



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 30 年 8 月 24 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: http://www.geoasia.jp

### 会長メッセージ

7 月冒頭の西日本豪雨災害はとても衝撃でした。それで当初述べる予定にしていた内容はこの文章の最後少しだけにして、7 月豪雨の話から始めます。

6 月末の台風 7 号に起因して、7 月初頭から 7 月 9 日まで西日本、佐賀県から中国地方を経て岐阜県に至る、これまでによく知られていなかった「線状降水帯」による、広域の豪雨災害が発生しました。この広域性と合わせ、7 月 6 日～7 月 8 日までの三日間に連続した総量 500 ミリ以上（最大 1800 ミリ以上、於愛媛、高知）の強い降水記録も、ほとんど新記録ものです。

これにより 220 人以上の人命が奪われました。多くはマサ土地帯の斜面崩壊によるものです。しかしその中に、①倉敷市真備町での高梁（Takahashi）川支流の小田川などでの堤防決壊と、外水氾濫（River Flooding）内水氾濫（Overland Flooding）の区別さえ難しい、河川浸水害による死者が 50 名以上、②土石流の砂防ダム越流、砂防ダム破壊による広島県内での死者が 23 名以上、③ダム操作の「誤り」による死者が愛媛県で 5 名、が含まれていることも記憶されてしかるべきものです。

さて国交省は、東京荒川の上流域の埼玉秩父で 3 日連続降雨の総量が 500 ミリを超えると、荒川は（外水）氾濫するのだという、詳しいシミュレーション結果を短い 15 分の動画にまとめ、YouTube に掲載しています。

広域とか連続大雨量とかの新型の西日本豪雨は、東京、名古屋、大阪などの大都市を襲うことはない、などとは考えられません。大都市で、下水や地下ダム、地下鉄など、内水氾濫の備えが充実してきているのは、よく耳にします。しかし地盤改良やスーパー堤防などの外水氾濫に備えた堤防強化が進んでいることは、ほとんど聞くことがありません。

豪雨ではありません。首都直下地震、南海トラフ地震のターゲットは、実は東京など、これら大都市でしょう。堆積盆地を襲う長周期/長時間地震動は、「地震に強い？」はずの軟弱粘土地盤に大変状をもたらします。「大都市の軟弱地盤上の堤防が危うい」、このことは GEOASIA による計算が近年強く示し続けてきた事柄です。上記 3 都市には、広大なゼロメートル地帯に合計 400 万人以上が暮らしています。地震によって堤防が破壊し海水が流入したらどうなるか？ 200 人をはるかに凌ぐ数字が頭をよぎります。大大都市が、地震にも豪雨にも、自然外力に対しいかに脆弱かを思うと暗澹とします。豪雨災害の映像を見て「防災の原点はハードにある」、「地盤改良と堤防強化技術に GEOASIA は大きく貢献できる」、このことをもっと広く知ってほしいと、あらためて強く思いました。

GEOASIA 研究会ではここ数年、特に理論面ですが、①砂質土の動的性質を細密に記述する複合負荷面モデル



の深化，②空気～水～土骨格 3 相系解析の充実，さらに③Full Formulation による多相混合体理論の精緻化と計算  
 障碍の克服，これらが著しく進捗しています。このような地盤力学の理論と計算の確実な充実は，しかし一方で，  
 研究と「**GEOASIA** の普及」との間での容易に折り合いのつかない事態も生み続けています。来年こそ皆様に，  
 この点での大きな解決策を示したいと考えています。

(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 顕

## 平成 29 年度活動報告

### (1) 表層に N 値の小さい砂層を有する傾斜地盤上に建設された盛土の地震応答解析

N 値の低い砂層に盛土建設を行うと，地盤の拘束圧が大きくなるものの，せん断も受けるために，地震により  
 変状することが懸念される。本解析では，N 値の低い砂層上に建設した盛土の地震応答解析を実施し，地盤の変  
 状を把握した。その結果，砂層は，液状化には至らないものの，平均有効応力が低下し，大きく変状した(ケース  
 1)。一方，砂層の構造の程度と過圧密比を大きくして解析を行ったところ，砂層の変形は小さくなったものの，  
 盛土層の変形が大きくなった(ケース 2)。そのため，左のり肩の変位量は変わらなかった。

