

## 【原子力土木委員会】

### 地中構造物の耐震性能照査高度化小委員会

- 1.小委員会の活動状況
- 2.研究概要(2023年度活動の結果)
- 3.耐震性能照査技術の追補

2024年7月8日  
小委員会幹事

# 1-1 小委員会 (3期目) の構成

2024年4月18日時点

委員長	前川宏一(横浜国立大学)	常時参加者 17名	星 秀樹(北海道電力)
委員 9名	中村 光(名古屋大学) 古関潤一(東京大学) 牧 剛史(埼玉大学) 斉藤成彦(山梨大学) 海野寿康(宇都宮大学) 三木朋広(神戸大学) 野城一栄(鉄道総合技術研究所) 小川健太郎(東京電力HD) 遠藤大輔(中部電力)		西本真也(北陸電力) 吉次真一(中国電力) 西坂直樹(四国電力) 福田 穰(九州電力) 中村洋一(電源開発) 坂上武晴(日本原電) <b>大館隼一(日本原燃)</b> 松田周吾(関西電力) 井澤 淳(鉄道総合技術研究所) 新美勝之(清水建設) 井上智之(鹿島建設) 三島徹也(前田建設) 島端嗣浩(東電設計) 松本敏克(ニュージエック) 青柳恭平(電力中央研究所) 石丸 真(電力中央研究所)
幹事長	河井 正(東北工業大学)	事務局	丸畑明子(土木学会)
幹事 13名	熊田広幸(東北電力) 永井秀樹(大林組) 高田祐希(大林組) 畑 明仁(大成建設) 渡辺和明(大成建設) 渡部龍正(東電設計) 三橋祐太(構造計画) 松尾豊史(電力中央研究所) 山口和英(電力中央研究所) 宮川義範(電力中央研究所) 永田聖二(電力中央研究所) 小松怜史(横浜国立大学) 山野井悠翔(電力中央研究所)		

※委員長+委員9名(うち電気事業者委員2名)

# 1-2 小委員会の活動計画

## 小委員会スケジュール案

	上期 (4月~9月)	下期 (10月~3月)
2022年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 第1回小委員会(6/13) (全体計画 &amp; 2022計画)</li> <li>✓ 実験見学(7/29)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 小委員会(12/9) (途中経過 &amp; 標準化工程等)</li> </ul>
2023年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 小委員会(4/12) (2022成果 &amp; 2023計画)</li> <li>✓ 技術文書審議タスク (5/15)</li> <li>✓ 実験見学(6/15)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 現場見学(8/30,31)</li> <li>✓ 小委員会(11/14) (途中経過 &amp; 標準化方針等)</li> </ul>
2024年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 小委員会(4/18) (2023成果 &amp; 2024計画、追補版ドラフト)</li> <li>✓ 技術文書審議タスク (7/29)</li> <li>✓ 小委員会(7/31) (追補版初稿)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 小委員会幹事会(10月頃) (修正意見対応・校正確認)</li> <li>✓ 成果報告会(追補版講習会)</li> </ul> <p>※技術文書審議タスクの審議時期などについては要請に応じて適宜対応する</p>

