

## 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

### 小委員会委員(総数：27(26+1)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), 室野剛隆(鉄道総合技術研究所), 西山誠治(日建設計シビル), 矢部正明(長大)
- 委員：
  - ・堀 宗朗(東京大学地震研究所), 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), 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) H29新規

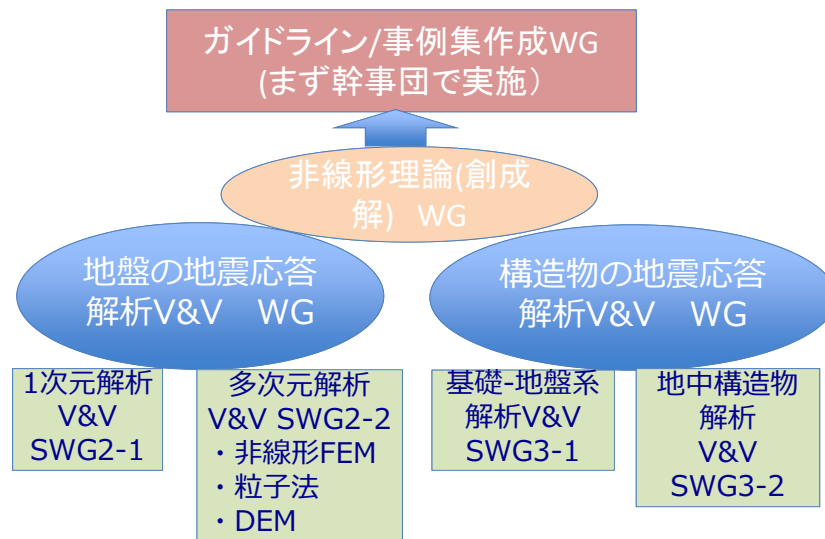
### 委員会の設立趣旨と期待される成果

- 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

### 小委員会の活動計画とスケジュール

- 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
- 平成31年度：
  - 地震応答解析に関するV&Vの手順書を作成し、各WGでの検討事例をまとめ、シンポジウムを開催

## 委員会の活動体制



## 平成29年度の活動状況

### ■ 平成29年度

#### ➢ 委員会

第1回：平成29年8月2日 土木学会 17名参加（話題提供，WG活動報告，活動計画）  
第2回：平成29年3月20日 土木学会 17名参加（話題提供，WG活動報告，活動計画）

#### ➢ WG

##### • SWG2-1 1次元解析V&V

第1回：平成29年5月2日 土木学会7名参加（活動方針に関する審議）

第2回：平成29年7月27日 土木学会7名参加（話題提供）

第3回：平成29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）

##### • SWG2-1 多次元解析V&V

第1回：平成29年6月19日 関西大学6名参加（話題提供，活動計画に関する審議）

第2回：平成29年10月23日 群馬大学5名参加（話題提供，V&Vの整理，今後の活動計画）

第3回：平成30年2月1日 鳥取大学5名参加（話題提供，今後の活動計画）

##### • SWG3-1,3-2構造物の地震応答解析V&V

第1回3-1：平成29年5月10日 土木学会8名（活動方針，計画の審議）

第1回3-2：平成29年5月18日 土木学会6名（活動方針，計画の審議）

第2回3-1,3-2：平成30年4月3日 土木学会12名（話題提供，活動報告，今後の活動計画）

## 研究討論会(平成29年9月13日 13:00-15:00)

非線形地震応答解析の品質保証とそれのあるべき姿について考える  
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向けて

■ 場所：九州大学 2号館2303

■ 座長：中村晋(日本大学)

■ 話題提供(15分×5=75分)

- HPCを用いたシミュレーション 堀宗朗(東京大学地震研究所)
- 鉄道構造物の地震応答解析 室野剛隆(鉄道総合技術研究所)
- 港湾構造物の地震応答解析 大矢陽介(港湾空港技術研究所)
- 道路構造物の地震応答解析 矢部正明(株式会社長大)
- 地盤工学分野での数値解析

若井明彦・佐竹亮一郎(群馬大学大学院)

■ 討議(30分)：V&Vの必要性，乗り越えるべき課題

■ 120名の参加を得て，解析コードのみならず解析モデル(例えばSRや梁バネ系など)に応じたV&Vの手法構築の必要性が共有された。

## 平成30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

• 解析モデル推定誤差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

■ ワークショップの開催

# Workshop(案)について

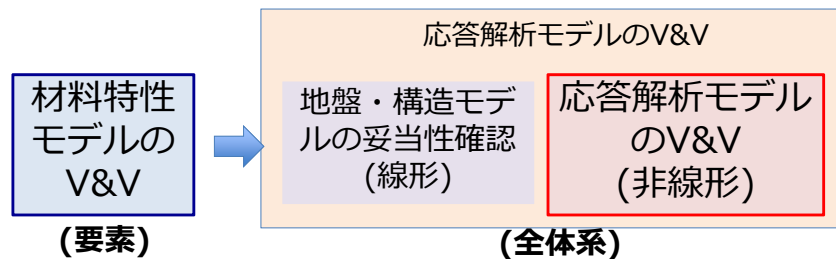
- **題目**：非線形地震応答解析の検証-創成解の適用性と材料モデル・全体モデルの妥当性確認について-(仮称)
- **概要**：
  - 非線形材料モデルを組み込んだ数値モデルの検証方法の適用事例報告と議論（創成解の適用事例）
  - 地盤or構造物の全体モデルに関する妥当性確認の事例報告と議論
- **予定時期**：平成30年11月～平成31年2月の午後2:00から5:00
  - 創成解の事例：2から3例(20分/件)
  - 材料モデルと全体モデル(20分/件)
  - (応用力学委員会との共催,少なくとも報告も検討要)