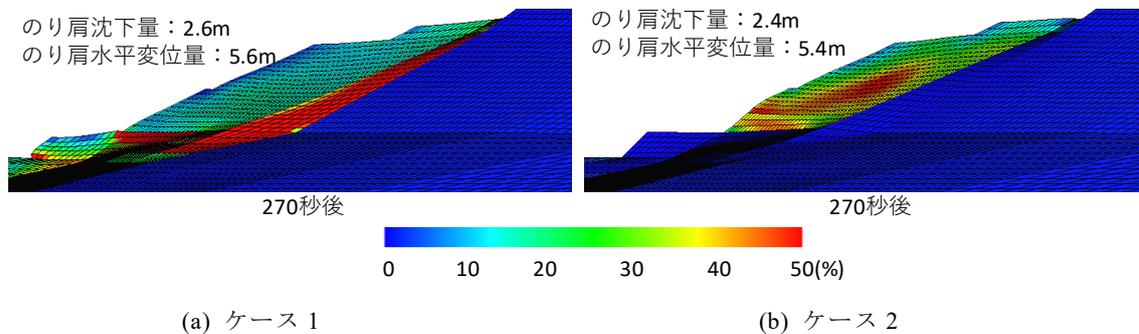


図 1 せん断ひずみ分布

### (2) 鋼管矢板岸壁の液状化・側方流動抑止工法に関する解析

図 2 のように岸壁背後に鋼矢板を打設することで，岸壁背後地盤の液状化および流動化を抑止する工法の効果  
 について検討を行った。図 3 に示す地震終了時の平均有効応力減少分布では，岸壁背後地盤の液状化抑止効果が  
 確認でき，また，図 4 に示す水平変位コンター図では，無対策では，岸壁矢板の海側への変形に伴い，背後地盤  
 が広範囲において海側へ水平に移動しているのに対し，対策を行  
 った地盤では，側方変位が抑えられており，液状化側方流動の抑  
 止工法として  
 の効果を確認  
 することがで  
 きた。

