

# SF2023完全読破チャレンジ week12

関西大学大学院 理工学研究科

地盤防災工学研究室

23M6505 板木拳志朗

# Aging effects on liquefaction resistance of sand estimated from laboratory investigation

## 実験室調査から推定した砂の液状化抵抗性に及ぼす経年劣化の影響

Hirofumi Toyota<sup>a</sup>, Susumu Takada<sup>b</sup>

<sup>a</sup> 長岡技科大学, <sup>b</sup> 長岡技科大学

### 概要

- 液状化抵抗性は、建設・体積後、時間経過で増加することが知られているが、経年変化のメカニズムは完全に解明されていない。
- 局所微小ひずみ（LSS）測定とベンダーエレメント（BE）を組み込んだ三軸圧縮試験装置を開発し、CRRとG0を含む二次せん断弾性率Gsecとの関係を推定した。
- 貫通耐性の経時変化を明らかにするために、新たに開発した貫通指数試験を実施した。

### 手法・結果

- LSS測定の結果、Dr=40%の豊浦砂の軸ひずみは、長期圧密で定応力状態に達してから半日までは約0.005%ずつ徐々に増加し、半日後には軸ひずみは増加傾向を示さず、安定した状態となる。
- BE試験とLSS試験から推定されるG0は、圧密開始から長期圧密までほぼ等しい値を維持する。
- 供試体の線形弾性ひずみ領域は、1日圧密した供試体の0.001%から長期圧密した供試体の約0.003%まで広がる。←経年変化の液状化抵抗性の増加の原因
- 室内貫入抵抗の値は、圧密期間とともにわずかに増加する傾向を示し、Dr=40%の豊浦砂の貫入抵抗は、1日圧密供試体よりも599日圧密供試体の方が約18%高い。

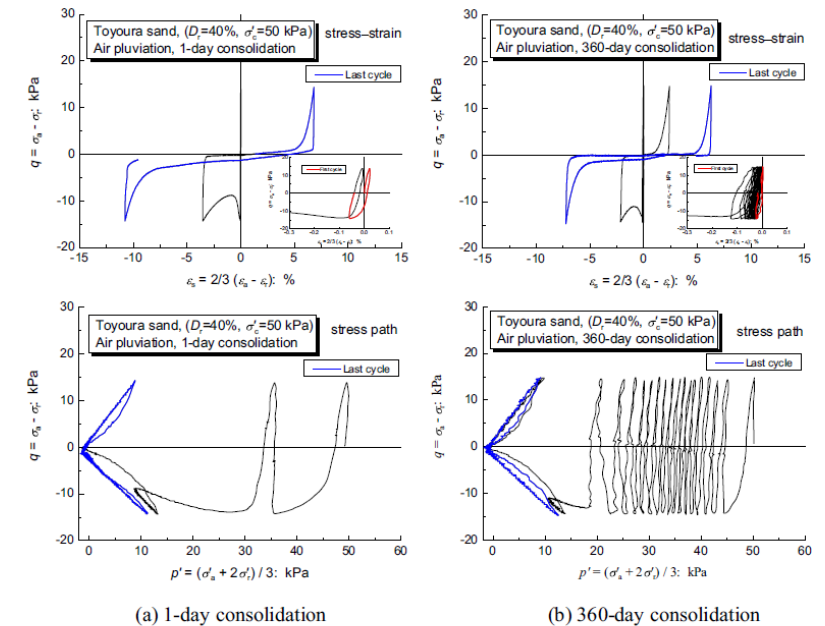


Fig. 4. Representative cyclic undrained loading behaviour: (a) 1-day consolidation and (b) 360-day consolidation.

### コメント

- 経年変化を確認するために圧密の期間を1年間している。その結果、長期間圧密した供試体の貫入抵抗等が高い値となっており、経年変化の影響がわかる。

## Analysis of the behaviour of retaining structures through a novel data interpretation approach

### 新しいデータ解釈アプローチによる土留め構造物の挙動解析

A. Dobrisan <sup>a</sup>, S.K. Haigh <sup>a</sup>, C. Deng <sup>a</sup>, Y. Ishihara <sup>b</sup>

<sup>a</sup> ケンブリッジ大学, <sup>b</sup> Giken Ltd.

#### 概要

- 擁壁における従来のフィッティング手法は欠点が存在する.
- PIV, 傾斜計, ひずみゲージからの測定データをまとめ, 壁を一元的に解析する簡単な方法はないため, 本研究は, 新しいフィッティングルーチンであるマルチフィットを提案する.

