



平成 26 年 8 月 22 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社会基盤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: http://www.geoasia.jp

会長メッセージ

今これを書く前に、3年前3.11大震災の年である2011年8月発行のBulletin No.5の会長メッセージを読み直していました。そこでは、この地震を機に国民の信頼が大きく揺らいでいる科学は何も地震学だけでない、地盤力学も実はそうではないかと自問しつつ、**GEOASIA**研究会の研究発展を期待しています。

地盤工学会（日下部治会長、当時）はあの震災のすぐあと、会長特別委員会を三つ立ち上げました。そのうちの 하나가、「(地震時・地震後の)地盤変状メカニズム研究委員会」です。この委員会には、あたかも上記の会長メッセージに呼応したかのように、旧来の枠に囚われない地盤関連学術の飛躍的發展が求められました。委員長に浅岡というのは飾りですが、野田利弘幹事長以下、**GEOASIA**研究会の多くの会員がこの委員会に参加し、公的な地盤工学会の場で、産・官・学の若手研究者と共同研究を進め、「学術の飛躍的發展」につながる多くの研究成果を挙げました。委員会終了の報告は、今年5月に地盤工学会震災特別シンポジウムでなされています。今年度の**GEOASIA**研究会総会に先立つ『科研S』研究成果報告会でも、さらに掘り下げた成果報告がなされる予定です。

さてでは、**GEOASIA**研究会の会員による研究の、いったい何が「学術の飛躍的進展」につながる寄与をしたのでしょうか。業績の一部しか紹介できず、しかも練られたものではありませんが、私見を述べてみます。

(1) すべての地盤の問題を「(増分形の)運動方程式の積分」に置き換えてしまったこと。これによって、「力の釣合い式」とか「準静的過程」を考えていては本来解の出ない問題を、正確に安定して解くことができるようになっていきます。「支持力問題」は、本来が運動方程式によって解くべき動的な問題で、極限「釣合い」問題ではないと言い切ったのは、わが研究会会員で、浅岡はこれを受けて、「地盤は地響きを立てて壊れるのだ」と言いました。必ずしも地震の問題のために運動方程式に切り替えていたのではない点が重要です。出力される時間も初めて Reality を獲得しました。地震前、地震中、地震後を連続して取り扱うことのほか、リーデルせん断帯やフラワー構造のシミュレーションなど、「地震を生み出す」試みにも大きく寄与しています。

(2) 飽和土の力学から3相系の不飽和土の力学への大進展。初期値・境界値問題の中で、地震後河川堤防の中に地下水が吸い上げられていくのを見たあと、道路盛土で同様な現象が実際にあったのだと写真を見せられ、大変驚きました。不飽和土は「ごく表層の土」だけだから大きな問題ではないというのは全く正しくありません。岩手宮城大地震のときの深層地すべりはすべて不飽和土でした。またプレート間地震のせん断帯で採取された「土」は、すべて不飽和だったとも言われています。

(3) 弾塑性構成式の新展開。カムクレイモデルはロスコー面と弾性壁（亜弾性型の非線形等方フック則）から組み立てられています。ロスコー面が純粋に実験事実だけから出てきているのに比べ、一方の弾性壁は等方フック則の呪縛に囚われて出てきた面が強く、つまり実験結果をうまく説明できないまま導入されていました。野田利弘教授による「超弾性モデル」への切り替えは、等体積で再負荷される時 $p'-q$ 平面で有効応力経路が斜め外側に上がり、せん断剛性が増加する挙動を、パラメータの数を増やさずに素直に説明し、これにより砂のサイクリックモビリティも極めてよく再現できるようになってきました。驚くべき成果で、昨年初めてこれを見た私は息を飲みましたが、もちろん弾塑性構成式の改善は、なにも弾性的性質の改善にだけ止まっているものではありません。（山田正太郎准教授らの研究を見て、随分昔の剛塑性の計