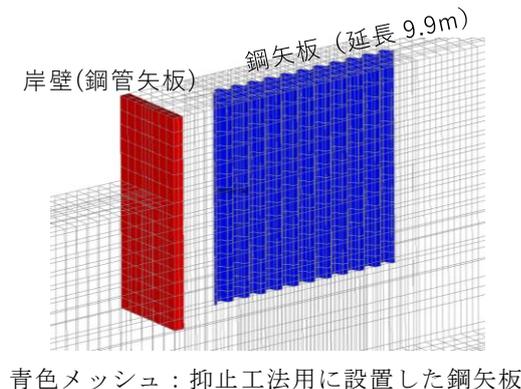


図 2 FE メッシュ

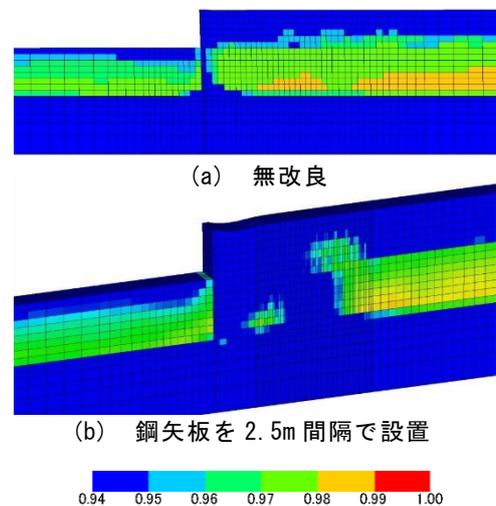
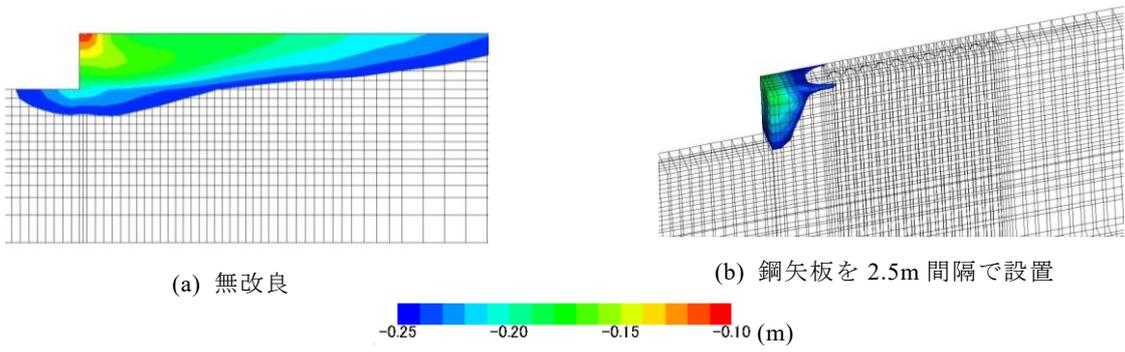


図 3 地震終了時の平均有効応力減少比



(a) 無改良

(b) 鋼矢板を 2.5m 間隔で設置

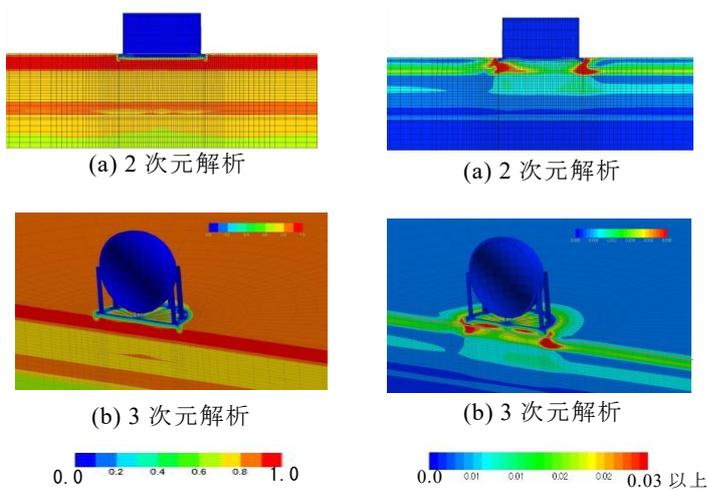
-0.25 -0.20 -0.15 -0.10 (m)

\*海側（図左側）へ 0.1m 以上の水平変位量領域を表示

図 4 地震後圧密終了時の水平変位量

### (3) 球形ガスホルダー基礎地盤の地震時～地震後挙動の 2次元・3次元解析の比較

軟弱地盤に杭基礎で支持された球形ガスホルダーに対して、地震時に杭支持機能を喪失した場合を想定し、地震時～地震後の挙動について 2次元平面ひずみ条件および 3次元解析を実施した。その結果、地盤の挙動およびホルダーの挙動は 3次元解析と 2次元平面ひずみ条件による解析で全般的によく一致し、2次元平面ひずみ条件による解析でも一定の条件下では、耐震性評価に有用であることを示した。



