

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機 工事計画認可の審査状況

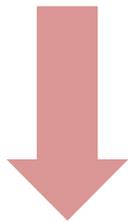
「地上式フィルターベント装置の液状化対策工事について」



2020年7月1日
東京電力ホールディングス株式会社
柏崎刈羽原子力発電所

本日のご説明内容

- 工事計画認可の審査状況（審査の実績）
- 液状化対策工事について



地上式フィルターベント装置の液状化対策工事について、
最近の審査会合資料を用いてご説明

審査の実績

■ 審査会合：9回

【2019年9月10日】

- ・論点の説明（全体）

【2020年2月4日】

- ・説明工程の確認
- ・論点の説明（使用済み燃料プール水位計，格納容器水素濃度計，格納容器の動荷重，ブローアウトパネル，地震解析モデル）

【2020年2月18日】

- ・論点の説明（地盤の支持性能）

【2020年3月26日】

- ・説明工程の確認
- ・論点の説明（竜巻感度解析，ブローアウトパネル，地震荷重と風荷重）

【2020年4月28日】

- ・論点の説明（格納容器水素濃度，格納容器の動荷重）

【2020年5月26日】

- ・説明工程の確認
- ・論点の説明（地盤の支持性能）

【2020年6月9日】

- ・論点の説明（火災感知器の配置，津波荷重，地震荷重と風荷重の組合せ）

【2020年6月16日】

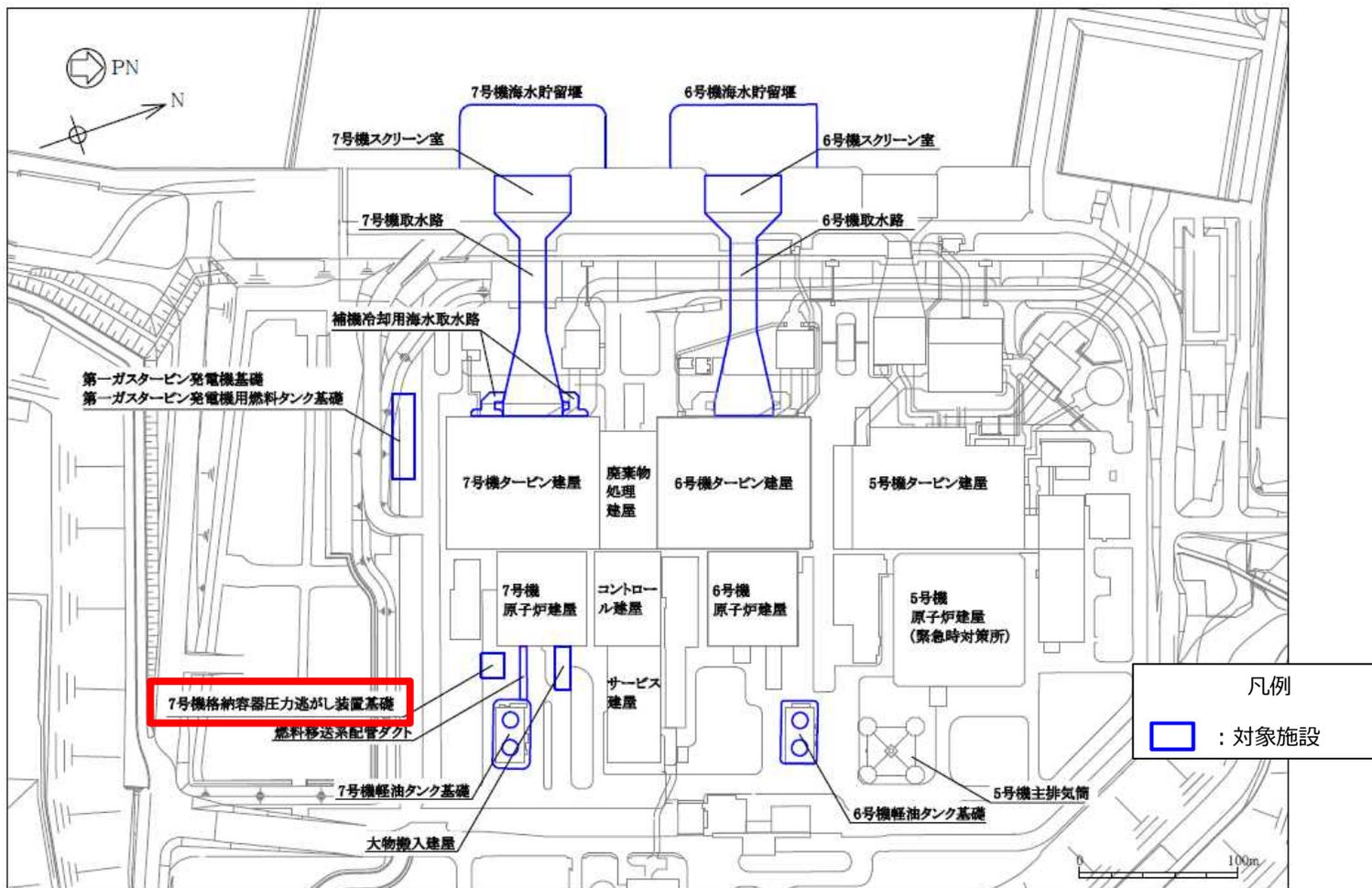
- ・論点の説明（建物・構築物の地震応答解析モデル，ECCSストレナ耐震強度評価への流動解析の適用の取り下げ）