# 地震応答解析に関するV&Vの基本方針

- **適用範囲**：外的作用下での社会基盤施設の設計，建設および維持管理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モデリング&シミュレーション
- **V&Vは2階層で実施**
  - 材料，復元力モデル V&V
  - 応答解析 V&V
- **V&Vは数学的モデル(数理モデル+数値モデル)の検証と予測性能の判断と検証を実施**
  - 評価指標の設定
  - 不確実さの因子同定，定量化
  - 予測性能の設定と評価

## 検証と妥当性確認の基本方針(案)： 適用範囲と実行手順

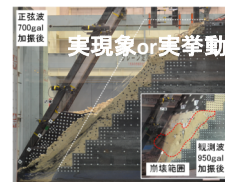
- **適用範囲**：地震作用下での社会基盤施設の設計，建設および維持管理に適用される地盤工学分野，構造工学分野およびその複合分野における数値解析シミュレーション
- **実行手順**：2.5段階で実施



## 検証の定義

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

- **検証の定義**：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



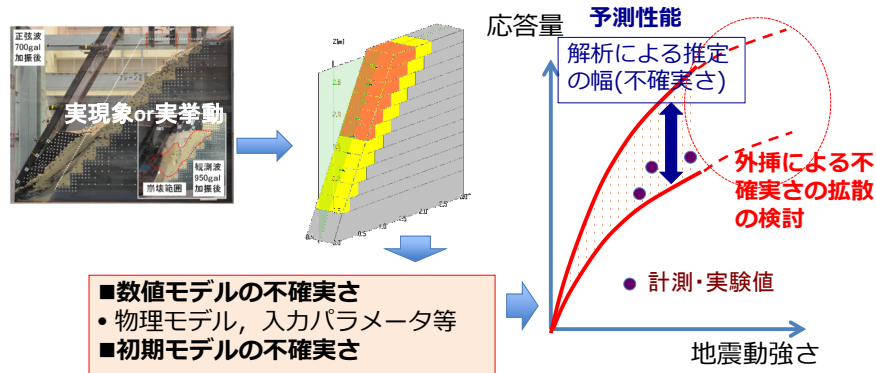
**数値モデル**：プログラムに変換するための適切な数値手法(空間・時間離散化，解析アルゴリズム，収束判定など)



# 妥当性確認の定義

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

- **妥当性確認の定義**：解析モデル(数値モデル)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。



# 各V&Vにおける検証と妥当性確認の基本方針(案)：検証と妥当性確認

- **検証**：
  - 理論解との比較
  - 理論的に検証された解析コードとの比較
  - 創生解による検証
- **妥当性確認**：
  - 指標に応じた解析モデルと実験・観測データの不確かさを定量化
  - 解析モデルの不確かさが、所要の予測性能の範囲にあることを確認
  - 設計時の地震作用は妥当性確認の作用範囲を超えた外挿領域での適用が必要なことから、不確かさの拡散についても検討
  - ❖ 解析モデル：SRモデル、地盤バネ-杭基礎モデル、有限要素-杭基礎モデルのような対象構造系に対する異なる解析モデルも含む

# ガイドライン案

## 本編

1. 適用範囲
2. 用語
3. V&Vの考え方
  - 3.1 基本方針
  - 3.2 対象の解析モデルと解析手法
  - 3.3 予測性能の設定
  - 3.4 材料モデルの検証と妥当性確認
    - 3.4.1 材料モデルの不確かさの同定
    - 3.4.2 検証
    - 3.4.2 妥当性確認
  - 3.5 解析モデルの初期構造・材料特性の妥当性確認
    - 3.5.1 解析モデルの初期構造・材料特性の不確かさの同定
    - 3.5.2 妥当性確認
  - 3.6 解析モデルの検証と妥当性確認
    - 3.6.1 解析モデルの不確かさの同定
    - 3.6.2 検証
    - 3.6.2 妥当性確認

- 3.7 予測性能の評価
4. 不確かさを考慮した解析モデルの予測性能
5. 評価過程のまとめ

## 付属書

1. 解析手法と数値・数理モデルについて
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
5. \*\*\*\*\*

## 資料編(事例集)

1. 成層地盤における非線形地震応答解析
2. 不整形地盤における非線形地震応答解析
3. 地盤-基礎-構造物系の非線形地震応答解析
4. 地中構造物の非線形地震応答解析