#### 手法・結果

- 本研究により提案されたマルチフィットは, 多数の機器から得られた不完全なデータを, まとまりのある予測にまとめることができる等, 従来の手法にはない利点がある.
- 入力を満たす所定の次数の全ての多項式の代表サンプルを出力可能なので, 不確かさの尺度を定量化することができる.
- 遠心模型実験のデータを分析した結果, 既存のフィッティング手法を凌駕することがわかった.
- 本手法は, 直接測定された特性とその導関数の両方について高次の精度が著しく向上することがわかった.

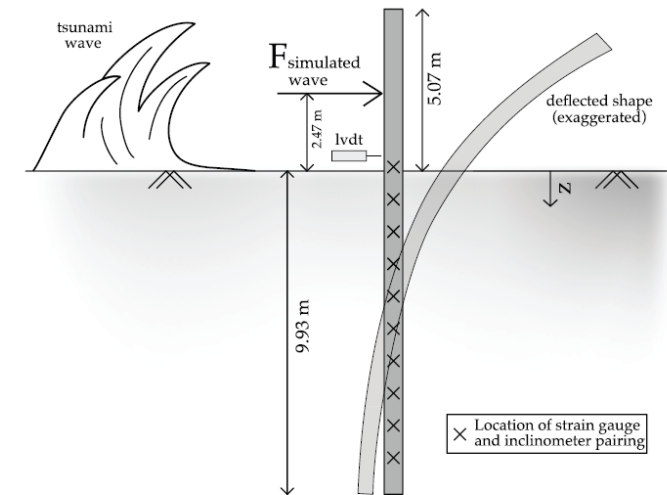


Fig. 9. Lateral loading of a steel pile with a static horizontal force simulating a tsunami scenario; adapted from Dobrisan et al. (2021).

#### コメント

- 従来の手法における問題点を改善できるかつ, 擁壁や横杭試験のデータ解析にもたらす利点について, 良い知見を示したという点が採用された理由であると考えられる.

## A pre-trained deep-learning surrogate model for slope stability analysis with spatial variability

### 空間変動を伴う斜面の安定性解析のための事前学習された深層学習サロゲートモデル

Haoding Xu<sup>a</sup>, Xuzhen He<sup>a,†</sup>, Biswajeet Pradhan<sup>b</sup>, Daichao Sheng<sup>a</sup>

<sup>a</sup> テクノロジー・シドニー大学, <sup>b</sup> テクノロジー・シドニー大学

#### 概要

- 本研究は、斜面安定問題のための事前学習済み深層学習サロゲートモデルを紹介する。
- 革新的な点は一般的な土質特性、空間変動、斜面形状を網羅した大規模データセットを用いてモデルを学習させることで追加学習等無しですぐに予測が可能になった点である。

#### 手法・結果

- 重力が直線的に増加するFEモデルを用い、安全係数の計算方法を厳密に検証した結果広いパラメータ範囲において、解析解に対し正確に予測できた。
- 入力の少ない縮小問題から完全な問題までの3つの条件を検討した結果、局所結合ネットワークが最も性能が良く(MAPEは約6%), CNNがその次(約10%)であることがわかった。完全連結ネットワークの誤差は比較的大きい(約13%)。
- 最終的に12000以上の入出力データで完全門債を学習し、局所的結合ネットワークは正確な予測(MAPE6.27%)を行ったので、斜面の安定性の理想的な代理モデルとして使用できる。
- 深層学習モデルによる確立密度関数は、FEシミュレーションを用いた総当たりモンテカルロ解析と高い整合性を示すが、計算量ははるかに少ない。

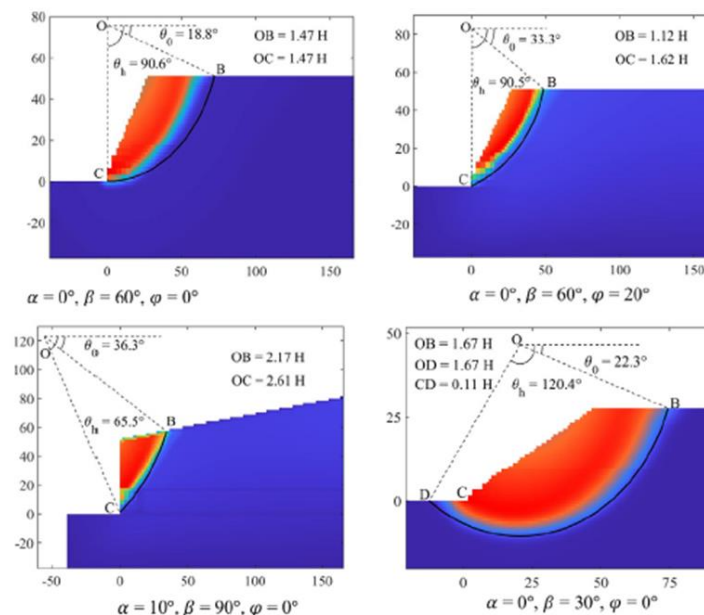


Fig. 7. Sliding surfaces from FE simulations against analytical solutions.

