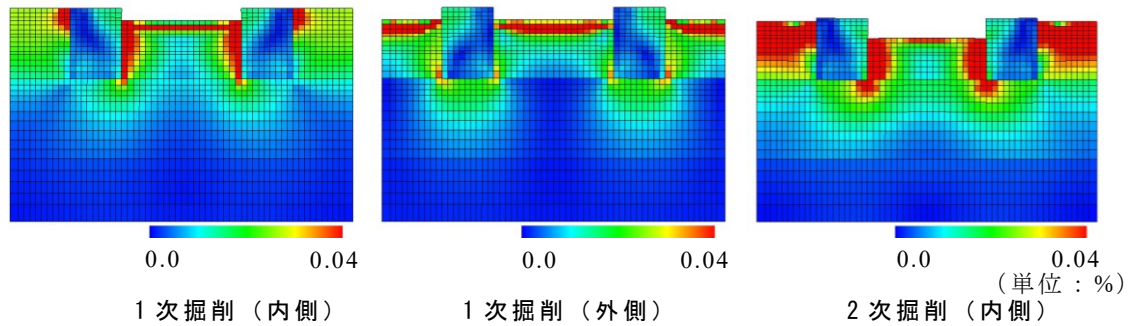


図 5 1 次（内側）→1 次（外側）→2 次（内側）の掘削に伴うせん断ひずみの挙動

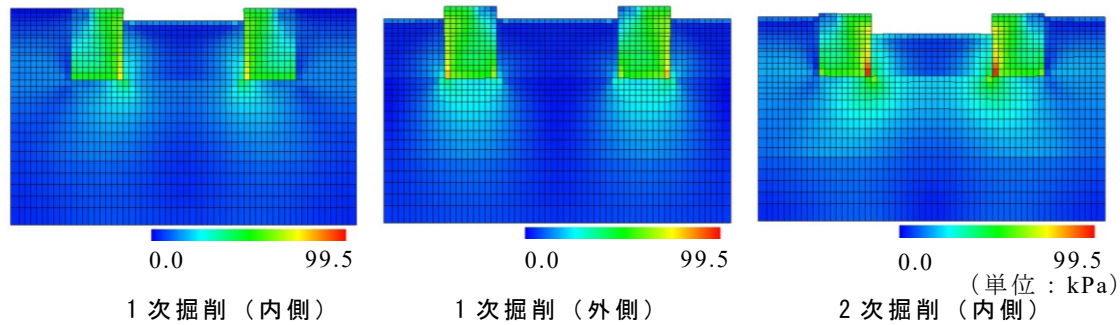


図 6 1 次（内側）→1 次（外側）→2 次（内側）の掘削に伴うせん断応力の挙動

1) 佐々木ら：軟弱な埋立地盤に造成した改良固化盤上での掘削作業に伴う安定性評価，第 61 回地盤工学研究発表会講演集，7-6-5-03，2026.

（3）u-w-p formulation による土構造物～地盤系における液状化対策工法としてのグラベルドレーン工の改良原理の解明

東日本大震災において，基礎地盤にグラベルドレーンが施工された河川堤防では大規模変状を生じなかったことから，大規模地震に対する河川堤防の液状化対策工として「グラベルドレーン工法」が注目を集めている．本研究では，グラベルドレーンのような高透水領域を含む地盤（図 7）に対して，レベル 2 相当の地震動（図 8）による大変形が生じうる条件下でも難なく適用可能な u-w-p 定式化に基づく GEOASIA を用いて，グラベルドレーン工の改良原理について数値的に考察した．①ドレーンおよび液状化層の透水係数を系統的に変化させ，ドレーン工が効果を発揮する透水係数の範囲を明らかにした(図 9)．②ドレーン材の剛性について検討し，適切なドレーン材を選定することで，礫質土そのものの剛性による沈下抑制効果が期待できることを示した．