【2020年6月30日】

- ・論点の説明（建物・構築物の地震応答解析モデル，応力解析における弾塑性解析）

液状化対策工事について

地盤改良による液状化対策工事について

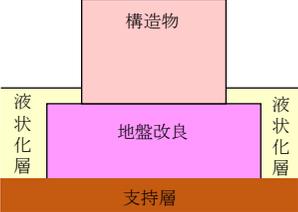
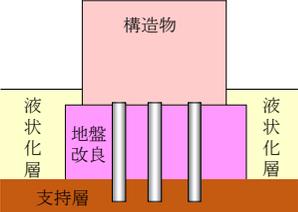
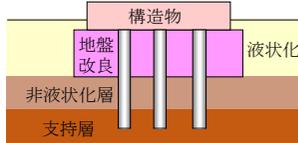
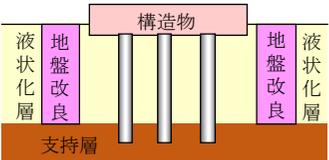
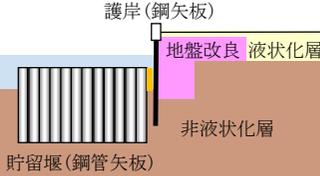


地盤改良体を設置する施設の平面配置図

適用する規格・基準類

- 地盤改良体の適用工法，設置箇所及び構造物の支持機能の有無に応じて適切な諸基準・指針を適用する。

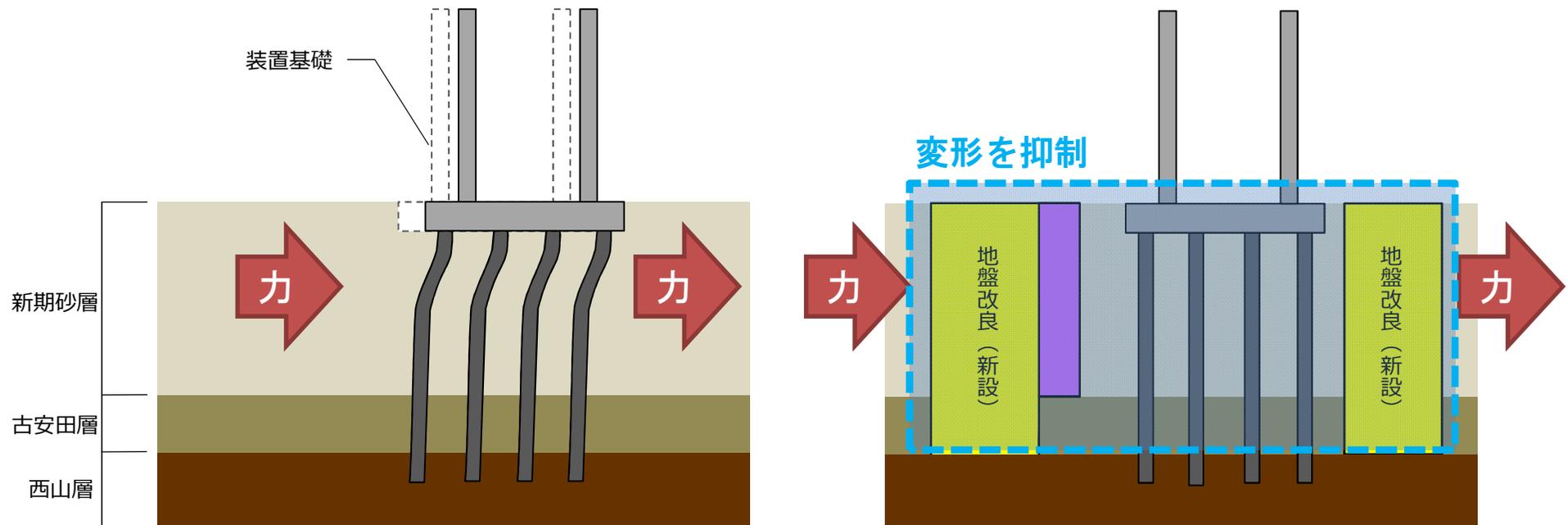
地盤改良の目的及び構造形式に係る分類と適用基準

| 目的 | 直接支持 | 変形抑制 | |
|------|--|--|--|
| 構造形式 |  |  |  |
| 対象施設 | 無し | 大物搬入建屋，K6 軽油タンク基礎*，燃料移送系配管ダクト* 第一ガスタービン発電機基礎，第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎 | |
| 適用基準 | 建築基礎指針， 建築センター指針，JEAG4616 | 陸上工事マニュアル | |
| 目的 | 変形抑制 | 浮上り防止 | 変形抑制 |
| 構造形式 |  |  |  |
| 対象施設 | 格納容器圧力逃がし装置基礎， K6,7 軽油タンク基礎*， 燃料移送系配管ダクト* | K6,7 スクリーン室， K6,7 取水路， 補機冷却用海水取水路， | K6,7 海水貯留堰 |
| 適用基準 | 陸上工事マニュアル | 陸上工事マニュアル | 港湾・空港マニュアル |