## 2. 研究の全体概要

**目的:**鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能照査手法を高度化するとともに、屋外重要土木構造物に対する標準的な方法を構築する。

今回は、以下の①②を主に検討する。

①液状化地盤中の三次元構造物の地震応答評価

砂質土等の地盤を想定  
応答値側を検討  
遠心载荷実験他

②破砕帯に埋設されたRC構造物の耐震性能評価

概ね硬岩サイトを想定  
主に限界値側を検討  
静的载荷実験他

+

標準化

⇒2024年度に成果報告書(追補版)を刊行予定

与条件とする範囲

<原子炉設置(変更)許可段階>

地質・地盤の調査

断層等(破砕帯含む)の分布・性状など  
地盤試験や地盤物性値の設定など

断層活動性評価

非活断層と判定されたものが評価対象

地盤の安定性検討

滑り・支持力, 液状化判定など

与条件の確認

基準地震動Ssなど

構造物の条件設定

構造物の性能設定, 構造諸元など

構造物の耐震性能照査

今回の主たる対象

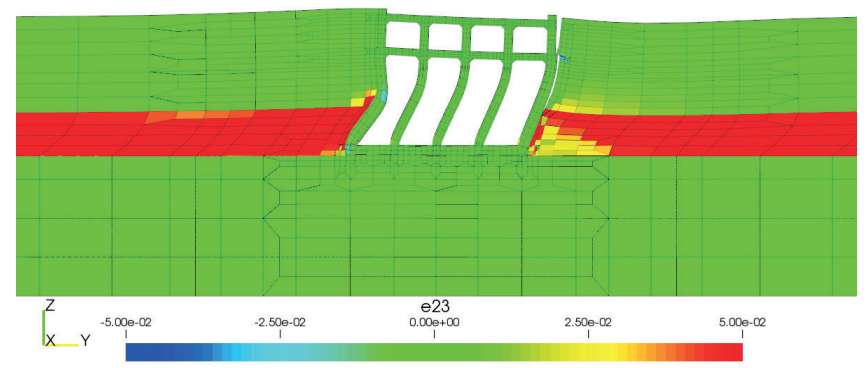
本研究で扱う範囲

<工事計画認可段階>

# ①液状化地盤中の三次元構造物の地震応答評価

前フェーズ(2018-2020年度)

取水ピット構造物を対象とした検討

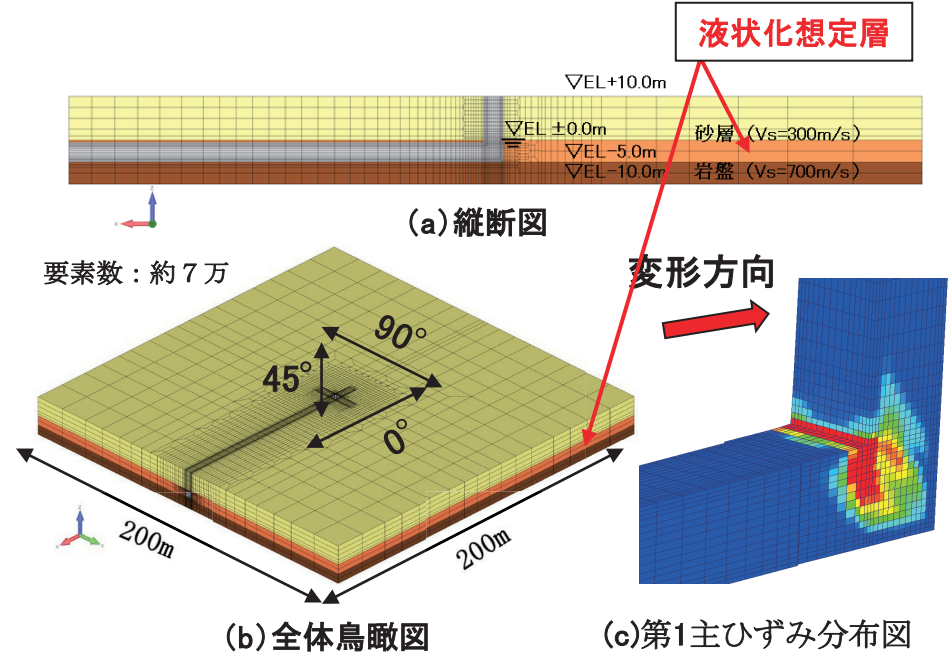


変形+せん断ひずみ分布図  
(構造物変位最大時, 変形倍率:10倍)

解析メッシュ例 (解析コード:COM3)