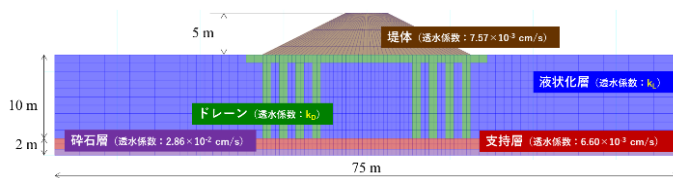


図 7 有限要素メッシュ

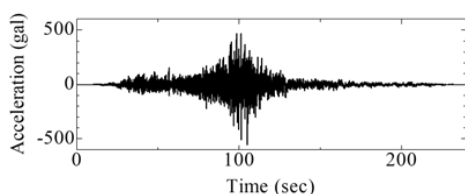
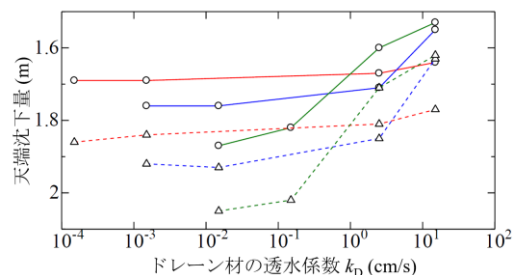


図 8 入力地震動



液状化層の透水係数 k_L (cm/s)	天端沈下量	
	ρ_0 (地震終了)	ρ_f (最終)
1.50×10^{-2} cm/s	—○—	---△---
1.50×10^{-3} cm/s	—○—	---△---
1.50×10^{-4} cm/s	—○—	---△---

図 9 解析結果

(4) 浮き型格子状地盤改良の液状化対策効果に関する解析的検証

地盤工学では、現象の空間的・時間的スケールが大きいため、実規模での検証は容易ではない。そのため模型実験が広く用いられるが、再現性や境界条件には本質的な制約がある。これらの不確実性を定量的に評価し、模型実験の限界を補完する手法として、数値解析を用いた CAE (Computer Aided Engineering) は重要な役割を果たす。本研究では、戸建住宅の液状化対策工法として検討されている浮き型格子状地盤改良を対象に、模型実験と数値解析を組み合わせることでその対策効果を検証した。まず、1G 模型実験の再現解析により解析コード (u-w-p 定式化に基づく GEOASIA) の妥当性を確認した。次に、模型実験に伴う理想化・単純化条件が解析結果に及ぼす影響を評価し、その上で実地盤を想定した数値解析を実施して、本工法の適用効果を検討した。解析の結果、構造物周辺に改良体を配置することで、改良体を非液状化層まで着底させない場合でも構造物の沈下を効果的に低減できることが示された。また、構造物の傾斜抑制には、改良体の排水機能が重要な役割を果たすことを明らかにした。

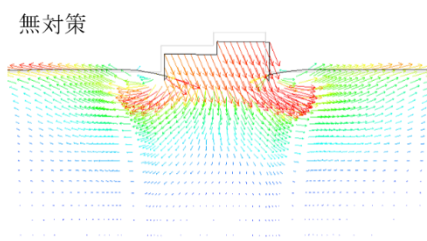


図 10 変位ベクトルの比較(無対策 vs 排水改良体)

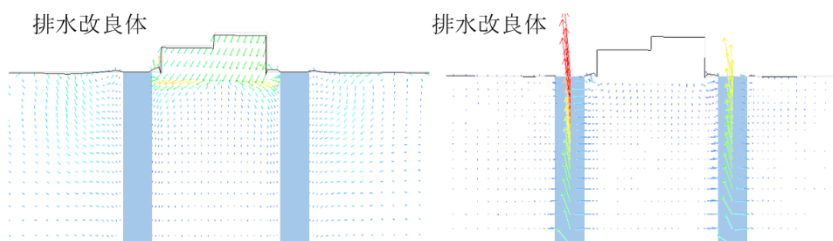


図 11 流速ベクトル(排水改良体)

