

GEOASIA Bulletin No.9

第 9 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 27 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

今年度地盤工学会誌 10 月号では特集「地盤地震応答解析の最前線」が組まれていて、そこには、野田利弘教授以下、我々会員自身が執筆した **GEOASIA** の紹介記事が載ります。地盤解析コード **GEOASIA** は、一般社団法人 **GEOASIA** 研究会の発足による普及活動が始まってからでも既に 9 年が経過し、**GEOASIA** の名前だけは産官学のそれぞれの分野で、比較的良好に知られるようになってきました。だからこそこの特集号にも原稿依頼が来たのでしょう。もちろん **GEOASIA** の成果については、幾度かの学会賞の受賞と文部科学大臣表彰とを通じて、「弾塑性力学に基づく地盤の静的・動的応答解析の体系的研究」としてすでに認められてはいました。成果や技術のこのような認証は、普及に大変役に立ち、有難いことです。しかし開発者の側から「公的」に地盤解析コード **GEOASIA** を紹介する機会を得ることは、それほど多くはありません。10 月号の記事は分かりやすく的確なので、いくつかを部分的に紹介させて下さい。



「従前の地盤解析コードは、地盤に何が起きるかをあらかじめ決めてから用いる、いわば専用解析コードであり、同一地盤を対象にする場合であっても、工学的課題に応じて、入力する土質物性と解析コードを使い分けてきた。…砂と粘土の互層地盤を対象にする場合では、地盤の圧密挙動には砂を弾性体として静的な粘土の圧密専用コードを用い、地震時挙動には粘土を弾性体として砂の液化化専用コードを用いるなどである。」…「このような「利他的」対応を排除して、新しい地盤力学を構築するため、地盤の土質定数と初期状態を最初に与えさえすれば、あとは外力形態に応じて地盤に一体何が起きるのかを教えてくれる解析コードの開発を目指してきた。」そのために「砂と粘土とその間に稠密に存在する中間土などの広範な力学挙動を一つの理論的枠組みの中で記述する (ALL SOILS) 弾塑性構成式 (SYS Cam-clay model) を提案し、…中略… 有限変形理論に基づいて変形と破壊の問題を区別することなく (ALL STATES)、しかも慣性力対応とすることで静的と動的を同列で扱える (ALL ROUND) 解析コード **GEOASIA** を開発してきた。」そして今では、「解析対象を飽和土に限定 (することなく) …中略… 不飽和土も飽和土と切れ目なく扱えるように空気～水～土骨格連成解析 (三相系解析) コードへと拡張を進めている。」

昨年のメッセージでも書きましたが、超弾性と複合負荷面など弾塑性構成式の精緻化と並んで、不飽和土への新たな展開は、ともに **GEOASIA** の汎用性を一気に加速させるものになっています。特集号の記事では最後に **GEOASIA** の解析の精度について以下のように述べています。

「実際の問題では地盤の不均質性に加え、外力としての入力地震波にも不確実性は高く、3次元の力学現象は多くが2次元問題に置き換えざるを得ないのだから、「精度」には自ずと限界もある。数 cm あるいは数十 cm 単位での「量的」な一喜一憂は無駄である。我々が当面目指すものは、…中略… 想定外力に対して地盤には何と何が起きるのか、設計で何か見落としはしないか、「質的」な課題を具体的に抽出して教えてくれる解析コードではないか。」地震外力などの動的問題での現在の課題を、実に的確に抽出しているのではないのでしょうか。

なお 10 月特集号には、上記の野田教授らの記事以外に、実河川堤防での小高猛司教授と吉川高広会員 (**GEOASIA Master**) による不飽和土の地震応答計算も別記事として載っています。

