

GEOASIA Bulletin No.6

第6号

ALL SOILS ALL STATES ALL ROUND

GEO-ANALYSIS INTEGRATION

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。



平成 24 年 8 月 17 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

私（浅岡）は今、縁があって静岡県の「原子力学術会議 地震・火山対策分科会」の委員の仕事をしています。中部電力浜岡原子力発電所の対津波の防波壁の設計の外部評価委員会の責任者であった関係で、静岡県から委嘱されたものです。皆様ご存知のように今年3月末日、内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討委員会」は、静岡県富士川河口断層から宮崎県日向灘南までの750kmにわたる広大な領域で最大M9.1の超巨大連動地震が起こるとする新しい想定のもと（これだともう「想定外」はないでしょう）、太平洋岸で軒並み20m超の津波を「予測」しました。強震動についても同じで、中央防災会議で以前に震度6と予想された地域の多くが震度7に置き直されました。静岡県は、その最大の「影響」県の一つです。



ハードの対策など出来るはずもないこのようなとんでもない「想定」が、しかし力強い後ろ盾になって、静岡県では「100年に一度」の外力にはハードで耐える防災対策の推進が決まりました。太平洋岸の他府県も、「100か30か」の違いくらいはあっても、恐らく同じ方向です。再び土木の出番なのです。

私は数年前に、「阪神淡路の後に、急激に進んだ地震学の進歩に土木/地盤工学は追いついているのか？」と述べたことがあります。「地震学の進歩」はともかく、ふたたび「防災対策のこのような厳しい要請に土木/地盤工学は追いついているのか」が、今まさに問われています。「震度法」「安全率」「FL, PL」の世界からいち早く脱皮して、「被害内容の、克明な記述的想定」が可能な「あらゆる意味で連続した（三つのAllの）力学」に基づく設計が、今本当に求められているのです。

実は一昨日、地盤工学会の「構成式に関するワークショップ、第1回」（浅岡委員長・中井照夫座長）がありましたが、Bulletin第1号から5年以上を経ているながら、少し辛い思いで帰って来ました。「砂は、密度（間隙比）が違えば別の材料で、そのつど間隙比ごとにパラメータを変えるのは、誰でもやっていることで、当たり前」、「世の中、皆が皆そうしているのに、GEOASIAだけが、自分はそうでないというのは独りよがり、・・・」という主張がありました。しかしもう、砂（も粘土も）その力学はわかってきています。いよいよこれからは、複雑な地盤の挙動に対し、その場しのぎにならず、着実に研究を進めて理論を示してゆくことが大事であることを痛感いたしました。会員諸氏の一層の奮闘を期待しています。



写真1 講演する浅岡会長
（「地盤材料の構成式ワークショップ 第1回」
2012年8月9日、地盤工学会地階大会議室にて）

（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

特集記事 ～ 計算機の中で地震を発生させる!? ～

構造が高位に発達した自然堆積粘土地盤に変位制御で載荷を行ってゆくと、変形が局所化し、円弧すべり状の破壊を生じます。その際、地盤の支持荷重は低下しますが、このような地盤に今度は荷重制御で載荷を行ってみると、変位制御で得られるピーク荷重に達した後、荷重がほぼ一定に保たれたまま、変位制御と同様な円弧すべり状の破壊が発生します(図1,2)。変位制御と大きくことなるのは、破壊が加速度運動を伴って一気に進行する点です(図3)。地盤が外力に耐えられなくなり、一気に“バン”と壊れるこのような問題は、慣性力を無視して得られる力のつり合い式ではなく、運動方程式を忠実に時間積分することによってはじめて解くことができます。静的問題と動的問題を区別なく解くこと、これは **GEOASIA** の一つの長所ですが、ここに示す計算結果はその重要性を示す好例となっています。

さて、ここではさらに静的問題と動的問題を区別なく解くことで得られる新たな可能性について触れたいと思います。図4に示す波形は破壊領域から離れた地点(図2の矢印の位置)における、破壊に伴う鉛直方向の加速度運動を捉えたものです。面白いことに、この地震波にも似た加速度波形の最大値は約200galで、実際の地震観測記録で頻繁に得られる程度の値となっています。(図4に示す波形はごく短周期なものですが、)さらに興味深いことに、同じ問題を相似的に300倍スケールアップして解くと、長周期成分が発生するようになり、卓越周期までも実際の地震波に似てきます。図3に示すような比較的シンプルな加速度波形から、図4に示すような複雑な加速度波形が如何にして生まれるのかなど、この結果に対する興味は尽きません。当研究会では、この結果に計算機の中で地震を発生させる可能性を見えています。今後、地震学への情報発信に繋げてゆければと考えています。