算を思い出しました。砂の排水支持力の計算で、問題はミーゼス強度の地盤内での不均質な分布状態の探索だと述べて、「非関連流れ則」とは言わなかったのです。すなわち、砂地盤のある点の平均有効応力の大きさは、計算結果としてしか現れませんが、なんと計算されてきたその値にドンピシャリ比例するミーゼス強度を、砂はその場所で初めから持っていた、というストーリーです。) 構成式研究は異方性も含めて大きな飛躍を生み出しつつあります。実験と理論の融合という点が大きいのですが、出てきているモデルは、あらたに Drucker-Prager モデルを取り込みつつも、SYS Cam-Clay モデルや、上負荷面概念を内包した上での発展になっているのは、おおいに幸いです。

来年のメッセージでは、GEOASIA 研究会の技術普及と会員教習についても触れることが出来るよう、この一年努力しようと思っています。会員諸氏の一層のご協力をお願いいたします。

(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 颯

研究成果報告 ～「地盤工学会特別シンポジウム-東日本大震災を乗り越えて-」論文集より～

今年度の Bulletin では、2014 年 5 月 14-15 日に開催されました「地盤工学会特別シンポジウム-東日本大震災を乗り越えて-」の論文集から、「地盤変状メカニズム研究委員会 (委員長: 浅岡颯)」における解析技術 GEOASIA を用いた研究成果を、いくつかご紹介いたします。

不整形な境界から発生した表面波によって拡大した浦安市の液状化被害

浦安市内で実施されたボーリング調査と室内試験結果をもとに浦安市地盤のモデル化を行い、地震応答解析を通じて、東日本大震災で見られた浦安市の甚大かつ非一様な液状化被害の発生要因を考察。液状化層以深に存在する軟弱粘土層の存在が長周期の範囲で地震波を増幅させたことに加え、基盤の傾斜によって不整形な境界から表面波が生成されることによって、比較的強い揺れが継続し液状化を発生・拡大させたことを示した。

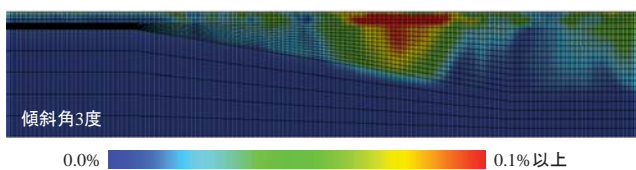


図1 非一様な変形の発生
(地震開始から 200 秒後のせん断ひずみ分布)

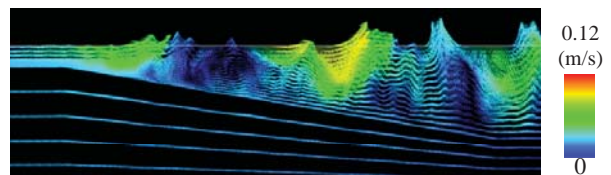


図2 基盤傾斜部での表面波
(地震開始から 92 秒後の速度ベクトル)

締固め度・スレーキング進行の異なる泥岩盛土の地震時変形挙動

スレーキング進行の程度を変えた泥岩に対して行った非排水三軸試験結果から得られたパラメータを用い、地震応答解析を実施。締固め度を高くすれば構造が低位で過圧密比が大きくなり、盛土の耐震性に対するスレーキングの影響をかなり軽減できることを示した。

