

地盤・構造物の非線形地震応答解析法の  
妥当性確認/検証方法  
の体系化に関する研究小委員会

## 活動報告

### 委員会の設立趣旨と期待される成果

- 趣旨：地盤・構造物に関する非線形地震応答解析の品質や信頼性向上のため、妥当性確認（Validation）と検証（Verification）に関する課題を整理し、それを実施するための考え方を幾つかの事例を示しながら、体系的にとりまとめる。
- 活動期間：平成28年10月から平成32年3月
- 期待される成果：
  - V&Vの実施手順
  - 評価事例集
  - 不確実さを考慮した予測性能の評価手法

## 小委員会委員(総数：28名)

■委員長：中村 晋 日本大学

■幹事長：酒井久和 法政大学

■幹事：

•中瀬仁(東電設計), 末富岩雄(エイト日本技術開発), 樋口俊一(大林組技術研究所), 西山誠治(日建設計シビル)

■委員：

•堀宗朗(海洋研究開発機構), 室野剛隆(鉄道総合技術研究所), 吉田望(関東学院大学), 小野祐輔(鳥取大学大学院), 一井康二(関西大学), 塩見忠彦(マインド), 梶田幸秀(九州大学大学院), 桐山貴俊(清水建設), 若井明彦(群馬大学大学院), 大矢陽介(港湾空港技術研究所), 鈴木孝洋(熊谷組), 藤原寅士良(東日本旅客旅客鉄道), 古川愛子(京都大学大学院), 矢部正明(首都高速道路技術センター), 西村学(パシフィックコンサルタンツ), 大竹省吾(オリエンタルコンサルタンツ), 渡邊学歩(山口大学大学院), 梅林福太郎(オリエンタルコンサルタンツ), 畑明仁(大成建設), 有賀義明(弘前大学大学院), 佐竹亮一郎(東急建設), 石丸真(電中研)H31新規

## 小委員会のこれまでの活動状況

■基本活動方針：WG構成案および活動計画案の提案，活動はWGによる活動を通じて実施する。WGは4回/年程度実施する。WGの活動，委員会の実施は幹事会を通じて実施する。