地盤解析コード **GEOASIA** の高度化が、以上のように着実に前進しているのは明らかですが、**GEOASIA Master** の拡大にも変化が現れつつあります。今年度を含むごく最近の **GEOASIA Master** は 5 人のうち 3 人が修士課程修了者から出ています。H25 年度修了福永 俊樹君、H26 年度修了の加藤 健太君、後藤 敬彦君の 3 人ですが、それぞれ、地盤—構造物系の地震時相互作用、不飽和土への展開、動的非線形問題の逐次線形近似を通しての「可視化」などで、**GEOASIA** の高度化に著しい貢献をしました。工学博士の学位取得者に限定されている趣のあった **GEOASIA Master** が、少し枠を広げて増えつつあるのは、地盤解析コード **GEOASIA** の普及の上で嬉しいことです。まだ名大の研究室内部での話しではありますが、新しい地盤力学としての **GEOASIA** の教育技術にも、大きな進歩が生まれつつあるのかもしれない。そして、**GEOASIA Master** 第一号である高稲敏浩氏が当研究会の（専任）事務次長に今年 3 月に就任しましたが、このことは **GEOASIA** の更なる普及において大きな意味を持つと考えています。近い将来、多くの会員にとって **GEOASIA** がより身近に使用できるようになることを期待しているところです。

来年は、当研究会の設立 10 周年の年に当たります。長く懸案の「教科書」出版の準備、地盤解析コード **GEOASIA** の普及版の公開と販売、**GEOASIA** 研究会の東京事務所開設など、皆様に報告できるように、新しくつぎの一年、また努力していきたいと念じています。

最後になりましたが、皆様すでにご存じのように、松尾稔先生がさる 5 月 9 日御逝去されました。私の直接の先生ですが、当研究会に所属の多くの先生方の先生でもありました。地盤工学会誌 7 月号に松尾先生の御逝去を悼む文章が掲載されています。お読みいただき、往時をしのんでいただければ幸いです。

(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 顕

平成 26 年度活動報告

（１）地盤以外の材料の弾塑性モデル化の例

既設護岸の陸側に杭を一定間隔で配置し、地震時の背後地の側方流動を抑える抑止杭工法の効果について調べた。抑止杭は鋼管杭を想定し、von-Mises の降伏条件を有する下負荷面モデルとして弾塑性モデル化した。弾塑性杭は降伏して弾性杭より大きな変位を生じること、地表面沈下量は、無対策に比べ杭より陸側で減少、海側で増大することなどがわかった。

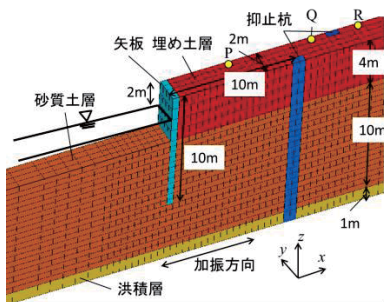


図 1 有限要素メッシュ

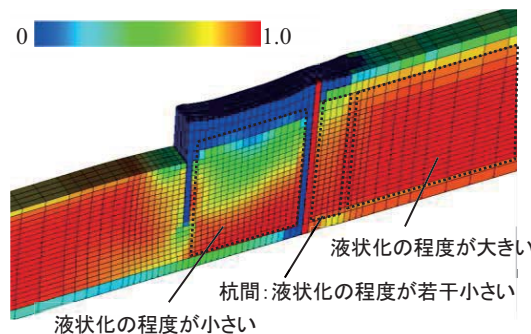


図 2 平均有効応力減少比

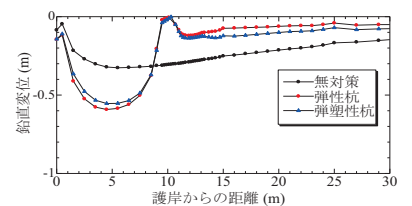


図 3 地表面沈下量分布

（２）縦ずれ断層型破壊に伴う地震動の不規則波生成シミュレーション

正断層・逆断層型の破壊を地盤に生じさせることにより、計算機内に振動を発生させることを試みた。地盤内にランダムな不均質性を与えることにより地震動的な不規則波を生成させることができた。また、破壊後も載荷を続けると、ある程度の期間において破壊が繰り返し発生することがわかった。