#### コメント

- 斜面の安定性解析において深層学習サロゲートモデルが計算時間を大幅に短縮でき、高い精度を誇ることが本研究によりわかる。

# Assessment of shear strength for clay liners using a dynamic probe

## ダイナミックプローブを用いたクレイライナーのせん断強度評価

Muawia Dafalla <sup>a</sup>, Abdullah Shaker <sup>a</sup>, Abdualлах Almajed <sup>b</sup>, Kehinde Lemboye <sup>b</sup>

<sup>a</sup> キングサ우드大学, <sup>b</sup> キングサ우드大学, <sup>c</sup> Klohn Crippen Berger, <sup>d</sup> トロント大学

- ### 概要
- 埋立地の最上層にライナーカバー層が設置される.
  - 砂粘土被覆層のせん断強度と締固めレベルを評価することは非常に重要である.
  - 本研究は, 粘土-砂混合物層を調査するための簡単かつ迅速, しかも信頼性の高い評価ツールを提供することが目的である.

- ### 手法・結果
- 市販のベントナイトを用い, 落下コーン試験を実施した.
  - 含水率と乾燥密度の変化は, 土の圧縮性とせん断強度のパラメータに影響する.
  - 軽量動的プローブは, ベントナイト砂混合材料を評価するのに信頼性の高いせん断強度を測定できた.
  - 含水率が貫入プロファイルに与える影響が立証され, コーン貫入と含水率の間に双線型の関係が示された.
  - 締固め曲線の最適ゾーンのウェット内で線形関数が確立できる.
  - 砂粘土ライナーカバーのせん断強度と乾燥密度の測定に提案手法は有効的であることが示された.



Fig. 1. Preparation of laboratory model for a sand-clay liner cover layer.

- ### コメント
- 既往の乾燥密度と締固めレベルの測定は, 核磁気計が用いられており, それは, 高価かつ厳格な規則に則る必要があるが今回提案された手法は簡易かつ迅速に計測が可能であるため, 今後の知見に活かすことができる.



## A two-dimensional experimental study of active progressive failure of deeply buried Qanat tunnels in sandy ground

### 砂質地盤に深く埋設されたカナートの能動進行破壊に関する2次元実験的研究

Yanfei Zhang <sup>a,b</sup>, Xianfeng Liu <sup>a,b,c</sup>, Shengyang Yuan <sup>a,b</sup>, Jinyang Song <sup>a,b</sup>, Weizhi Chen <sup>d</sup>, Daniel Dias <sup>e</sup>

<sup>a</sup> 西南交通大学, <sup>b</sup> 西南交通大学, <sup>c</sup> 新疆工程学院, <sup>d</sup> China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd, <sup>e</sup> ゲルノーブル・アルプ大学

#### 概要

- 古くからあるカナートは、長期間の通水により、トンネル内の老朽化や崩壊が進行し、地盤沈下や災害を引き起こす可能性がある。
- 本研究は、深く埋設されたカナートの安定性に及ぼす進行性破壊による崩壊メカニズムと地表面沈下量への影響を調べることを目的とする。

#### 手法・結果

- 平面ひずみ条件下で1gの模型実験を行い、乾燥砂層に対する崩壊効果、崩壊時の土圧・変形を評価し、PIVでは、変位パターンの変化と地盤の損傷モードを観察した。
- カナート内の覆工の破損が生じたとき荷重が最大となり、崩壊の進展とともに、隣接する地層の土圧が徐々に低下する。
- 埋設深度の深いカナートの崩壊が地表面沈下に及ぼす影響は小さい。
- 埋設深度の深いカナートの場合、崩壊の進展に伴い、上部地盤のせん断強度が発達し、応力減少域と増加域が上方に広がり、アーチは2つ形成されるため、浅いカナートの崩壊と比較して地表面沈下量が小さい。
- 右図のマルチトラップドアモデルにより、崩壊のメカニズムの理解が深まる。