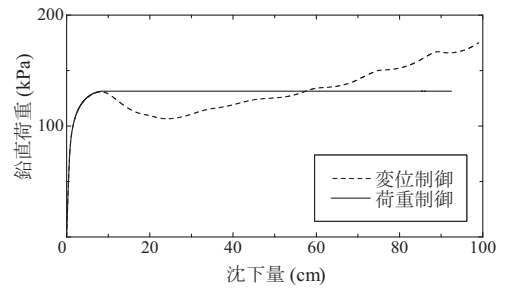


図1 荷重～沈下関係

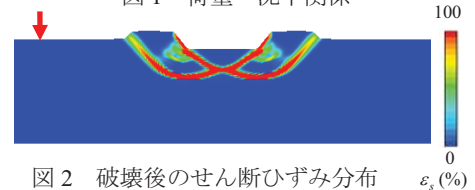


図2 破壊後のせん断ひずみ分布 (荷重制御)

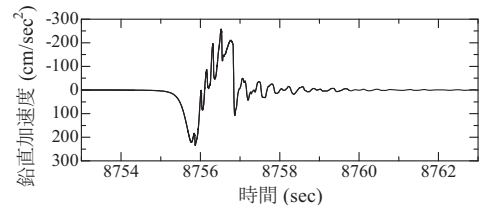


図3 破壊時の基礎の鉛直加速度運動履歴

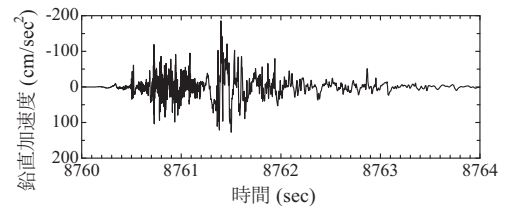


図4 周辺地盤へ伝播する破壊の衝撃

平成23年度の活動報告

① ベトナムの道路建設に伴う軟弱地盤の残留対策に関する再検討

軟弱地盤上に盛土を載荷した結果、当初の予測を超える残留沈下が発生し、現在も沈下が継続中のベトナムのサイゴン東西道路の現場について、沈下挙動の再現計算を実施。残留沈下が生じた原因を調査すると同時に、事前の残留沈下対策をどのように講じるべきであったかを再検討した。

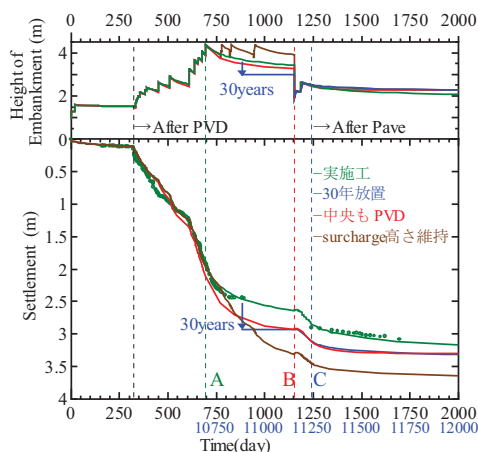


図5 実測沈下の再現と各種対策工における残留沈下予測

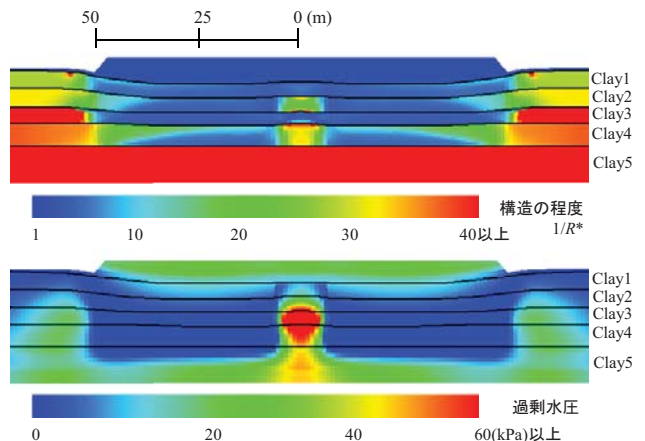


図6 荷重撤去直後の構造と過剰水圧の分布 (盛土部拡大)

② 埋立て護岸の液状化に伴う変形予測と SCP 打設による対策効果の検討

若年埋立て地盤を対象に、地震時の変形予測と SCP 打設による地盤改良の効果を検討した。As1 層の液状化により、護岸は海側に押し出され沈下し、その後下部の Ac 層で遅れ圧密沈下が発生する。地震前に埋立てや盛土载荷をした箇所は、応力比が高いことに起因して、周辺地盤より顕著に沈下する。SCP 打設による地盤改良は、液状化層全体に改良域を設ければ、打設箇所の剛性増加により変形抑止効果が期待される。