■平成28年度：

➢基本方針，活動の実施体制と計画の議論

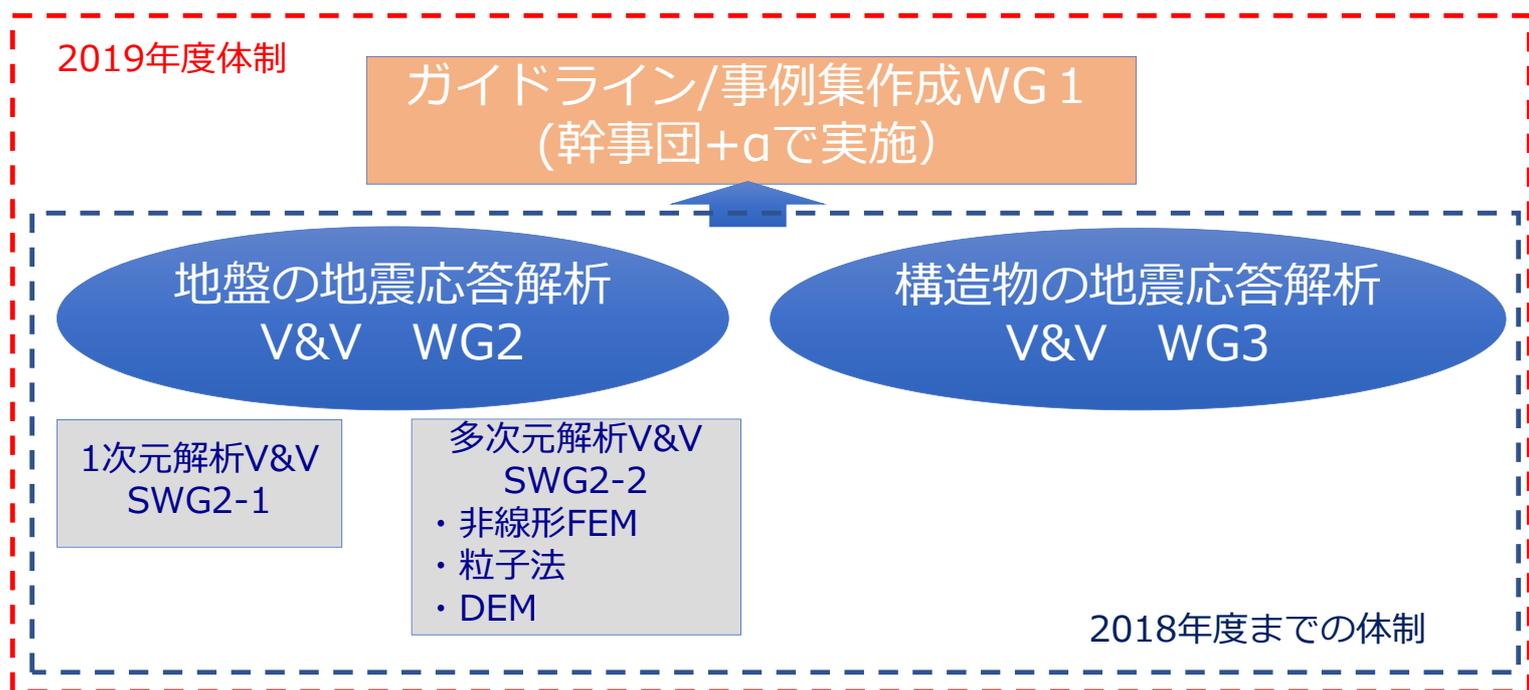
■平成29年度：

➢1次元の非線形地震応答解析に関するV&Vの考え方，多次元地盤，地盤構造物形の対象と検討方針を議論/創成解に関する勉強会/研究討論会を開催し，地震応答解析に関するV&Vの現状と課題を把握する。

■平成30年度：

➢WGでV&Vの考え方[手順書(案)]と検討事例を作成し，ワークショップの開催

# 委員会の活動体制



## 2018年度の活動状況

### ■委員会

第1回：2019年2月13日 関東学院大学関内メディアセンター 16名参加 (WG活動報告, 活動計画)

### ➤幹事会

第1回幹事会：2018年8月24日 土木学会 5名参加(Workshop)

第2回幹事会：2018年11月7日 土木学会 5名参加(Workshop, ガイドライン及び今後のスケジュール)

第3回幹事会：2019年2月7日 土木学会 5名参加(Workshopおよびガイドライン案について)

### ➤SWG2-1 1次元解析V&V

第1回：2018年6月12日 土木学会 8名参加 (話題提供, V&Vに用いる地震観測事例, ガイドライン)

第2回：2018年9月10日 KGU関内メディアセンター 7名参加 (V&Vに用いる地震観測事例, ガイドライン)

第3回：2018年12月6日 土木学会 6名参加 (話題提供, 今後の研究計画に関する審議)

第4回：2019年1月8日 土木学会 7名参加 (活動報告, Workshop/ガイドライン案に関する審議)

### ➤SWG2-2 多次元解析V&V

第1回：2018年7月1日 京都大学 4名参加 (話題提供)

### ➤SWG3 構造物の地震応答解析V&V

第1回：2018年4月3日 土木学会 12名 (ガイドライン, 今後の活動方針に関する審議)

第2回：2018年7月13日 土木学会 12名 (文献調査, 震害事例に関する審議)

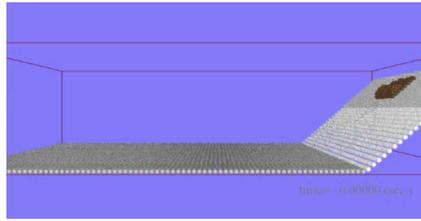
第3回：2018年10月16日 土木学会 9名 (文献調査の整理, Workshop, ガイドラインに関する審議)

第4回：2019年1月15日 土木学会 6名 (文献調査の整理, Workshop, ガイドラインに関する審議)