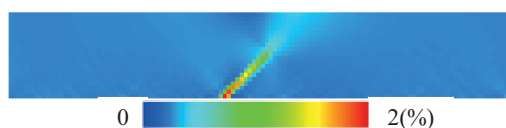


図 4 逆断層時のせん断ひずみ分布 (12449.8sec)

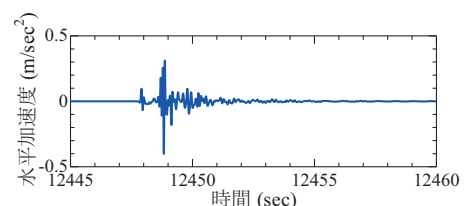


図 5 断層直上の地表面における水平加速度応答

(3) 地下水位に着目した粘性土地盤上の不飽和盛土の地震時挙動に関する空気～水～土骨格連成有限変形解析

地下水位の違いに着目して粘性土地盤上の不飽和盛土の築造時・地震中・地震後解析を実施した。その結果、地下水位が高い場合は、低い場合に比べ盛土の飽和度が高く骨格応力が小さいため、地震中に大きな変形が生じ、東日本大震災での被災事例の傾向と一致した(図6)。また、地震後には、地下水位が高い場合は盛土内に浸潤線が形成されるが、低い場合は水位が上昇するものの、盛土内浸潤線は形成されなかった。

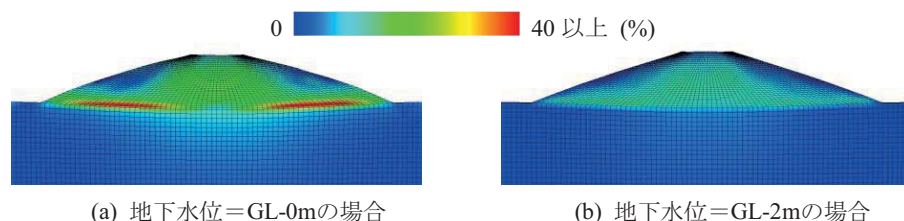


図6 地震直後のせん断ひずみ分布(地下水位が高いほど変形が大きい)

(4) 大規模河川堤防の外水位に着目した浸透・地震時挙動の評価

実在する砂質土・粘性土互層地盤上の大規模河川堤防の浸透・地震時挙動の評価を行った。まず、外水位が異なる場合の浸透と地震の複合時の解析を実施し、水位が高いほど堤内地の変形が大きくなることを示した(図7)。また、仮に砂質土層が礫質土相当の透水係数を持つとして、浸透破壊に対する照査も実施し、外水位上昇後8時間経過時点からパイピング/ボイリング破壊が発生することを示した。

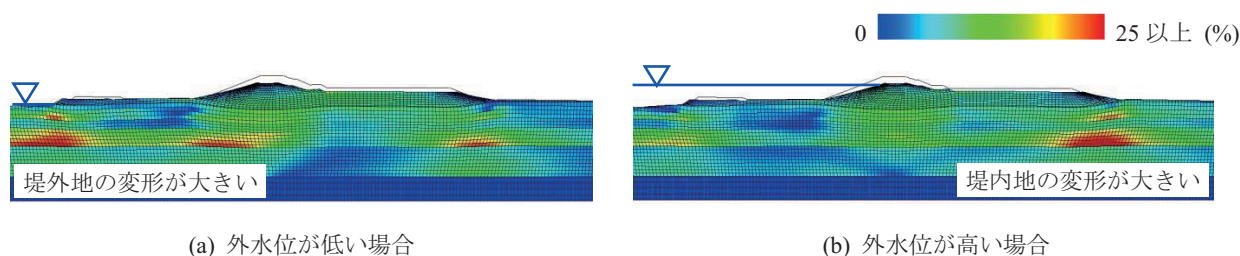


図7 地震直後のせん断ひずみ分布(外水位が高いほど堤内地の変形が大きい)