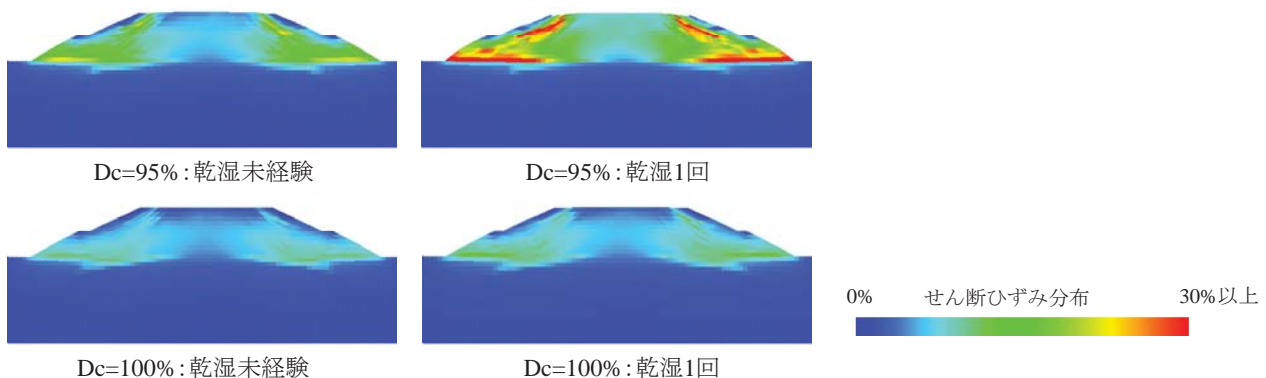


図3 地震直後のせん断ひずみ分布

ジオテキスタイル補強土を用いた盛土の耐震メカニズムの数値解析による把握

2007 年能登半島地震で崩壊した際にジオテキスタイル補強土で復旧されたのと里山海道の盛土を対象に、地震応答解析を実施。ジオテキスタイル補強土は耐震性に優れていることを明らかにした。

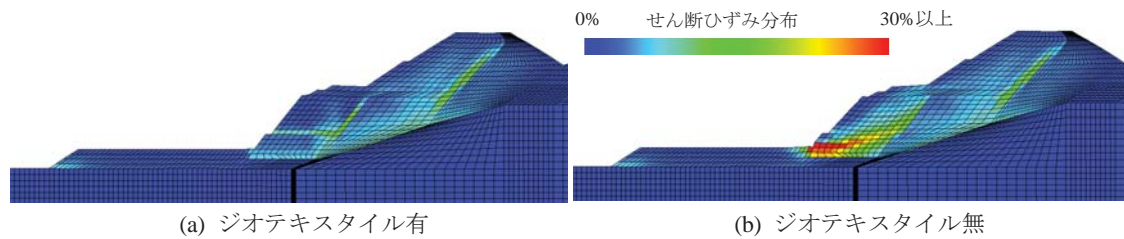


図4 ジオテキスタイルの効果（地震直後のせん断ひずみ分布の比較）

間隙水圧消散工法の液状化対策効果の予測に関する水～土連成解析

真空圧密を含む圧密促進を目的としたバーチカルドレーン工法にのみ適用されてきたマクロエレメント法を新たに **GEOASIA** に組み込み、液状化対策工法の一つである間隙水圧消散工法の数値シミュレーションを実施。間隙水圧消散工法が有効応力の低下を食い止めることで発揮するせん断剛性の低下抑制効果、およびその結果としてもたらされる側方変位や沈下の低減効果を、同解析手法により再現できることを示した。

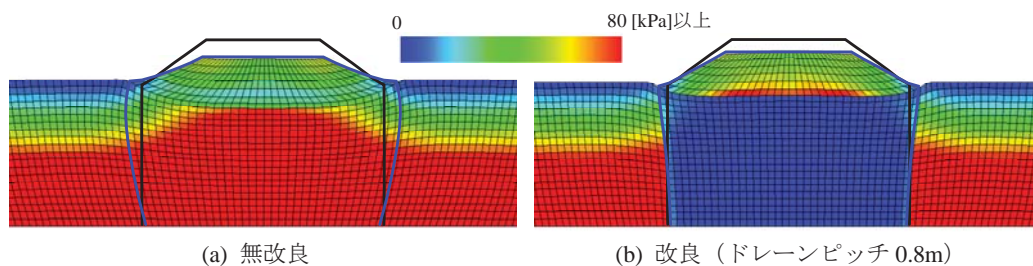


図5 地震直後の過剰間隙水圧分布

SYS Cam-clay model への超弾性構成式の適用

解析技術 **GEOASIA** のエンジンである弾塑性構成式 SYS Cam-clay model の高度化を目指し、新たに Einav and Puzin による超弾性構成式を有限変形化して適用。SYS Cam-clay model の基本性能を損なうことなく、砂のサイクリックモビリティの再現性を高めた。