# 各WGでの検討対象

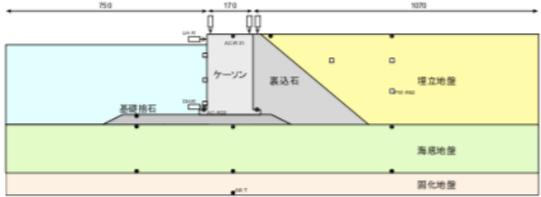
## SWG2-2 2/3次元地盤解析V&V

- ・DEMによる岩塊崩落解析
- ・斜面の地震応答解析
- ・FLIPによる地震応答解析



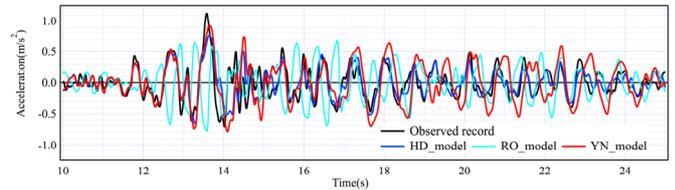
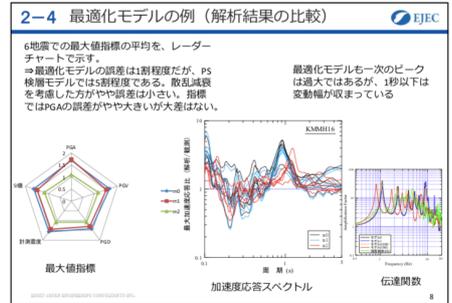
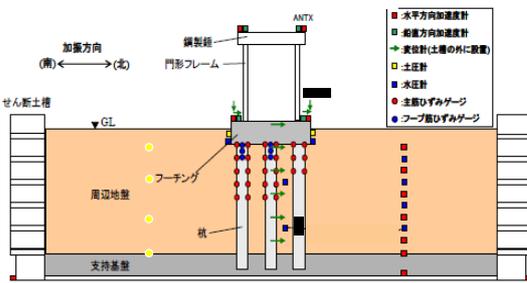
## SWG2-1 1次元地盤解析V&V

- ・初期地盤モデルの設定/不確かさ
- ・地盤材料特性モデルの設定/不確かさ
- ・新太田変電所の観測記録に基づく1次元解析の妥当性確認



## SWG3 地盤-構造物系の解析に関するV&V

- ・護岸構造物
- ・杭基礎-地盤系構造物



## Workshop(2019年2月13日:関東学院大学関内メディアセンター,参加者48名)

司会：日建設計シビル・西山誠治/エイト日本技術開発・末富岩雄

- PM1:00 開会の挨拶 日本大学・中村晋
- PM1:05 応用力学委員会報告：直接基礎の支持力解析の妥当性確認事例 名古屋大学・中井健太郎
- PM1:35 ガイドラインの基本方針 日本大学・中村晋
- PM1:50 粒子法における創生解による検証と妥当性確認事例 鳥取大学・小野祐輔
- PM2:10 成層地盤の地震応答解析に関する事例
  - ・ブラインドプレディクション(足柄, ターキーフラット)に基づく成層地盤の地震応答解析の妥当性と課題 (関東学院大学・吉田望), 初期地盤モデルの妥当性確認事例(エイト日本技術開発・末富岩雄), 1次元地震応答解析法に関する検証と妥当性確認事例(日本大学・中村晋)
- PM3:00-10 休憩
- PM3:10 不整系地盤の地震応答解析に関する事例
  - ・有限要素法に関する検証と妥当性確認事例(関西大学・一井康二), 個別要素法に関する検証と妥当性確認事例(東電設計・中瀬仁)
- PM4:10 地盤-構造物系の地震応答解析に関する事例
  - ・既往の研究に基づく評価指標と予測性能について(日本大学・中村晋), 重力式岸壁に関する妥当性確認事例(港湾空港技術研究所・大矢陽介), 液状化地盤中の杭基礎に関する妥当性確認事例(日本大学・中村晋)
- PM4:50 V&V小委員会 日本大学・中村晋
- PM5:10 閉会の挨拶 法政大学・酒井久和

# 2019年度の活動計画

## ■V&Vの考え方[手順書(案)]の作成

## ■各WGによる活動

- 評価指標, 解析モデルに応じた不確かさの同定と評価, 再現性予測性能などの妥当性確認事例の調査とその方法論の検討
- 対象に応じた検討事例の検討

## ■報告書の作成と出版対応

- 地盤・構造物の非線形地震応答解析法の妥当性確認/検証方法-ガイドラインとその実践事例(案) -

## ■シンポジウムの開催 :2020年10月頃予定

### 地盤・構造物の非線形地震応答解析法の妥当性確認/ 検証方法- ガイドラインとその実践事例(案) -

#### ガイドライン編

1. 適用範囲
2. 用語
3. 検証と妥当性確認の基本方針
4. 検証
5. 妥当性確認
  - 5.1 評価指標
  - 5.2 不確かさとその定量化
  - 5.2 初期構造・材料特性の妥当性確認
  - 5.3 全体解析モデルの妥当性確認
6. 予測性能
7. 評価過程のまとめ