(a) 2次元解析

(a) 2次元解析

(b) 3次元解析

(b) 3次元解析

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

0.0 0.01 0.01 0.02 0.02 0.03 以上

図 5 地震終了時の平均有効応力減少比

図 6 地震後圧密終了時のせん断ひずみ分布

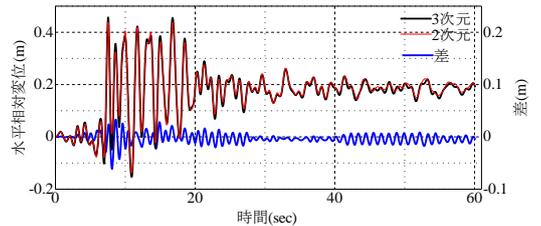


図 7 地震中の支柱上端部の水平変位時刻歴

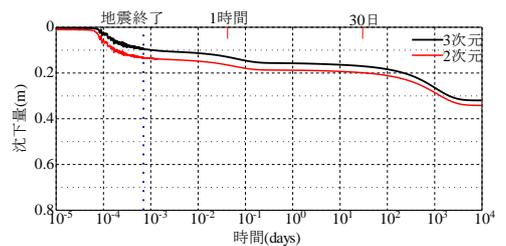
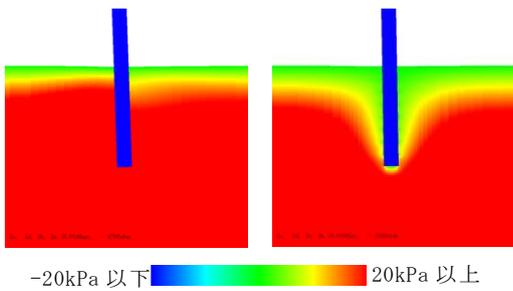


図 8 フーチングの沈下時刻歴

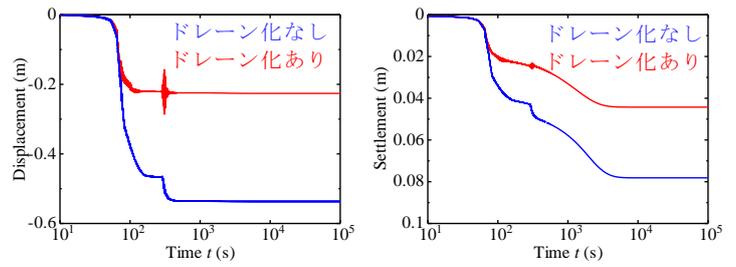
### (4) 電柱ドレーン化工法の適用性検証のための数値解析

電柱にドレーン孔を設けることで、液状化地盤における電柱の沈下・傾斜を抑制する試みがある。電柱ドレーン化効果を検証するために地震応答解析を実施した結果、ドレーン化によって、地盤の電柱を拘束する力が地震中に低下しないため、電柱の変状が小さくなるとともに、地震中に過剰間隙水圧が蓄積しにくいため、地震後の排水沈下量も小さくなることがわかった。



(a)ドレーン化なし (b)ドレーン化あり

図9 地震中（本震終了後）の過剰間隙水圧分布



(a)電柱頂部の水平変位 (b) 電柱頂部の沈下量

図10 地震中～地震後の変状

### (5) 地層の不整形性が表層地盤の地震被害に及ぼす影響

地層の不整形性を考慮した多次元地震応答解析を実施し、表面波の生成や、表面波と実体波の複雑な干渉が、表層地盤被害へ及ぼす影響を検討した。その結果、精緻かつ実情に合った被害予測のためには表面波生成・伝播に代表される多次元効果は考慮すべき事項であることを示し、地層の不整形性を考慮した多次元有効応力解析の必要性と有用性を示唆した。