(5) 非排水等方繰返し外力作用による微不飽和砂供試体の液状化

飽和三軸試験機を用いて、非排水条件下で、サクシオンが無視できる飽和度である微不飽和砂供試体に等方外力としてセル圧増減を繰返し作用させると、サイクル毎に平均有効応力が漸減し、液状化に至ることを示した (図 12)。

また、異なる初期の飽和度、B 値に対し、1, 20, 50, 100 サイクル直後の平均有効応力減少量との関係を調べると、ある程度の飽和度、B 値の時に残留的な平均有効応力の減少量が最大となることが明らかになった (図 13)。以上の結果は、これまで液状化がもっぱらせん断変形によってのみ生じるという斯界の常識を覆す重要な実験事実である。

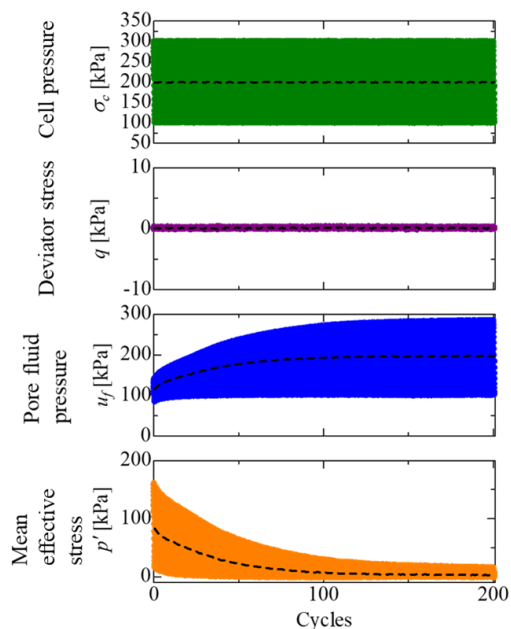


図 12 繰返し等方外力による液状化

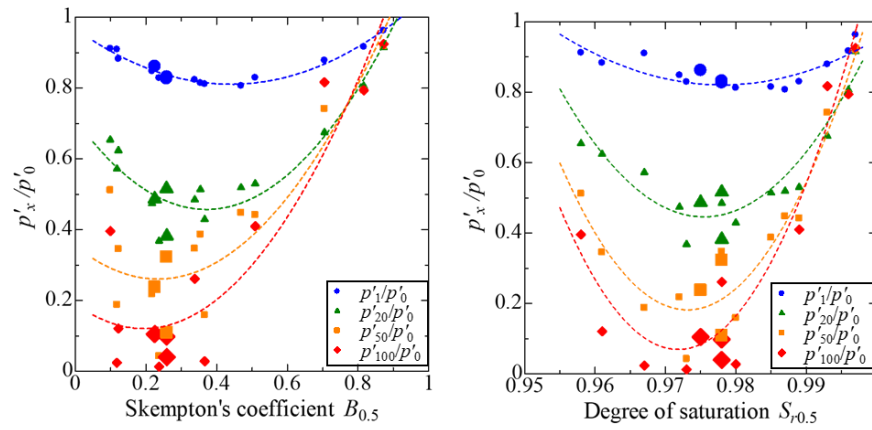


図 13 各サイクル後の平均有効応力とその初期値の比 vs 初期 B 値，飽和度

(6) Stick-slip 試験機の開発と接触面の凝着回復にもたらす待機時間・法線応力の影響

本研究では，接触面における摩擦現象を記述可能な時間依存性上下負荷面摩擦モデルの高度化にむけて，新たに開発した摩擦試験機（図 14）を用いて，待機時間および法線応力が接触面の凝着発展に及ぼす影響を調べた．本モデルは，上負荷面概念に基づき接触面での凝着作用を表現し，静止摩擦力と動摩擦力の連続的な遷移を記述する．本試験機は，一定速度で駆動するドライバーの先端に取り付けられた板バネを介して，台上のおもりに載荷した際のすべり現象を観察するとともに，板バネの相対変位から板バネの復元力を計測する試験機となっている．図 15 は接触する二物体に画用紙を貼りつけて行った実験結果を示す．各図の右上の時刻は待機時間を示す．実験結果から，(1)待機時間の増加に伴い初期の最大静止摩擦力が増加すること，(2)同一の待機時間でも法線応力が大きいほど初期の最大静止摩擦力が増加することが明らかとなった．このことは，待機時間の増大は接触面の凝着回復を進行させてすべり強度を増加させる効果を持ち，法線応力増大は凝着回復の促進効果があることを示唆する．