- 一部の層が液状化する場合や三次元条件での検討
- 有効応力解析による影響評価と全応力解析の適用性

今フェーズ(2022-2024年度)  
RC立坑を対象とした検討



要素数: 約7万

(b)全体鳥瞰図

(c)第1主ひずみ分布図

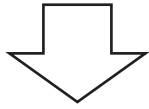
- 地盤の液状化条件や構造諸元(断面形状等)に対する検討。
- 円形断面の立坑モデルを対象とした解析も行う。
- 有効応力解析による影響評価と二次元解析の妥当性なども検討する。

# ①遠心模型載荷実験に基づく検討

## 実験ケース(円形立坑・液状化地盤)

### 【目的】

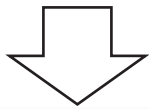
密な地盤が液状化による構造物の照査手法を構築し、追補版に記載する。



### 【結果】

解析の再現性が十分なことを確認した。

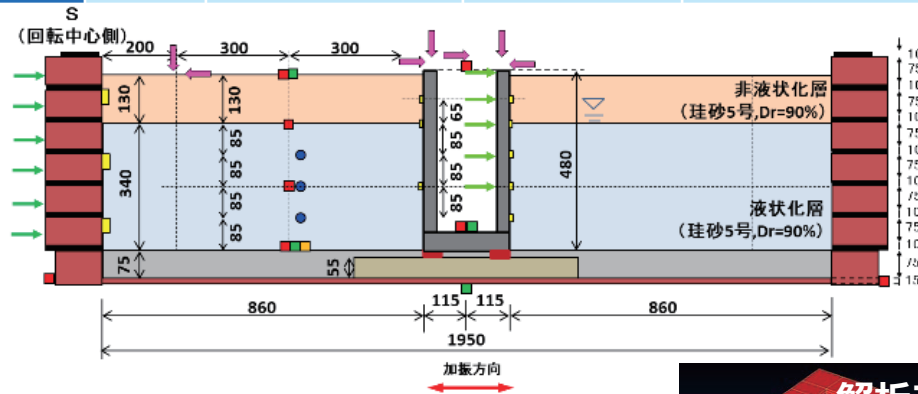
- ・密な地盤の応答と構造物に作用する荷重との関係
- ・構造物の損傷



### 【追補版との関連】

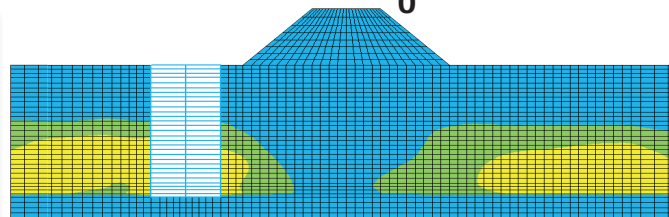
密な地盤中に構築される構造物に対する、簡易的な二次元解析、より詳細な三次元解析による照査手法を構築した。

ケース	模型	支持条件	地盤条件	目的
1	RC	岩盤上に設置	成層地盤	基本ケース
2	弾性	岩盤上に設置	成層地盤	非線形模型応答との比較検討
3	RC	岩盤上に設置	模型の片側に盛土設置	盛土荷重による偏土圧の影響検討
4	RC	岩盤に根入れ	成層地盤	支持条件の影響検討



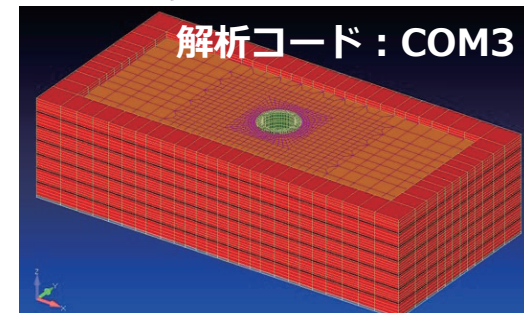
遠心模型実験の概要図  
(ケース1)

解析コード：FLIP



二次元解析による事後解析  
(ケース3過剰間隙水圧比)

解析コード：COM3



三次元解析による事後解析と  
パラメータ解析(ケース1メッシュ)