#### ガイドライ 付属書

1. 解析手法と数値・数理モデルについて
2. 再現性能
2. 予測性能について
3. 創成解について
4. 不確かさの定量化

#### 報告編(事例集)

1. 既往の評価指標の整理
2. 地盤材料特性モデルの不確かさとモデル化の留意点
3. 地盤構造モデルの設定と不確かさ
4. 成層地盤における非線形地震応答解析
5. 斜面の非線形地震応答解析
6. 護岸構造物の非線形地震応答解析
7. 個別要素法による非線形解析
8. 地盤-基礎-構造物系の非線形地震応答解析

# 1.適用範囲

- 地震作用下での社会基盤施設の建設，設計および維持管理，や安全性評価に適用される地盤工学分野，構造工学分野およびその複合分野における数値解析シミュレーション

# 2.用語の定義:検証

- 数値モデルが，その基礎となる数理モデルを忠実に表現し，かつ数値モデルの解をデジタル計算機の性能の範囲において導くことを確認する実施プロセス



物理(力学)モデル

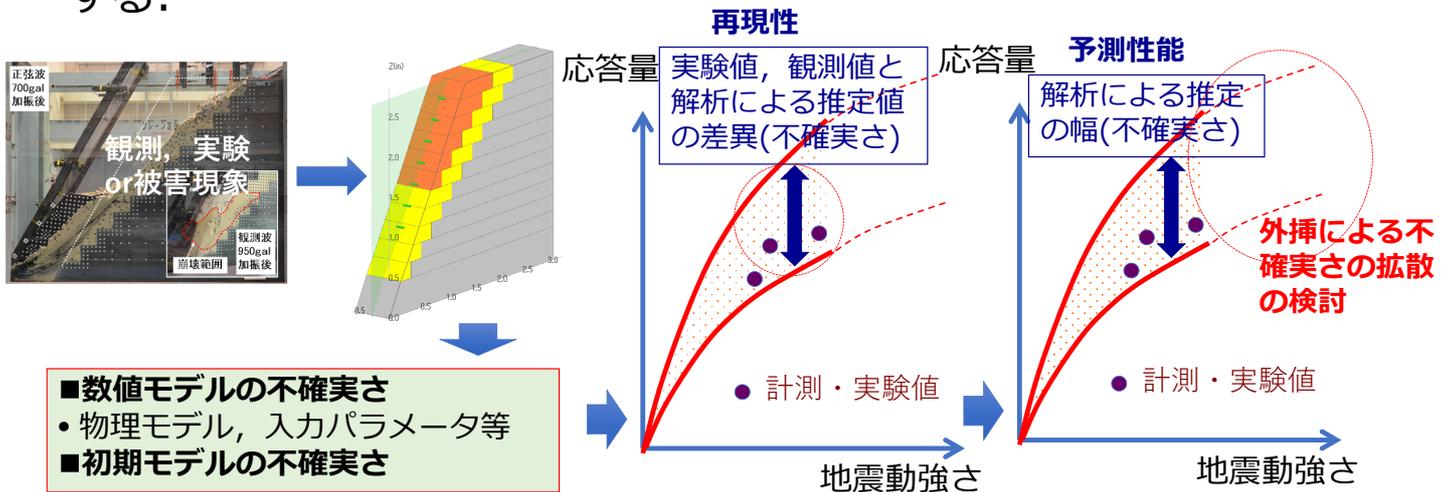


**数値モデル**：プログラムに変換するための適切な数値手法(空間・時間離散化，解析アルゴリズム，収束判定など)



## 2.用語の定義:妥当性確認

- 解析モデル(数理モデル)がその予測性能から,対象とする実現象を満足できる幅で予測できることを確認する実施プロセスと定義する.



## 2.用語の定義:再現性他

- 再現性** : 既存観測, 実験結果と不確かさ(地盤・構造, 非線形性に関する不確かさ)を考慮した解析モデルのシミュレーション結果との推定誤差
- 予測性能** : シミュレーションモデルを用い, 再現性能を評価し妥当性を確認した条件を超える条件(地震作用)に対する計算結果の不確かさ
- 推定誤差\*** : シミュレーションの結果を合理的表す評価指標(標本)と測定値との差についての統計的な推定量(測定値を真値と仮定)
- 不確かさ\*** : シミュレーション結果を合理的表す評価指標(標本)のばらつきの幅を特徴づけるパラメータ
- **評価指標**