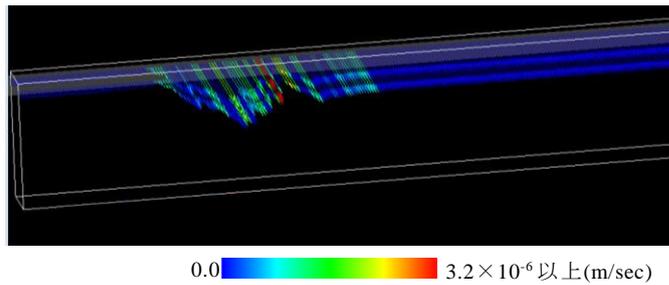


図11 傾斜基端部における Love 波の生成

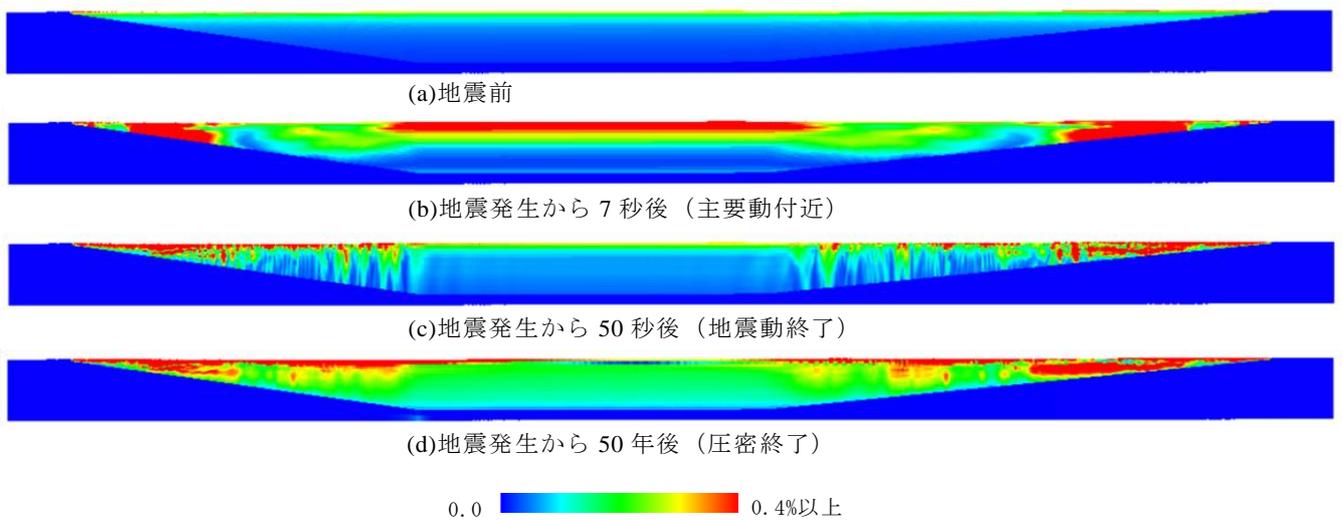


図12 堆積盆地における被害の局所化・甚大化の様子（せん断ひずみ）

## (6) 複合負荷弾塑性構成式を用いた液状化試験のシミュレーション

SYS Cam-clay model と非関連

Drucker Prager model が複合的な負荷状態を呈し得る複合負荷弾塑性構成式をこれまでに提案している。同構成式に誘導異方性などを導入することで、高度化を図った。豊浦砂の液状化試験のシミュレーションを実施し（図 13）、同構成式が高い表現応力を有していることを実証した。