(5) 刺激係数を用いた土構造物-地盤系の固有振動モードの揺れやすさの評価

粘性境界を有する制約条件付水～土連成有限変形解析に対し、逐次線形近似下で固有振動特性を把握する手法を提案した。また、固有値解析の結果得られる膨大な固有振動モードの中から、地震動に対して主要なモードを抽出するために、各モードの揺れやすさを評価する指標として(局所)刺激係数を用いることを新たに提案した。図8は局所刺激係数による評価結果を表しており、1位は地盤が大きく振動するモード、2位は盛土が大きく振動するモードとなった。図9は地震応答解析結果を示している。図8に示す2つの固有モードに対する固有振動数に卓越振動数を合わせた地震波をそれぞれ入力した。1位のモードに合わせた場合には地盤から、2位のモードに合わせた場合には盛土からせん断面が発達した。

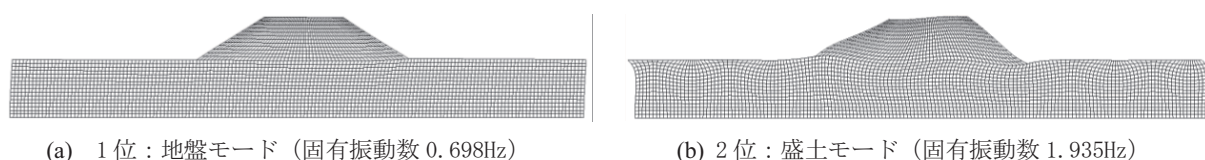


図8 局所刺激係数による各固有モードの揺れやすさの評価結果

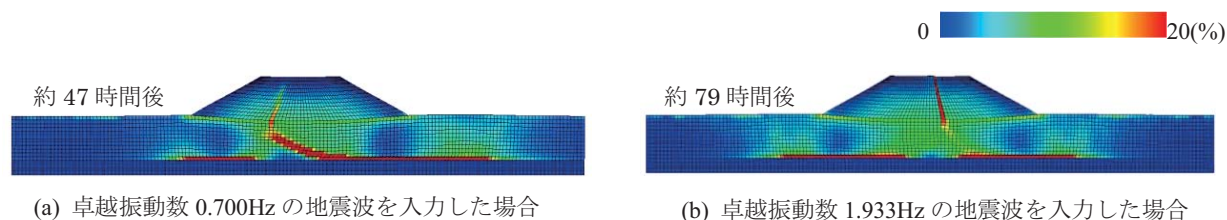


図9 各固有モードの振動数を与えた時のせん断ひずみ分布

(6) 地盤－煙突構造物相互作用系の耐震性評価

軟弱地盤上に建つ長尺な煙突構造物の地震時挙動を評価した。①相互作用系における耐震性評価では、地盤の軟弱さや揺れの強さのみでなく、1) 構造物の固有周期、2) 地盤の固有周期、3) 入力地震動の卓越周期の関係性が重要であること、②近接構造物の沈下に引きずられて煙突構造物が傾倒する危険性があることを示した。