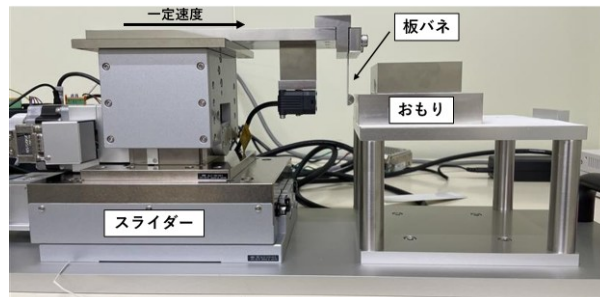
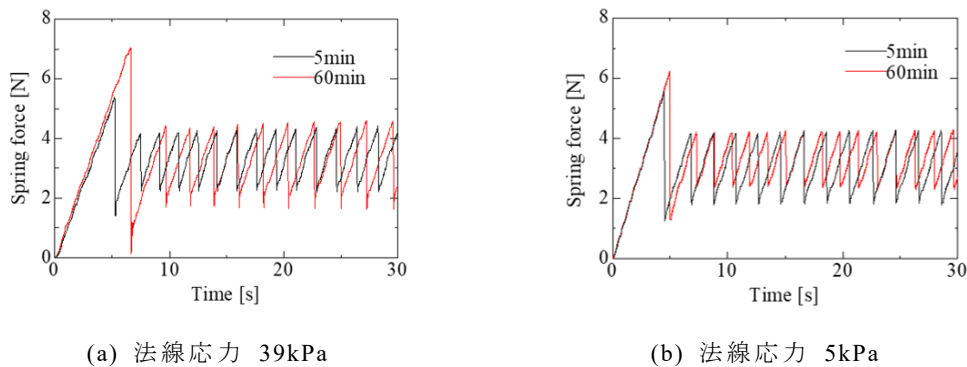


図 14 Stick-slip 試験機



(a) 法線応力 39kPa

(b) 法線応力 5kPa

図 15 実験結果（板バネの復元力の時刻歴）

学術論文など

【International Journal for Numerical Methods in Engineering】

- 1) Numerical stability of soil-water coupled analysis with implicit time integration using spectral radius of recursive equation comprising discretized governing equation of u-p formulation, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 126, No. 21, 70164, 2025. <https://doi.org/10.1002/nme.70164>

【Geotechnics】

- 1) Theoretical solutions of wave-induced seabed response under fully drained and undrained conditions for verification of a numerical analysis code, *Geotechnics*, Vol. 5, No. 4, 81, 2025.
<https://doi.org/10.3390/geotechnics5040081>

【Canadian Geotechnical Journal】

- 1) Experiments and elastoplastic analyses on soil disturbance of soft clay subjected to cyclic loading, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 63, No. 2, pp. 1-15, 2026.

【地盤工学会誌】

- 1) 弾塑性地盤力学に基づく横ずれ／圧縮／伸長場にある表層地盤の地形変動過程の再現の試み, *地盤工学会誌*, Vol. 73, No., 5, pp. 56-61, 2025.