注記*：K6軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクトについては，構造物の側方と直下に地盤改良を実施している。

【解説】 液状化対策工事で変形を抑制するイメージ

- 液状化対策前、基礎杭周辺の地盤が液状化すると、その力（土水圧）によって変位が生じる（そのイメージを強調して図示）
- 液状化対策、基礎杭の周囲を地盤改良し堅くすることによって、周囲から作用する力（土水圧）に対して抵抗でき、変形を抑制することができる。杭に生じる力も小さくすることができる。



液状化対策前
(変形するイメージを強調して図示)

液状化対策あり

地盤改良による液状化対策工事について

■ 地盤改良の目的

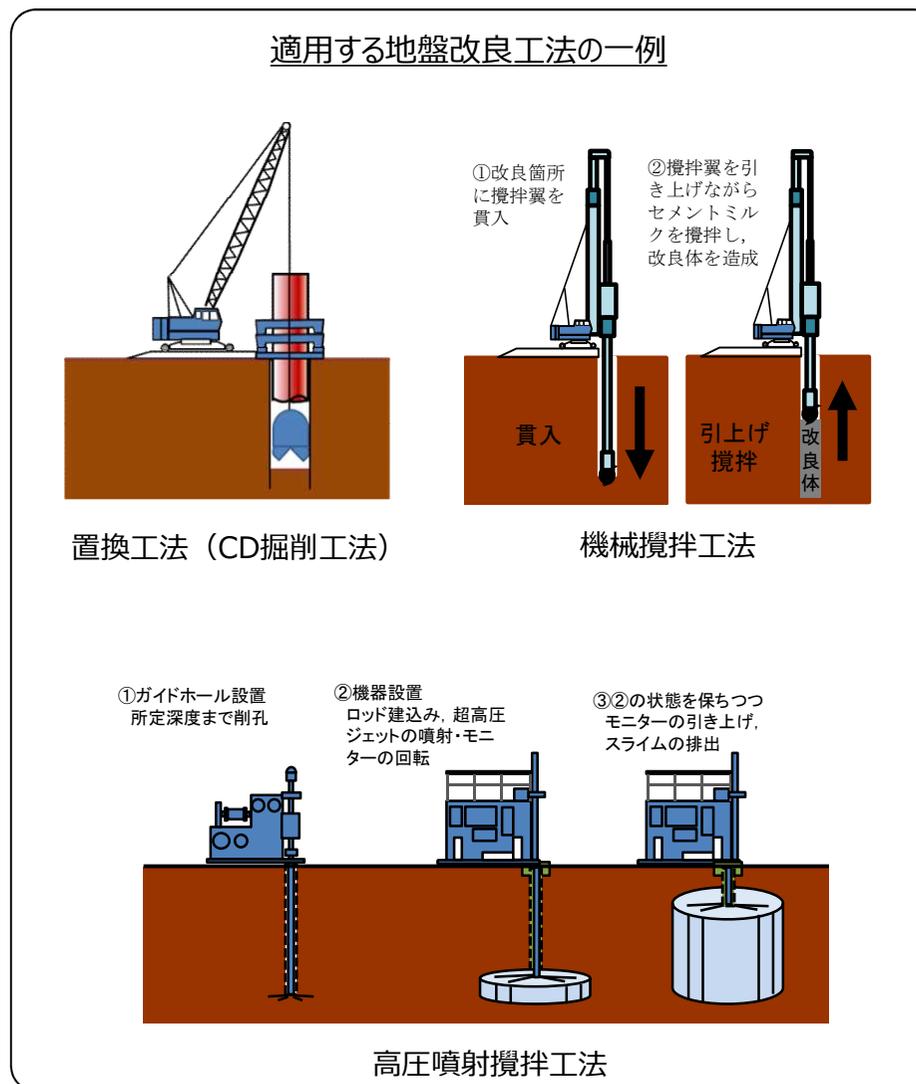
- ① 液状化時の変形抑制
- ② 液状化時の構造物の浮上り防止

■ 適用する地盤改良工法

- ① 置換工法（CD掘削工法）
- ② 置換工法（地中連続壁工法）
- ③ 置換工法（開削工法）
- ④ 機械攪拌工法
- ⑤ 高圧噴射攪拌工法
- ⑥ 無筋コンクリート
- ⑦ 土質安定処理土
- ⑧ 改良盛土