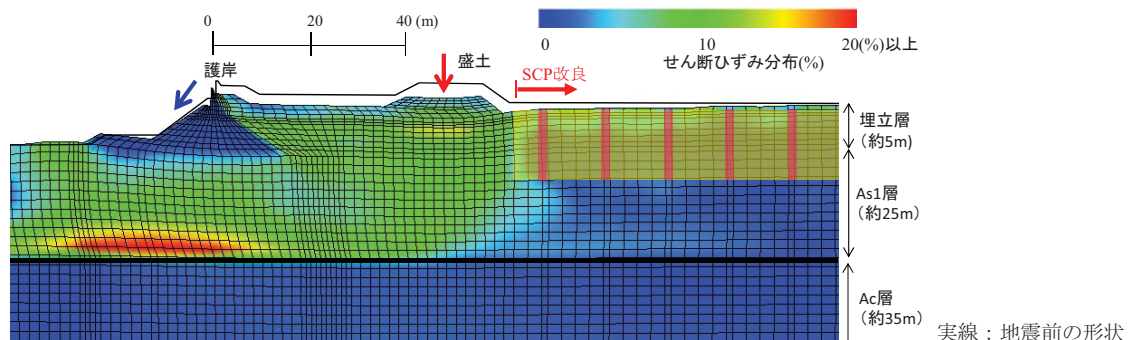


図7 地震による埋立て護岸の変形予測（護岸部周辺拡大）

③ 液状化地盤に敷設されたトップヘビーな小規模構造物の三次元地震応答解析

軟弱砂質地盤上に敷設されたトップヘビーな小規模構造物を三次元でモデル化し、地盤-構造物系の地震中～地震後までの一連の地震時安定性を検討した。その結果、1) 液状化した砂質地盤上で、構造物は1～4秒のやや長周期で水平振動する、2) 地震後に上部構造物は重量の大きい方へ傾きながら沈下するが、沈下対策用に地中に敷設されたベースコンクリート幅を拡げることで不等沈下を防ぐことができる、ことなどを示した。

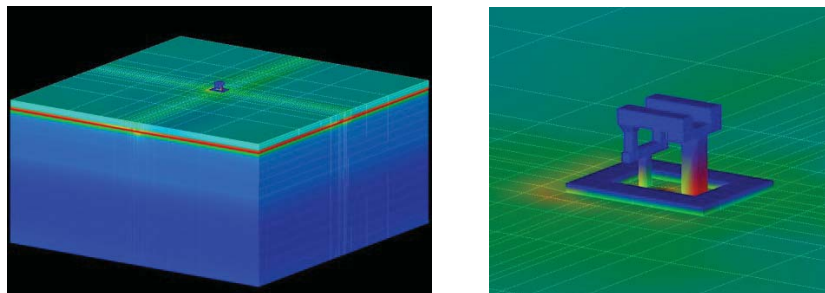


図8 小規模構造物の三次元モデル化（右側：構造物を拡大）

④ 細粒分を多く含む土の液状化に及ぼす深部地層構成の影響

東北地方太平洋沖地震で甚大な液状化被害を受けた千葉県浦安市の海上埋立て地盤をモデル化し、従来は液状化しにくいと考えられてきた細粒分を多く含む土が液状化した要因を検討した。甚大な液状化被害の要因として、地震動が長く継続した点がよく指摘されているが、液状化被害の程度が空間的に非一様で、そのばらつきが大きいことも今回の震災の1つの特徴である。地盤材料の不均質性はよく指摘されるが、今回の解析結果は均質な地盤材料であっても層厚の不均質性に起因する地盤変状のばらつきが大きいことを示した。

※ 日本地震学会 2011 年度秋季大会において、本内容に関連して浅岡会長が発表した後、NHK よりインタビューを受け、ニュース番組（2011 年 10 月 13 日放送）において紹介されました。

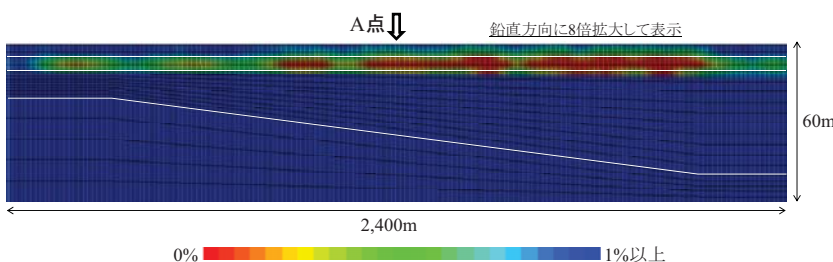


図9 地震発生から3分後のせん断ひずみ分布

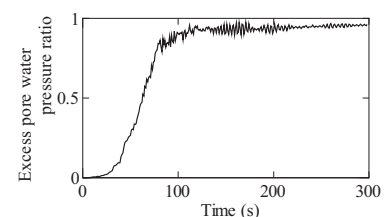


図10 A点での過剰間隙水圧比の時刻歴

平成23年度の主な公表論文等（平成24年度前半分も含む）

学術論文【地盤工学ジャーナル】地震後に発生した傾斜地盤上盛土の大崩壊に関する水～土連成有限変形解析による再現, Vol.7, No.2, pp.421-433.