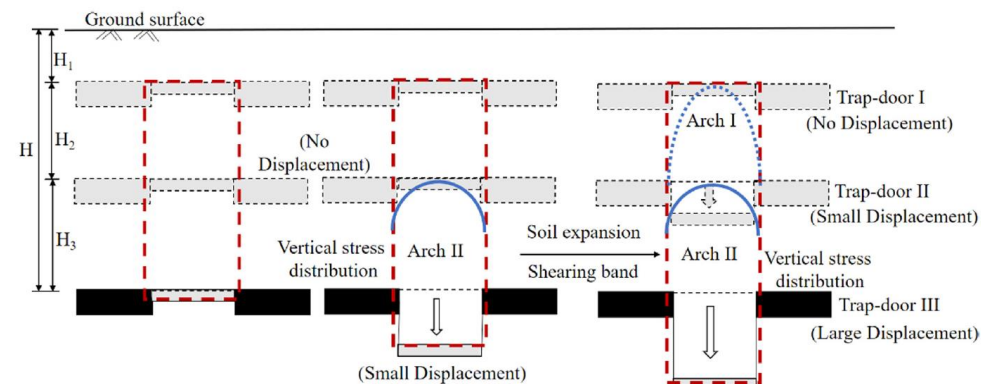


Fig. 27. Multi trapdoor model for deep trapdoor considering soil expansion effect above deep-buried Qanat tunnel caused by the collapse.

#### コメント

- 埋設深度が深いとアーチが複数形成されるため上部構造が保たれるということがわかる。

## Centrifuge model test study on micro-pile reinforcement of shallow foundation

### 浅い基礎のマイクロパイル補強に関する遠心模型実験

Zixi Li<sup>a</sup>, Ga Zhang<sup>b</sup>

<sup>a</sup> 清華大学, <sup>b</sup> 清華大学

#### 概要

- マイクロパイルは、既設基礎の有効な補強対策として実用化されているが、複雑な荷重条件下でのマイクロパイル-地盤-既設基礎の相互作用を含むマイクロパイルの補強メカニズムは明確に説明されていない。
- 本研究は、マイクロパイルの補強効果を調べるため、浅い基礎とマイクロパイルの異なる組合せについて遠心模型実験を実施した。

#### 手法・結果

- マイクロパイルは、沈下量を減少させ、支持力をぞうかさせ、土の変形を均一にし、浅い基礎を効果的に補強する。
- 載荷影響領域は、地盤、浅い基礎、杭の相互作用を反映しており、載荷中に徐々に拡大し、マイクロパイルにより、近傍の地盤変形を増大させる。
- 浅い基礎とマイクロパイルは、載荷中の浅い基礎とマイクロパイルの結合基礎の支持力に大きな結合効果を示す。
- 初期荷重状態では、結合基礎は2つの基礎の支持力の合計よりも少ない鉛直荷重しか負担しない。
- 荷重が増加するにつれて、結合基礎の耐力は徐々に増加し、2つの基礎の耐力の和よりも大きくなる。

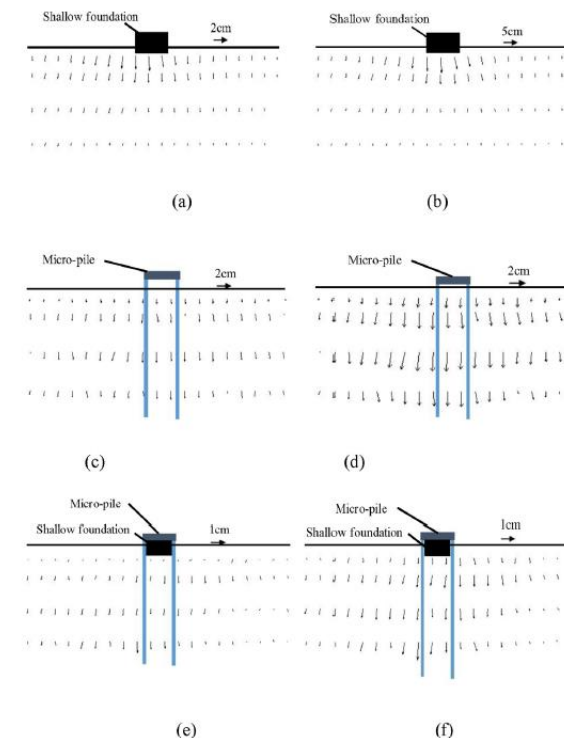


Fig. 8. Vector diagrams of soil displacement in various tests. (a) shallow foundation ( $P = 1600$  kN); (b) shallow foundation ( $P = 2880$  kN); (c) pile foundation ( $P = 1600$  kN); (d) pile foundation ( $P = 2880$  kN); (e) coupled foundation ( $P = 1600$  kN); (f) coupled foundation ( $P = 2880$  kN).  $P$ , vertical load.