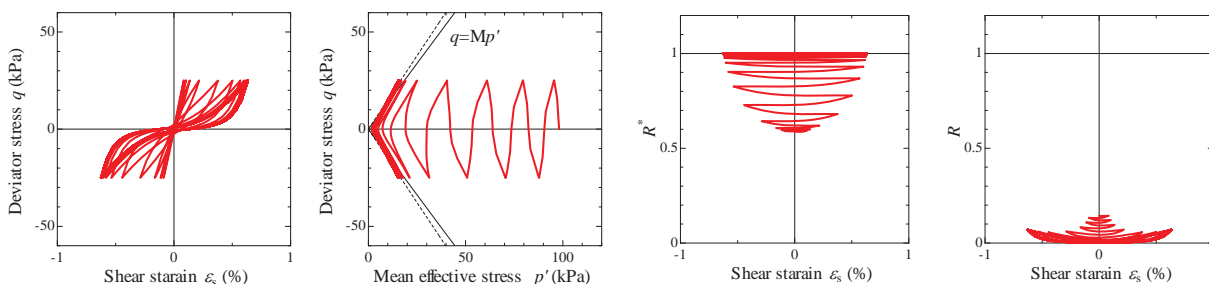


図6 超弾性構成式を適用した SYS Cam-clay model の繰返し非排水せん断応答（サイクリックモビリティ）の記述

粘性土地盤上の不飽和盛土の施工時・地震中・地震後挙動に関する空気～水～土骨格連成解析

新たに開発した、静的・動的外力に対応する空気～水～土骨格連成有限変形解析コードにより、粘性土地盤上の不飽和盛土の地震中・地震後挙動をシミュレーション。施工時の地盤の圧密沈下により盛土内部に形成された閉封飽和域が地震中に液状化する様子を再現。地震後に地盤から盛土へ水が流入し、水位上昇と下降が生じることを明らかにした。

2011年東北地方太平洋沖地震でみられた締固め改良による地盤の変形抑止効果の検証

浦安地区の埋立地盤を対象に、継続時間が長い強振動作用時の締固め改良効果メカニズムを検証。サンドコンパクションパイル改良地盤の密な砂杭は、地震による急速なせん断によって、塑性膨張を伴う硬化（正のダイレタンス）により、砂杭周辺の応力も受け持つようになる。これにより、締固め改良は継続時間の長い地震動に対しても、十分な変形抑制効果があることを示した。

平成25年度の主な公表論文等（平成26年度前半分も含む）

学術論文【Soils and Foundations】①Acceleration generation due to strain localization of saturated clay specimen based on dynamic soil-water coupled finite deformation analysis, **53**(5), pp.653-670, 2013. ②A 3D soil-water coupled FE analysis of hollow cylinder test concerning non-uniform deformation, **53**(6), pp.923-936, 2013. ③Realization of uniform deformation of soil specimen under undrained plane strain condition based on soil-water coupled finite deformation analysis considering inertia forces, **53**(6), pp.937-950, 2013. 【Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA】Influence of brittle property of cement treated soil on undrained bearing capacity characteristics of the ground, **44**(3), pp.84-93, 2013. 【第10回環境地盤工学シンポジウム論文集】廃棄物の地盤材料としての有効利活用法に向けた検討, Vol.10, pp.385-390, 2013.