■ 対象施設

- ・ 大物搬入建屋
- ・ 格納容器圧力逃がし装置基礎
- ・ K6,7 海水貯留堰
- ・ K6,7 スクリーン室・取水路
- ・ 補機冷却用海水取水路
- ・ K6,7 軽油タンク基礎
- ・ 燃料移送系配管ダクト
- ・ 第一ガスタービン発電機基礎
- ・ 第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎



【参考】工事状況



7号機フィルタベント設備付近液状化対策工事
(撮影日：2020年2月)

【参考】工事状況



筒状の鋼管（ケーシング、直径 2 m）を回転させながら建て込み、掘削機（ハンマグラブ）で鋼管内を掘削する。その孔にセメント改良土を流し込み、改良体を造成



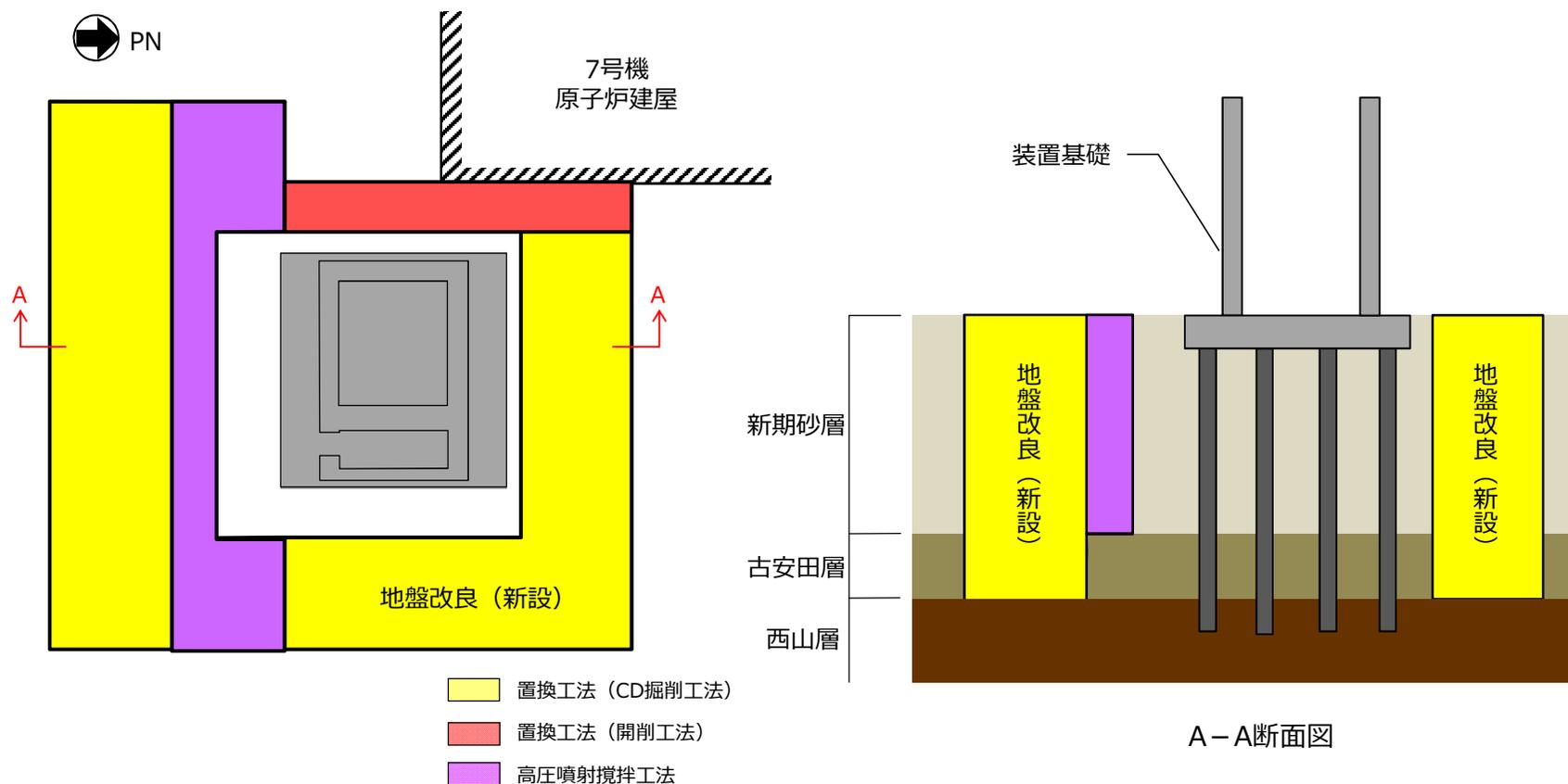
掘削機(ハンマグラブ)



鋼管(ケーシング)