\*日本原子力学会標準「シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン: 2015」参照

### 3. 検証と妥当性確認の基本方針： 解析モデルと解析手法

- **解析コード**：独自開発の非線形地震応答解析コード(FEM, 粒子法, DEMなど)
  - 既存の非線形地震応答解析コード(ABQUS, ADYNAなど)に構成モデルなどを組み込んだ解析コード
- **解析モデル**：解析対象とする地盤, 地盤-構造物
  - 地震作用の評価
  - 地盤の崩壊挙動, 地盤の変形挙動
  - 地盤-基礎-構造物の応答挙動(SRモデル, 地盤バネ-杭基礎モデル, 有限要素-杭基礎モデルなど)
  - 地盤-地中構造物の応答挙動
- **解析手法**：検証と妥当確認の対象は対象解析モデルの解析を実施する解析コード
  - ⇒ 解析モデルに応じて評価対象となる物理量が異なる

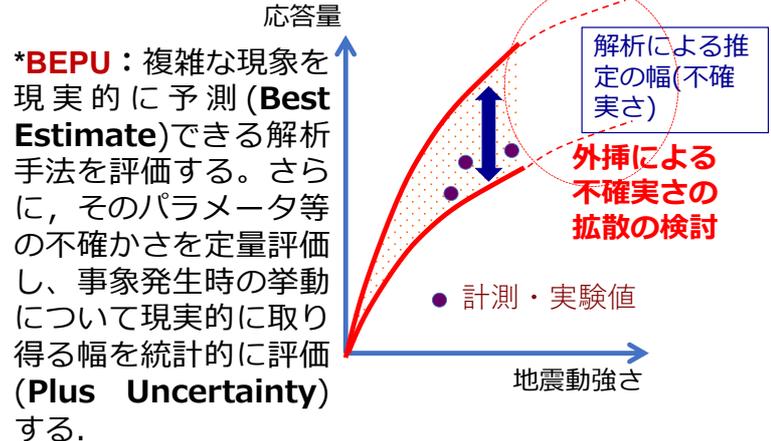
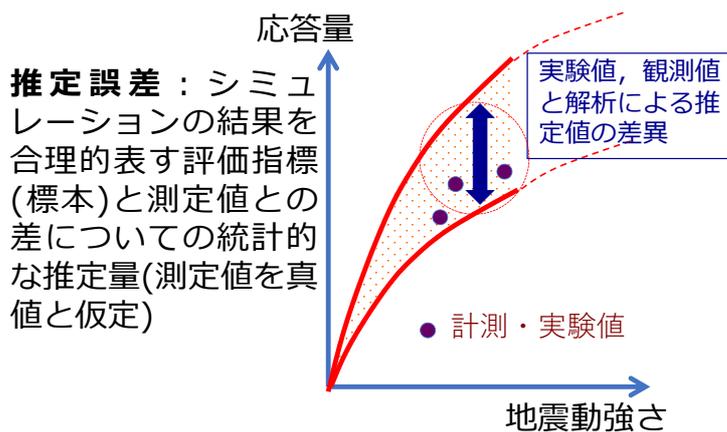
### 3. 検証と妥当性確認の基本方針： 検証と妥当性確認の方法

- **検証**：
  - 理論的に検証された解析コードとの比較
  - 理論解との比較
  - 創生解による検証
- **妥当性確認**：
  - 対象解析手法を用いた**解析モデルと実験データとの比較**による**対象事象の再現性の確認と予測性能の評価**
  - 対象解析手法を用いた**解析モデルと実対象の観測データ・実被害状況との比較**による**被災モードの再現性の確認と予測性能の評価**
  - **解析モデルの設定**：地盤・構造モデル, 材料特性モデルの不確かさ, 実験データの不確かさを考慮

### 3. 検証と妥当性確認の基本方針： 妥当性確認における再現性と予測性能

■**再現性**：既存観測，実験結果と不確かさ(地盤・構造，非線形性に関する不確かさ)を考慮した解析モデルのシミュレーション結果との評価指標に関する推定誤差

■**予測性能**：シミュレーションモデルを用い，再現性を評価し妥当性を確認した条件を超える条件(地震作用など)に対する評価指標に関する計算結果の不確かさ



### 3. 検証と妥当性確認の基本方針： 実施手順

#### ■2.5段階で実施

- 応答解析モデルの検証
- 初期地盤・構造モデルの妥当性確認 (選定)
- 応答解析モデルの妥当性確認
  - 材料特性モデルと妥当性確認
  - 応答解析モデルの妥当性確認

#### 応答解析モデルの検証