国際会議【International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences, ICCES' 12 (Greece, Crete, March 2012)】Seismic stability assessment of a structure constructed on liquefiable ground with different soil-layer profiles. 【6th International Workshop for New Frontiers in Computational Geotechnics (IWS-Takayama, Japan, Takayama, May 2012)】①Inertia effect on deformation and subsequent triggered acceleration during shear band in overconsolidated clay. ②A three-dimensional analysis of gas-governor located on a liquefiable soft ground. ③Numerical simulation of failure behavior of naturally deposited clay soil with dynamic motion. ④The effect of stratigraphic composition and dip of deeper layer on the occurrence of subsurface liquefaction. ⑤Shearing behavior of embankment materials and seismic response analysis of embankments with different compaction properties.

国内発表【第66回土木学会年次学術講演会（松山，23年9月）】2編 【第61回理理論応用力学講演会（東京，24年3月）】2編 【第21回調査・設計・施工技術報告会（名古屋，24年6月）】1編 【第48回地盤工学会研究発表会（八戸，24年7月）】16編 【第24回中部地盤工学シンポジウム（名古屋，24年8月）】5編

日本地震学会 【2011年秋季大会（静岡，23年10月）】細粒分を多く含む砂質系表層土の液状化に及ぼす深部地層構成の影響

日本地球惑星科学連合 【2012年度連合大会（幕張，24年5月）】表層地盤液状化被害の非一様性に及ぼす深部傾斜地層の影響

地盤解析技術 GEOASIA による受賞のご報告

【平成23年地盤工学会 研究奨励賞】 田代むつみ：Prediction of Settlement in Natural Deposited Clay Ground with Risk of Large Residual Settlement due to Embankment Loading（盛土載荷に伴い大きな残留沈下の恐れがある自然堆積粘土地盤の沈下予測，地盤工学会論文集 *Soils and Foundations*, Vol.51, No.1, pp.133-149）

平成24年度の主な活動予定

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、液状化や谷埋め盛土の崩壊など、地震による地盤災害が社会に深刻な影響を与えることが再認識されると同時に、地盤改良や補強土工法等の耐震対策の有効性も確認されました。解析技術 **GEOASIA** は、地震時に「地盤に何が起きるか？」を知る1つの有効なツールであり、耐震性再評価、強化必要箇所の抽出、地盤強化技術の検証など、地盤災害の低減に貢献すべき解析技術です。平成24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18回国際地盤工学会議（パリ，25年9月）をはじめ、国内外の地盤力学/工学、地震学分野において発表・論文投稿を行う予定です。また、千葉県浦安市を中心にした、液状化被害地区の調査活動を継続し、液状化のメカニズム解明に向けた研究も取り組んでいきます。

今年度より研究会では、「解析技術 **GEOASIA**」とそこに搭載された弾塑性構成モデル「SYS カムクレイモデル」について、その概要を紹介するテキストを作成しました。解析技術 **GEOASIA** に必要な土質試験データや基礎となる構成式について、会員をはじめ広く一般の方々に理解して頂くために、講習会・出前講義・講演会・広報活動を開催していきます。

編集後記

GEOASIA 研究会は、平成18年に任意団体として設立してから今年で6年目を迎えました。お蔭様で会員数は着実に増加しており、平成24年7月現在で個人会員69名、法人会員28団体となっております。また、現在までに11名の **GEOASIA Master** を輩出し、研究会として委託研究活動を行う体制も整ってきました。東日本大震災以降は、インフラ設備の耐震性再評価や地盤強化技術の検証など、地震関連の解析委託が増えております。今後とも、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願いいたします。

平成23年10月より、研究会の英語版HPを立ち上げました。あわせて是非ご覧ください。

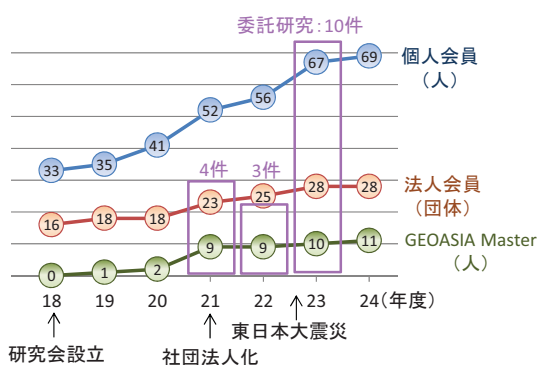


図11 会員，GEOASIA Master，受託研究の推移