## ② 破砕帯に埋設されたRC構造物の耐震性能評価

比較的広い岩盤領域

2Dイメージ

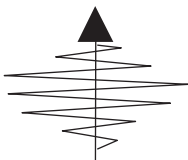
比較的狭い岩盤領域

トシネル

破砕帯  
(弱層)

岩盤

地震動



### 破砕帯(弱層)の地震応答挙動の評価

- ・ 比較的広い範囲の岩盤領域(100~150m以上)
- ・ 比較的簡易なモデル(部材非線形など)



### ◎ 弱層部での構造物の限界状態の評価

- ・ 比較的狭い範囲の岩盤領域(100m未満)
- ・ 比較的詳細なモデル(材料非線形など)

本検討では、断層調査等から破砕帯に係る条件が与えられた場合に対して、弱層を含む岩盤の地震応答変形が構造物に及ぼす影響を評価する。

### 本研究の対象

Point:

- ✓ 地震動による変形
- ✓ 弱層の変形(数mm)
- ✓ 正負交番

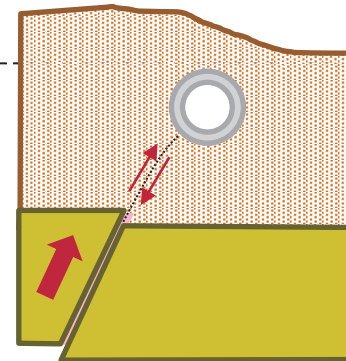


作用が異なる

### 断層変位の場合

Point:

- ✓ 断層変位が直接作用
- ✓ すべり変位(数百mm~)
- ✓ 単調

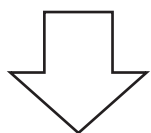




## ② 破砕帯を交差するRC模型の構造実験

### 【目的】

構造物の照査に適用する指標と判定閾値を導出し追補版に記載する。



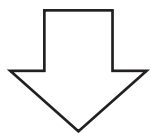
### 【実施項目】

荷重実験/再現解析  
/補足的なパラメトリックスタディ

### 【結果】

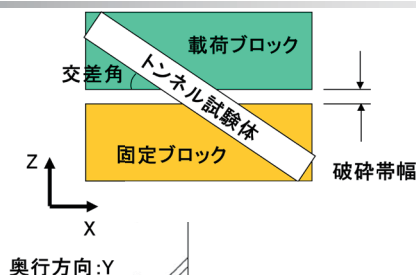
解析の再現性が十分なことを確認した。

- ・弱層に沿ったずれと構造物に作用する荷重との関係
- ・最大荷重点と局所的な最小主ひずみ値との対応関係

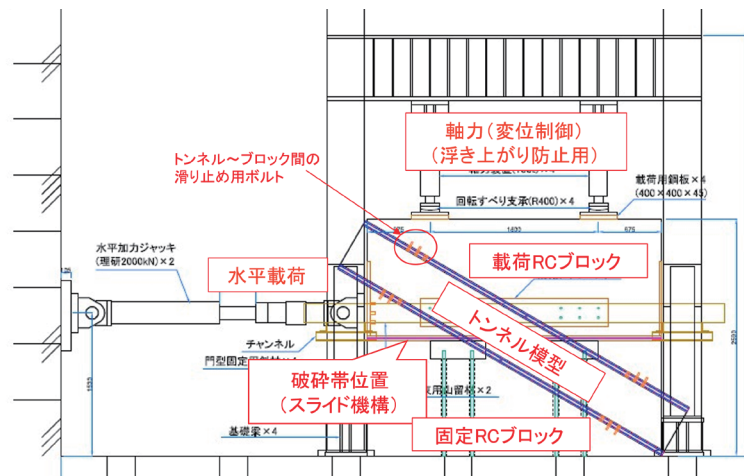


### 【追補版との関連】

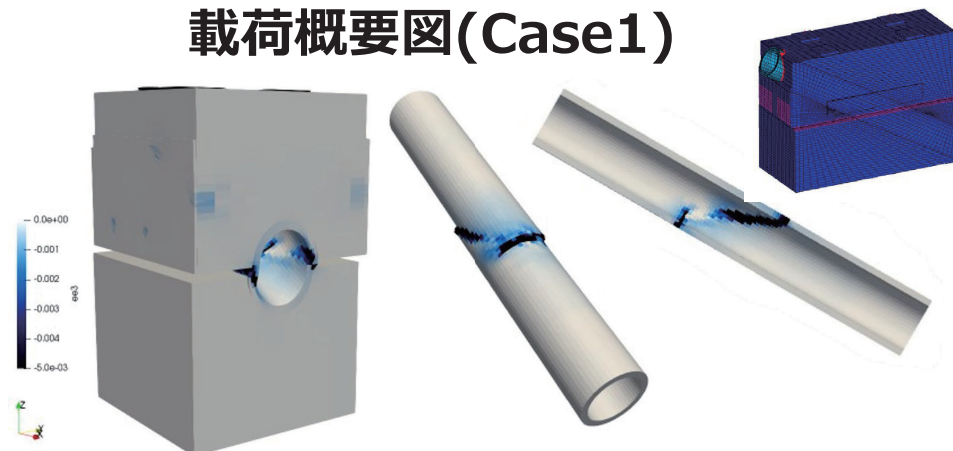
構造物の応答が最大荷重に至ったか・否かを判定する照査指標として、最小主ひずみも使用可能であることを把握した。



	交差角	荷重方向	破砕帯幅
Case1	30°	X方向	50mm
Case2	30°	Y方向	50mm
Case3	60°	X方向	50mm
Case4	60°	X方向	300mm



荷重概要図(Case1)



解析結果例(最小主ひずみ分布)

⇒各種のパラメータ解析に基づく検討を実施



### 3. 2024年追補版の構成案

2021年版に追補するという位置づけのため、2021年版は変更せず、2024年版では2021年版の必要箇所を既往の手法として再掲するに留め、「密な地盤の液状化」および「破碎帯」に対する評価技術に特化した追補版とする。また、2021年版指針〈日英版〉も同時に刊行予定。



# [2024年追補版] 1部構成の場合

## ◆基本事項

第1章 基本的な考え方 ※前提条件、共通事項、2021年版の抜粋・再掲

第2章 密な地盤の液状化に対する影響評価技術 ※基本事項の整理、補足説明など

第3章 破砕帯に対する影響評価技術 ※基本事項の整理、補足説明など

## ◆照査例

- ・ 二次元非線形解析を用いた液状化が生じた構造物の耐震性能照査例
- ・ 三次元非線形のプッシュオーバー解析を用いた照査例(1)
- ・ 三次元非線形のプッシュオーバー解析を用いた照査例(2)
- ・ 三次元非線形の地震応答解析を用いた照査例
- ・ 二次元非線形解析を用いた破砕帯を交差する構造物の耐震性能照査例
- ・ 三次元非線形解析を用いた破砕帯を交差する構造物の耐震性能照査例

## ◆技術資料

- ・ 液状化に係る既往文献調査（液状化被害を受けた放水路の事例など）
- ・ 密な地盤に埋設された三次元RC模型の載荷実験
- ・ 密な地盤に埋設された三次元RC模型の載荷実験の再現解析(FLIP)
- ・ 地盤の液状化を考慮した材料非線形解析(COM3)
- ・ 地盤の液状化を考慮した三次元実規模構造物の材料非線形解析(FLIP、COM3)
- ・ 破砕帯に係る既往文献調査（アンケートや審査事例など）
- ・ 破砕帯に埋設されたRC模型の構造実験
- ・ 破砕帯に埋設されたRC模型の構造の挙動解析(DIANA)
- ・ 局所変形を受ける円形トンネルの限界状態に対する検討(COM3)
- ・ 破砕帯を考慮した実用的な非線形解析手法の検討(実規模解析)