地盤改良による液状化対策工事の一例（格納容器圧力逃がし装置基礎）

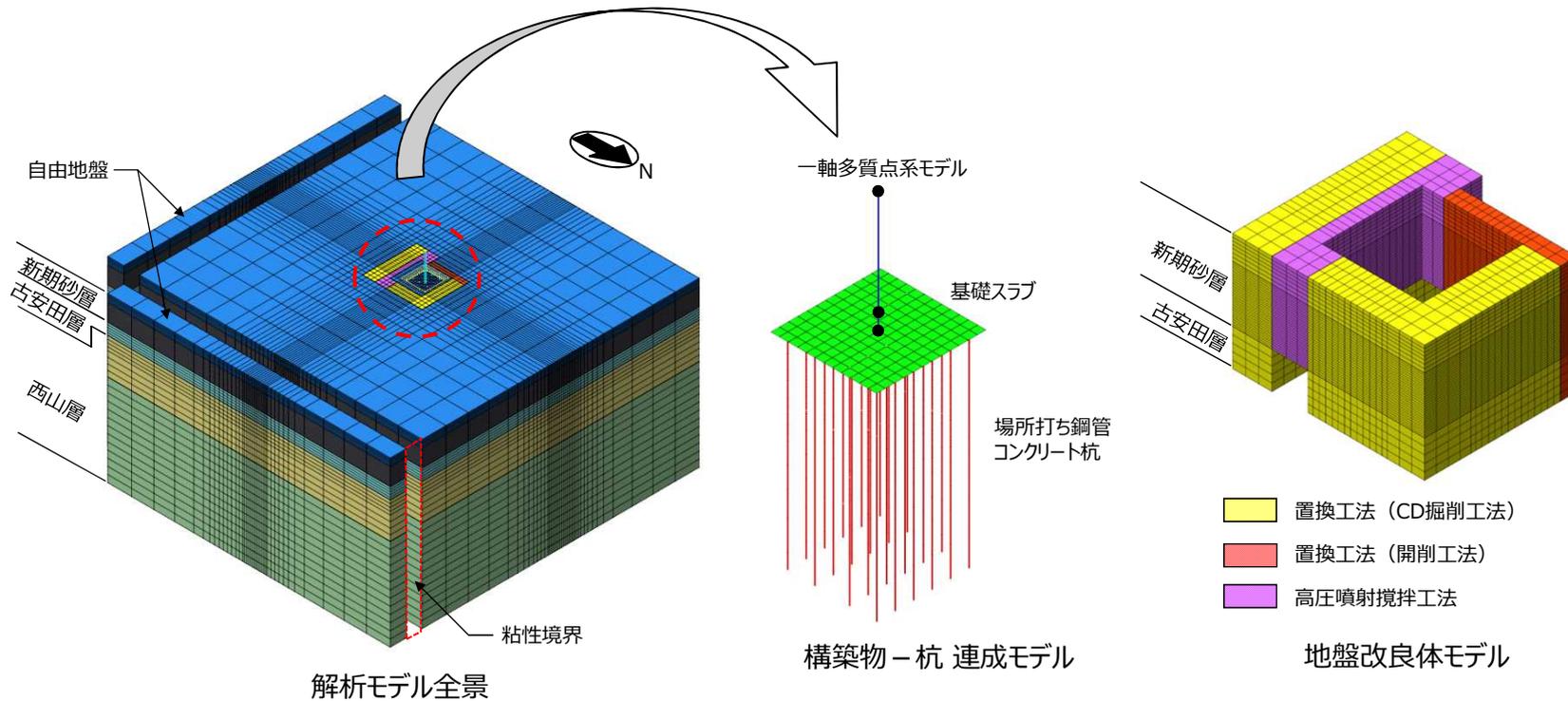
- 格納容器圧力逃がし装置基礎（以下、装置基礎という。）の周辺地盤を地盤改良することにより、装置基礎直下の原地盤の液状化による変形を抑制することを目的とする。