国際会議【第15回アジア地域会議（福岡, 27年11月）】①Riedel shear band formation with flower structures that develops at the surface ground on a strike slip fault. ② Interpretation of slaking of mudstone embankment based on soil skeleton structure and reproduction of the failure by seismic analysis. ③Soil-water-air coupled seismic behavior accompanying internal water level variation of an unsaturated embankment with an enclosed saturated area on cohesive soil ground. ④Proposal of a new double hardening elasto-plastic constitutive model of soil skeleton based on integration of associated and non-associated flow rules. ⑤Liquefaction damage enhanced by interference between body wave and induced surface wave on inclined bedrock. ⑥Evaluation of the improvement effects by vertical drains/vacuum consolidation on peaty ground under embankment loading. ⑦New phase of particle method for geotechnical engineering. ⑧Numerical simulation of pore water pressure dissipation method based on a soil-water coupled analysis enhanced by macro element method. ⑨Seismic assessment of Nagoya Port Island against Nankai Trough earthquake. ⑩Air coupled effects on triaxial behavior of silty specimens under a constant confining pressure and various exhausted conditions. ⑪Geotechnical utilization of disaster waste soils. 【1st International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems, COMPSAFE 2014 (Japan, Sendai, April 2014)】①Simulation of well resistance of vertical drains using a new macro-element method. ②Seismic response analysis of river embankments constructed on the alternatively layered soft ground. 【International Conference on Unsaturated Soils: Research & Applications, UNSAT2014 (Australia, Sydney, July 2014)】①Verification of a new soil-water-air coupled analysis based on a rate-type equation of motion through realization of uniform deformation of an unsaturated soil specimen. ②Numerical simulation of mechanical behavior of a triaxial silty soil under undrained and various controlled air boundary conditions. 【14th International Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, 14th IACMAG (Japan, Kyoto, September 2014)】①Numerical analysis of improvement effects on peaty ground by vertical drains/vacuum consolidation based on a new macro-element method. ②Soil-water coupled finite deformation analysis on subgrade reaction force acting on the underground pile. ③Seismic assessment of river embankments with cut-off wall constructed on the alternatively layered soft ground.

国内発表【第68回土木学会年次学術講演会（千葉, 25年9月）】2編【第17回応用力学シンポジウム（沖縄, 26年5月）】1編【土木学会中部支部（岐阜, 26年3月）】2編【第1回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム（東京, 25年11月）】2編【第49回地盤工学研究発表会（北九州, 26年7月）】21編【第26回中部地盤工学シンポジウム（名古屋, 26年8月）】3編【第19回計算工学講演会（広島, 25年6月）】5編【地盤工学会特別シンポジウム-東日本大震災を乗り越えて（東京, 25年5月）】12編【2014年度日本地球惑星科学連合大会（幕張, 26年4月）】①傾斜地盤の基端部から発生する表面波による液状化被害の拡大②横ずれ断層に伴う上部地盤のせん断帯発生の数値シミュレーション

地盤解析技術 GEOASIA による受賞・表彰のご報告

【平成25年度土木学会中部支部技術賞】吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 高稲敏浩: 粘土地盤上の不飽和盛土の地震中・地震後挙動に関する空気～水～土骨格連成解析【平成25年度地盤工学会中部支部賞（論文賞）】吉川高広: 不飽和土構造物の施工時・地震時・地震後の空気～水～土骨格連成有限変形シミュレーション【Best Paper Award in the 3rd International Conference on Geotechnique, Construction Materials and Environment (GEOMATE 2013)】Mutsumi Tashiro, Toshihiro Noda, N. H. Son 【NEXCO 中日本名古屋支社 感謝状】舞鶴若狭自動車道向笠地区の軟弱地盤盛土における対策工提案。

平成26年度の主な活動予定

平成26年度も引き続き調査・研究の受託, 情報提供, 技術指導, 普及開発を進めていきます。研究成果は, 4年に1度の第15回アジア地域会議（福岡, 27年11月）を始め, 国内外の地盤力学/工学, 地震学の分野において発表・論文投稿を行う予定です。学会活動とも連携し, 解析技術 **GEOASIA** によって得られる知見を用いて研究・調査活動を広く支援してまいります。また, 不飽和土や改良土など, より幅広い土への対応も目指した構形式の高度化にも努めてまいります。

編集後記

近年, 国際会議や国内での学会発表の場を通じて, 解析技術 **GEOASIA** への関心が高まりつつあるのを感じます。平成26年度は, HPを中心とした広報活動や, 解析技術 **GEOASIA** の高度化, 海外への特許出願, 委託研究活動の体制整備など, 解析技術 **GEOASIA** の国内外へのさらなる普及を目指します。今年度の総会では, 新たに3名の **GEOASIA** Master が認定されました（合計16名, うち外国人2名）。さらなる Master の輩出を目指し, 教育・技術指導にも力を入れてまいります。今後も会員の皆様におかれましては, 研究会活動への益々のご支援をよろしくお願いいたします。