国際会議

【International Workshop on New Frontiers in Computational Geotechnics (IWS-OKINAWA)】

- 1) The power of soil-water coupling analysis based on u-w-p formulation, *International Workshop on New Frontiers in Computational Geotechnics (IWS-OKINAWA)*, 2025.
- 2) Numerical analysis for understanding mechanisms of wave-induced seabed liquefaction and solidification, *International Workshop on New Frontiers in Computational Geotechnics (IWS-OKINAWA)*, 2025.
- 3) Assessment of slip behavior due to non-uniform normal stress distribution by deformation analysis with super/subloading surface friction model, *International Workshop on New Frontiers in Computational Geotechnics (IWS-OKINAWA)*, 2025.
- 4) Effect of soil disturbance in the anisotropic consolidation-undrained cyclic triaxial shear behavior of soft natural clay, *International Workshop on New Frontiers in Computational Geotechnics (IWS-OKINAWA)*, 2025.
- 5) Effect of liquefaction degree during cyclic loading on subsequent undrained cyclic shear behavior, *International Workshop on New Frontiers in Computational Geotechnics (IWS-OKINAWA)*, 2025.

【The 4th International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2025)】

- 1) Numerical reproduction of wave-induced seabed liquefaction and solidification, *The 4th International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2025)*, 2025.

【The 15th International Conference on Geotechnique, Construction Materials and Environment, GEOMATE2025】

- 1) Dynamic response of undisturbed soft clay soil with soil disturbance effect under cyclic loading, *The 15th International Conference on Geotechnique, Construction Materials and Environment, GEOMATE2025*, g15212, 2025.

国内発表

【日本地球惑星科学連合 2025 年大会 (2025 年 5 月)】1 編, 【第 28 回応用力学シンポジウム (2025 年 5 月)】1 編, 【第 60 回地盤工学研究発表会 (2025 年 7 月)】14 編, 【第 37 回中部地盤工学シンポジウム (2025 年 8 月)】1 編, 【第 80 回土木学会年次学術講演会 (2025 年 9 月)】6 編など

受賞のご報告

【「令和 7 年度中部地方発明表彰」日本弁理士会会長賞 受賞】

公益社団法人発明協会が実施する令和 7 年度中部地方発明表彰において, 「多様な状態/条件に対応可能な地盤解析技術 (特許第 4441693 号)」に対して発明者の国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学の野田 利弘教授, 浅岡 顕名誉教授, 中野 正樹教授が, 「日本弁理士会会長賞」を受賞しました。地方発明表彰は, 大正 10 年, 各地方の科学技術の向上と地域産業の発展に寄与することを目的として始まったもので, 現在では独創性に富む優れた発明を完成した方々, 発明の実施化及び指導, 奨励, 育成に貢献した方々に授与されています。

【令和 7 年度地盤工学会論文賞 (英文部門) 受賞】

山田英司 (中部電力), 野田利弘 (名古屋大学), 浅岡顕 (地震予知総合研究振興会) :

Elastoplastic finite element simulation of domino fault formation associated with tilting of highly structured ground., Soils and Foundations, 64(5), 101475-101499, 2024.



編集後記

GEOASIA 研究会は, 創立 20 周年をむかえました。本稿では, 昨年取り組んだ成果の中から, 地震・液状化・軟弱地盤に関する事例を紹介しました。これらの研究・解析を通じて, GEOASIA の適用範囲は着実に広がり, 地盤災害の発生メカニズムの解明から, 設計・施工・維持管理に至るまで幅広い課題への適用可能性が示されつつあります。このような研究・解析の積み重ねが評価され, GEOASIA のコア技術は令和 7 年度中部地方発明表彰において日本弁理士会会長賞を受賞するとともに, GEOASIA を用いた研究成果は令和 7 年度地盤工学会論文賞 (英文部門) を受賞しました。これらの受賞は, 独創的な地盤解析技術としての価値だけでなく, その成果が学術研究と実務の双方に貢献していることが高く評価されたものと考えています。

これからも, 理論・実験・数値解析を融合した研究を通じて, GEOASIA のさらなる発展に努めるとともに, 地盤工学分野の発展を通じて社会に少しでも貢献できるよう, 研究・解に取り組んでまいります。会員の皆様には, 今後とも研究会活動へのご理解とご支援を賜りますよう, 心よりお願い申し上げます。(高稲)