地盤改良範囲図

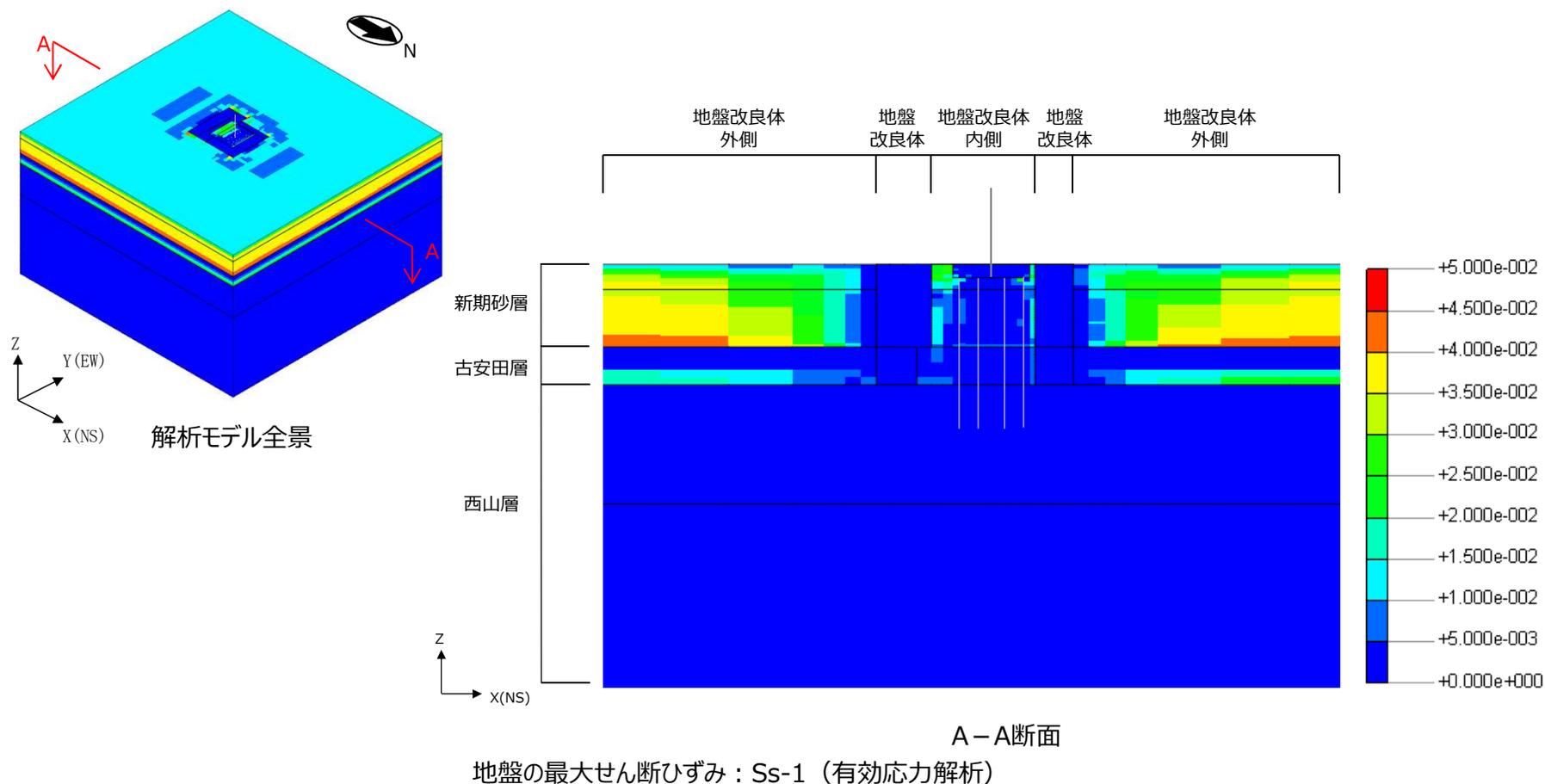
格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析モデル

- 装置基礎の地震応答解析は、以下を考慮するため、地盤3次元FEMモデルを採用した。
 - 地盤改良体の複雑な平面形状
 - 複数の地盤改良工法に応じた物性値と改良深度
 - 群杭効果（各杭の水平変位により生じる反力が、互いに影響を与える現象）
 - ボックス形状の地盤改良体が装置基礎直下の原地盤の水平変形を拘束する効果
- 地震応答解析は、液状化評価あり・なしを考慮した。
 (液状化評価あり：有効応力解析 液状化評価なし：全応力解析)