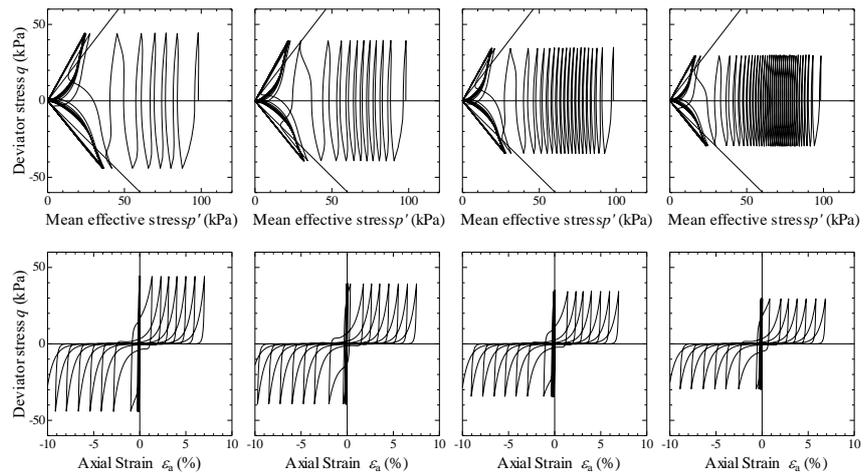


図 13 相対密度 76%の豊浦砂の液状化試験のシミュレーション

## (7) 2008 年岩手・宮城内陸地震における荒砥沢ダムにおける基盤上昇波の推定

2008 年岩手・宮城内陸地震において、荒砥沢ダムでは特徴的な強震記録が得られている（最大加速度が、①ダム基礎上で 1000Gal を超えている、②その上方の中段コア部とさらに上方の天端部ではいずれも 500Gal 程度に収まっている）。国内のロックフィルダムで、同様な特徴が観測された例は他にない。**GEOASIA** を用いて同観測記録に見られる特徴を再現し、その特徴が生まれる主要な原因として、地盤材料の履歴減衰にあることを示した。また、当研究会で提案する粘性境界条件を利用した基盤上昇波の推定手法を本解析に適用することで、当該サイトへの入射波を推定した。その結果、推定入射波は観測記録の半分程度の加速度であった（図 14）。設計地震外力は増大の一途を辿る昨今において、外力設定の在り方について一石を投げ得る結果であると考えられる。

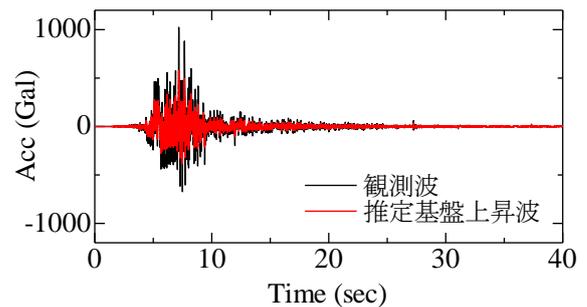


図 14 ダム基礎上の観測波と推定基盤上昇波

## (8) ジョグの存在を考慮したリーデルせん断帯の生成シミュレーション

横ずれ断層が地下深部において変位すると、その上に堆積した表層地盤の地表面にはリーデルせん断帯と呼ばれる雁行状の亀裂群が出現する。図 15 の模型底面において、屈曲した断層領域を挟んで相対変位を与えると、図 16(a)のように、大域的なリーデルせん断の中に局所的なリーデルせん断を含むフラクタル（入れ子構造）なせん断帯が解かれる。さらに、模型寸法を変えると、同図 (b), (c) のような、リーデルせん断同士をつなぐ P-shear や、低角・高角なせん断帯の出現が解かれる。また、領域内で図 17 のような花卉状のすべり面（フラワー構造）が複合的に形成される様子も再現された。