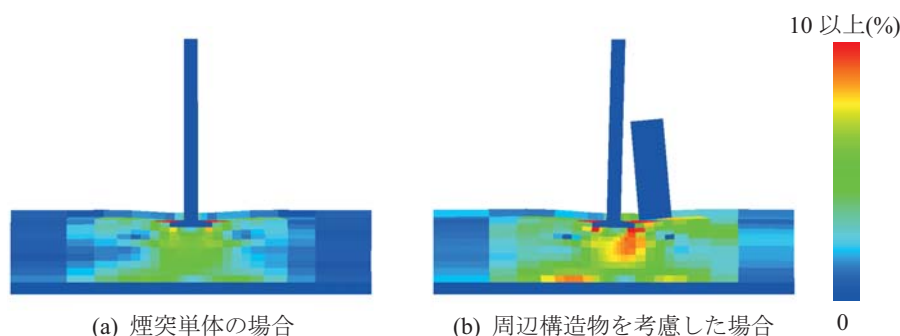


図10 地震発生から300秒後のせん断ひずみ分布

(7) 横ずれ断層に伴う地盤の付随断層

横ずれ断層活動時は、断層上部の地盤内部で深部から地表に向かって枝分れしたフラワー構造や地表面でリーデルせん断帯などが付随発生することが知られている。図11は、断層上部を模擬した模型地盤の下部で横ずれを与えた際に生じる付随断層の発達過程の再現を試みた解析事例である。解析の結果、リーデルせん断帯が地盤材料の塑性膨張を伴って生成されること、この生成には地盤に与える材料的初期不整の影響が大きいことなどがわかった。

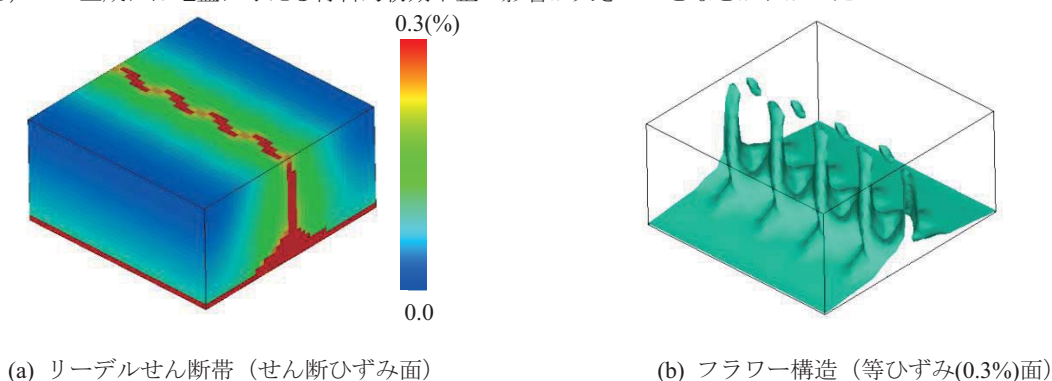


図11 材料的初期不整に応じて変化するフラワー構造を伴うリーデルせん断帯

平成26年度の主な公表論文等 (平成26年9月～平成27年8月)

学術論文 【Soils and Foundations】①Soil-water-air coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model, **55**(1), pp.45-62, 2015. ②Simulation of large-scale deformation of ultra-soft peaty ground under test embankment loading and investigation of countermeasures effective against residual settlement and failure, **55**(2), pp. 343-358, 2015. 【地盤工学ジャーナル】浅層盤状改良工法による戸建て住宅の液状化被害軽減効果の検証と経済性評価, **9**(4), pp.533-553, 2014.

国内発表 【第69回土木学会年次学術講演会 (大阪, 26年9月)】11編【土木学会中部支部 (豊橋, 27年3月)】3編【第18回応用力学シンポジウム (金沢, 27年5月)】1編【断層変位評価に関するシンポジウム (東京, 27年7月)】2編【第50回地盤工学研究発表会 (札幌, 27年9月)】18編【第27回中部地盤工学シンポジウム (名古屋, 27年8月)】3編【第20回計算工学講演会 (つくば, 27年6月)】1編【2015年度日本地球惑星科学連合大会 (幕張, 27年5月)】1編

編集後記

本号の活動報告では、土以外の材料に弾塑性構成式を組み込んだ例、断層生成に関する2例、不飽和盛土に関する2例、相互作用系の揺れに関する2例の計7例が紹介されています。会長のメッセージにありますように、**GEOASIA**のさらなる高度化は活動報告に示すように明らかですが、それとともに、是非とも教科書の出版とプログラムの公開を進め、普及を強化したいと考えております。今後も皆様の研究会活動へのご支援をよろしくお願いいたします。