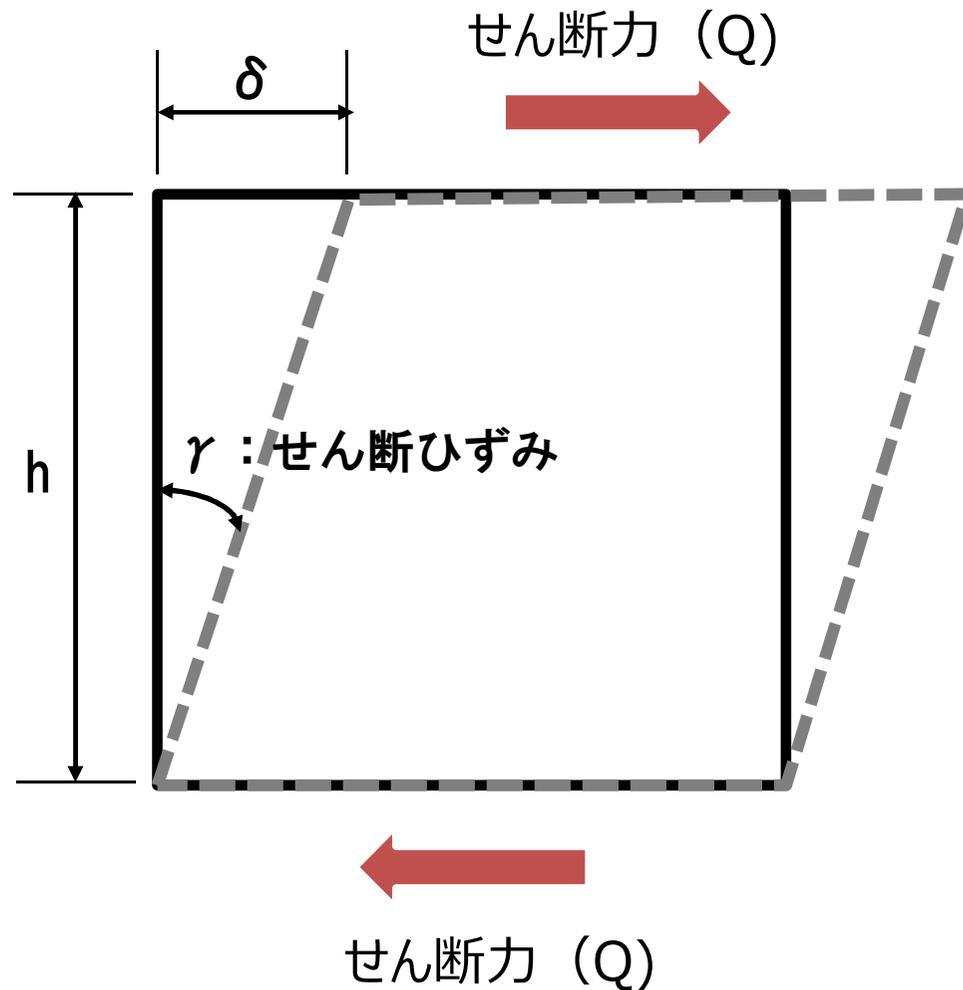


格納容器圧力逃がし装置基礎における変形の抑制効果の確認

- 基準地震動Ss発生時、地盤改良体外側の周辺地盤が大きくひずむ（変形する）のに対し、**地盤改良体内側の装置基礎直下地盤では地盤改良体が水平変形を拘束することにより、ひずみ（変形）を抑制できていることを確認した。**



【解説】せん断力、せん断応力、せん断変形、せん断ひずみ



τ : せん断応力

せん断力 (Q)によって物体の内部に生じる内力

γ : せん断ひずみ

$$\gamma = \delta / h$$

格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析および耐震評価結果

- 標準地盤物性値を用いた地震応答解析結果を比較したところ、最大応答変位を除きいずれも全応力解析の方が大きいことから、耐震評価には全応力解析の応答値を採用した。
⇒有効応力解析では、地盤剛性の低下により、地盤の変位は増大するが加速度は減少する。
装置基礎においては、地盤変位の増大による応答値の増加に比べ、加速度の減少に伴う慣性力の減少による応答値の減少の方が影響が大きいと考えられる。
- 最大応答変位は有効応力解析の応答値が1割程度大きいですが、**装置基礎と原子炉建屋との相対変位（約171mm）が配管伸縮継手の許容値（±300mm）以内であることを確認した。**

最大応答値一覧：構築物

| T.M.S.L. (m) | 全応力解析 | | | | 有効応力解析 | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------|-------------------------------|------------------------------------|
| | 加速度 (m/s ²) | 変位*1 (mm) | せん断力 (×10 ³ kN) | 曲げモーメント (×10 ⁶ kN・m) | 加速度 (m/s ²) | 変位*1 (mm) | せん断力 (×10 ³ kN) | 曲げモーメント (×10 ⁶ kN・m) |
| +26.3 | 23.7 | 101 | 25.6 | 0.373 | 13.9 | 111 | 14.8 | 0.215 |
| +12.0 | 16.5 | 83.3 | | | 11.0 | 94.8 | | |