#### コメント

- マイクロパイルが地盤を介し、浅い基礎との相互作用を持ち、周辺地盤の水平変形の抑制、支持力の増加の強化効果を持つことがわかる。
- 荷重が増加されるにつれ、弱化効果と強化効果が交互するといったところが興味深い。

# Design optimization and observed performance of a super-large foundation pit excavation subjected to unsymmetrical loading in water-rich floodplain: A case study

## 水量豊富な氾濫原で非対称荷重を受ける超大型基礎ピット掘削の設計最適化と性能観測：ケーススタディ

Bo Liu <sup>a,b</sup>, Dingwen Zhang <sup>c</sup>, Yuanyuan Wang <sup>d</sup>, Ningning Wang <sup>e</sup>, Wen Xu <sup>f</sup>

<sup>a</sup> 東南大学, <sup>b</sup> Ministry of Water Resources, <sup>c</sup> 東南大学, <sup>d</sup>CCCC Third Highway Engineering Co., Ltd., <sup>e</sup>JSTI Group Co., Ltd., <sup>f</sup>南京大学

### 概要

- 地下空間の急速な発展に伴い、大規模な基礎坑プロジェクトが出現し続けているが、地質・環境条件は複雑になっている。
- 本研究は、非対称荷重を受ける氾濫原の超巨大基礎ピット掘削のリスクを低減するための全工程的な解決策を提案する。

### 手法・結果

- サイズ効果と非対称荷重効果を検討するために数値シミュレーションを実施した。
- 基礎ピットの縦横比(a/b)は擁壁のたわみ( $\delta_{hm}$ )と地盤沈下( $\delta_{vm}$ )に大きな影響を及ぼす。
- 大きな基礎ピットを中仕切壁と内環状壁で複数の小さな基礎ピットに分割すると基礎ピットの大きさの影響を効果的に低減できる。
- 非対称荷重の大きさ(p)と非対称荷重をの距離(D)は $\delta_{hm}$ と $\delta_{vm}$ に大きな影響を与える。
- 非対称載荷側の水平支保工の増設が最も非対称載荷の影響を低減できる。
- 観測された擁壁のたわみ、擁壁天端の水平・鉛直変位は、非対称荷重効果や空間効果を示さず、採用した設計最適化の合理性が確認された。

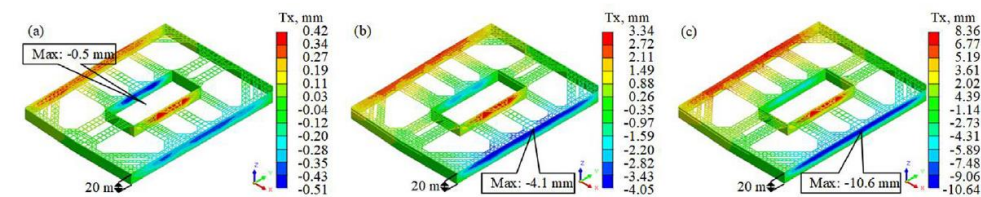


Fig. 21. Predicted retaining wall deflection at different construction stages: (a) Stage 1; (b) Stage 2; (c) Stage 3.

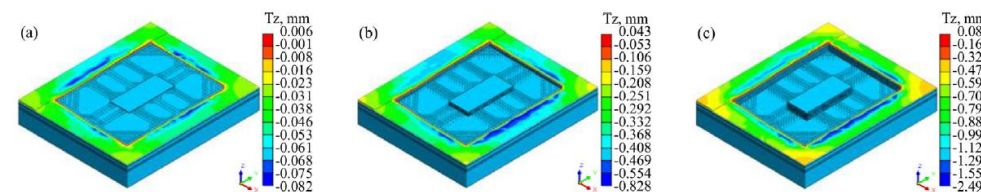


Fig. 22. Predicted ground settlement at different construction stages: (a) Stage 1; (b) Stage 2; (c) Stage 3.

### コメント

- サイズ効果、非対称荷重効果を低減する様々な対策をシミュレーションし、中でも最も効果的な方法を示している点が採用された理由であると考えられる。