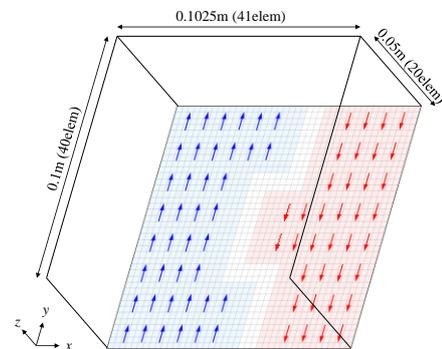


図 15 非直線断層線を有するメッシュ

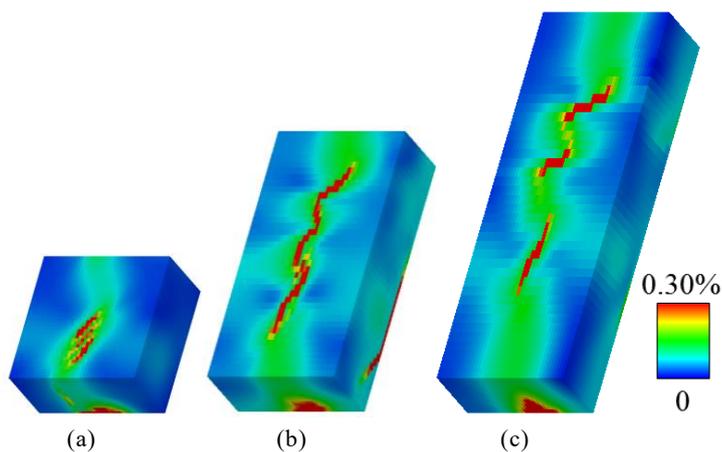


図 16 せん断ひずみ分布

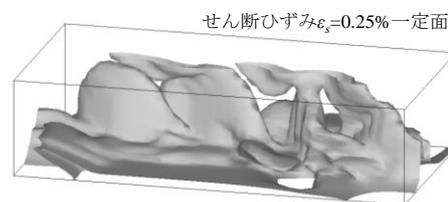


図 17 複合的なすべり面の形成

## 平成 29 年度の主な公表論文等 (平成 29 年 4 月～平成 30 年 3 月)

**学術論文など**【**Soils and Foundations**】 Verification of a macro-element method in numerical simulation of the pore water pressure dissipation method -a case study on liquefaction countermeasure with vertical drains under embankment, *Soils and Foundations*, Vol.57(3), 2017. 【**SEAGS**】 Soil-water Coupled Analysis of Pore Water Pressure Dissipation in Performance Design - Examinations of Effectiveness in Reclaimed Ground., *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, Vol.48, No.4, pp.19-31, 2017. 【**土木学会論文集 A2 (応用力学)**】 ①水～土連成有限変形解析による自然堆積粘土地盤に打設された杭に作用する地盤反力の検討, *土木学会論文集 A2 (応用力学)*, Vol.73, No.2, p. I\_535-I\_544, 2017.1., ②埋立高さの異なる名古屋港ポートアイランドの南海トラフ巨大地震時の耐震性評価, *土木学会論文集 A2(応用力学)*, Vol.73, No.2, p.I\_233-I\_244, 2017. 【**Canadian Geotechnical Journal**】 ① Seismic assessment of sheet pile reinforcement effect on river embankments constructed on a soft foundation ground including soft estuarine clay, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 54, No. 10, pp. 1375-1396, 2017.3., ② Deformation/failure mechanism of saturated fill slopes due to resonance phenomena based on 1G shaking-table tests, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 54, No. 10, pp. 1375-1396, 2018.3.

**国際会議**【**第 19 回国際地盤工学会議 (ソウル)**】 ①Expansion of SYS Cam-clay model for simulation of mechanical behavior of cement-treated soils. ②Verification of macro-element method for vertical drains in dynamic problem. ③A consideration of the failure mechanism of river levees due to water seepage based on model tests and soil-water-air coupled finite deformation analysis. ④A Full Formulation-based Soil-Water Coupled Finite Deformation Analysis on Undrained Compression Tests on Highly Permeable Soil Specimen. ⑤1G Shaking Table Tests on Saturated Fill Slope Focusing on Resonance Phenomena. ⑥Numerical extraction of Rayleigh waves and assessment of their influence on liquefaction damage.

**国内発表**【**第 20 回応用力学シンポジウム (京都, 29 年 5 月)**】 2 編, 【**第 22 回計算工学講演会(さいたま, 29 年 5 月)**】 2 編, 【**2017 年度日本地球惑星科学連合大会 (幕張, 29 年 5 月)**】 3 編, 【**第 52 回地盤工学研究発表会(名古屋, 29 年 7 月)**】 11 編, 【**第 29 回中部地盤工学シンポジウム (名古屋, 29 年 8 月)**】 3 編, 【**第 64 回理論応用力学講演会(東京, 29 年 8 月)**】 5 編, 【**第 72 回土木学会年次学術講演会 (福岡, 29 年 9 月)**】 6 編, 【**平成 29 年度土木学会中部支部研究発表会 (名古屋, 30 年 3 月)**】 3 編

\*本号より対象期間を事業年度から日本の会計年度に変更いたしました。BulletinNo.11 と一部重複しております。

## 編集後記

活動報告には 4 つの 3 次元解析の実施例が掲載されています。まだまだ計算に時間はかかりますが常態化\*してきたといっても良いかもしれません。会長メッセージにありますように新しい構成式の導入, 空気～水～土の 3 相系の解析やフルフォーミュレーションなど, 地盤解析の総合プログラム **GEOASIA** は, 次のステップへ進もうとしています。来年には, **GEOASIA** 研究会は, 一般社団法人設立 10 周年になります。引き続きご支援を賜りますようお願い申し上げます。\*「常態化」は良い意味では用いられませんが, 敢えて使用しています。(高稲)