最大応答値一覧：杭

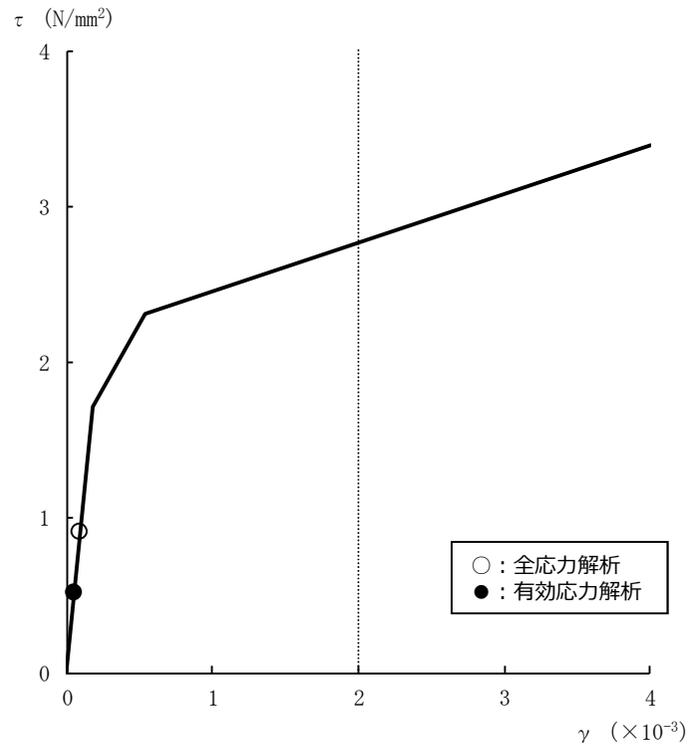
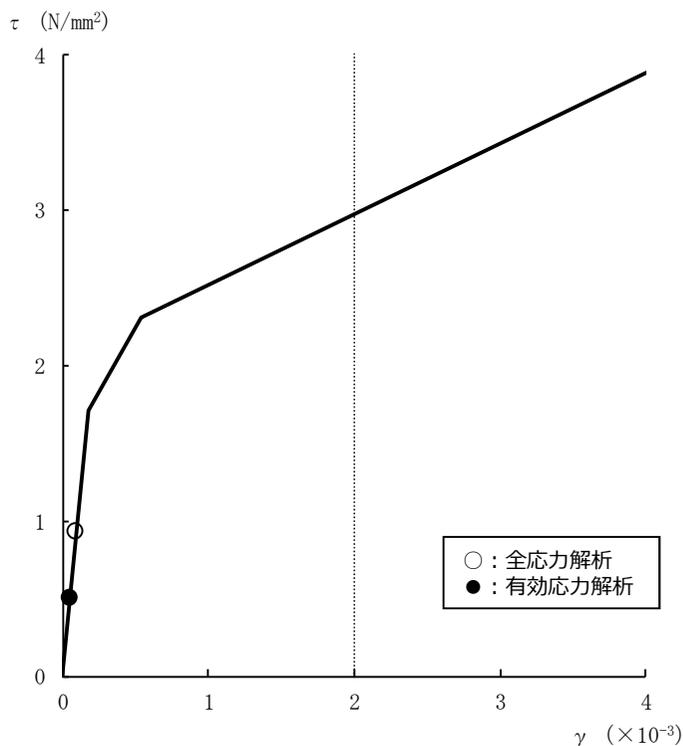
| 全応力解析 | | | | 有効応力解析 | | | |
|--|--|-------------------------------|------------------------------------|--|--|-------------------------------|------------------------------------|
| 最大軸力 (押込み) (×10 ³ kN) | 最小軸力 (引抜き) (×10 ³ kN) | せん断力 (×10 ³ kN) | 曲げモーメント (×10 ⁴ kN・m) | 最大軸力 (押込み) (×10 ³ kN) | 最小軸力 (引抜き) (×10 ³ kN) | せん断力 (×10 ³ kN) | 曲げモーメント (×10 ⁴ kN・m) |
| 9.55 | -8.14 | 5.02 | 1.18 | 7.79 | -6.44 | 3.23 | 0.951 |

注記*1：変位は、T.M.S.L.-13.7m（原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル）を基準点とした相対変位を示す。

*2：黄色ハッチングは全応力解析と有効応力解析のうち、大きい方の値を示す。

格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析および耐震評価結果

- 耐震壁に生じるせん断ひずみは、全応力解析・有効応力解析ともに弾性範囲内であることを確認した。



格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析および耐震評価結果

- 地盤物性の不確かさを考慮した解析結果を含めた装置基礎の**各応答値は、許容限界以下であることを確認した。**

耐震壁の評価結果

| 方向 | 最大せん断ひずみ* ($\times 10^{-3}$) | 許容限界 ($\times 10^{-3}$) | 検定値 |
|----|-----------------------------------|------------------------------|-------|
| NS | 0.101 | 2.0 | 0.051 |
| EW | 0.100 | | 0.050 |

基礎スラブの評価結果

| 評価項目 | | 方向 | 最大応答値* | 許容限界 | 検定値 |
|-----------------------------------|-------------|----|--------|------|-------|
| 軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力 | 必要鉄筋量/設計配筋量 | NS | 0.549 | 1.00 | 0.549 |
| | | EW | 0.522 | 1.00 | 0.522 |
| 面外せん断力(kN/m) | | NS | 4270 | 5630 | 0.759 |
| | | EW | 3230 | 4580 | 0.706 |

杭の評価結果

| | 最大応答値* | 許容限界 | 検定値 |
|-------------------------------|--------|------|-------|
| 鉛直支持力 ($\times 10^3$ kN) | 10.4 | 24.0 | 0.434 |
| 引抜き抵抗力 ($\times 10^3$ kN) | 9.91 | 17.0 | 0.583 |
| せん断力 ($\times 10^3$ kN) | 5.07 | 8.27 | 0.614 |
| 曲げモーメント ($\times 10^4$ kN・m) | 1.31 | 1.46 | 0.898 |

* : 最大応答値は材料物性の不確かさを考慮したものである。

【解説】

検定値 = 応答値 / 許容限界
この値が1より小さい。
すなわち、
各応答値が許容限界以下。

【解説】 杭の軸力 支持機能の許容限界値

杭に生じる力（軸力）は、地盤が支える力（支持機能の許容限界値）よりも小さいので、設備は地盤に支持される。

