

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機
工事計画認可申請に係る論点整理について
(指摘事項に対する回答)

TEPCO

2020年6月1日
東京電力ホールディングス株式会社

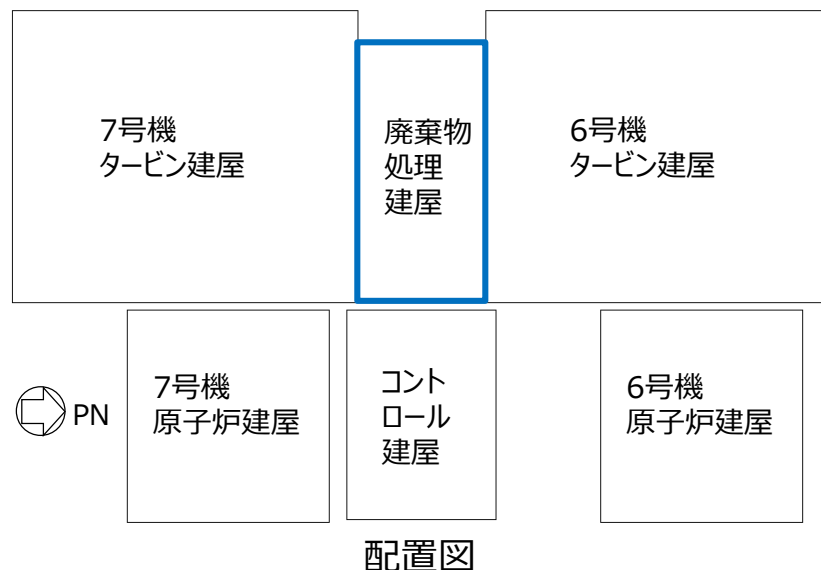
廃棄物処理建屋で用いている地震応答解析手法及び応力解析手法の課題

(1) 建屋の状況及び課題

廃棄物処理建屋は、西側以外の3面に周辺建屋が存在するため、周辺地盤による拘束効果が期待できない。このため、短辺方向(NS方向)の地震応答解析では、力の釣り合いから計算される建屋の浮上りが大きく、見かけ上の接地率が非常に小さくなる。

これにより、下記の課題が生じている。

- ①低接地率時の地震応答解析の妥当性確認が必要。
- ②低接地率時に上向きの鉛直地震力が作用した場合には、相対的に転倒モーメントが大きくなり、基礎スラブの応力解析が解けない。



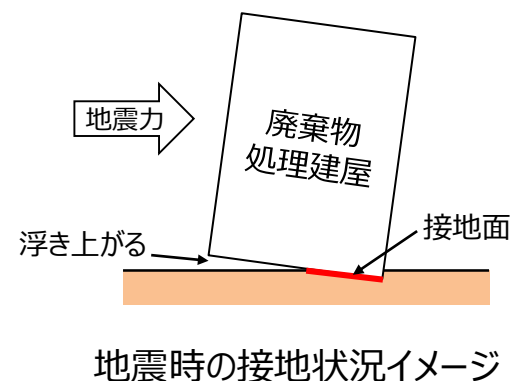
(2) 課題に対する対応

①の課題：低接地率時の地震応答解析手法の妥当性確認

既往文献と廃棄物処理建屋で用いている解析手法の比較検討を行い、妥当性確認を行う。

②の課題：分離した応力解析手法の妥当性確認

水平方向の応力解析と鉛直方向の応力解析を個別に行い、求めた応力を足し合わせるため、分離した応力解析手法の妥当性確認を行う。



2.1 検討概要

◆検討目的

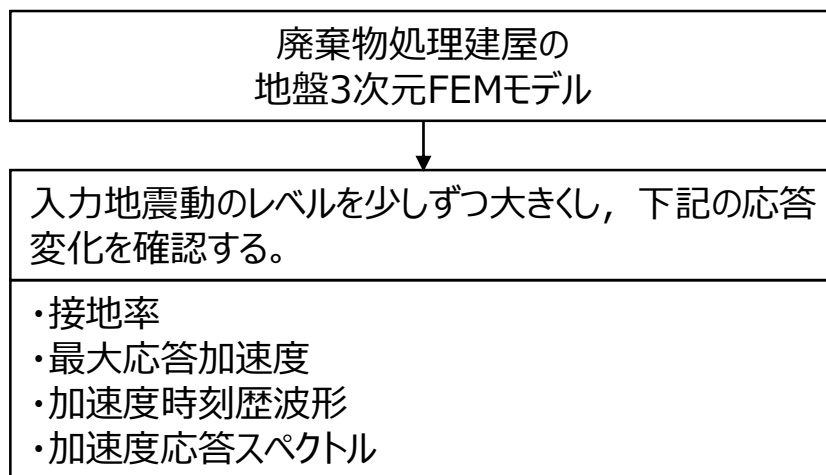
廃棄物処理建屋の地震応答解析結果より算定した接地率は低接地率となるケースがあるため、低接地率となる場合の地盤3次元FEM解析の妥当性を確認する。

基準地震動 S_s による地震応答解析結果に基づく接地率

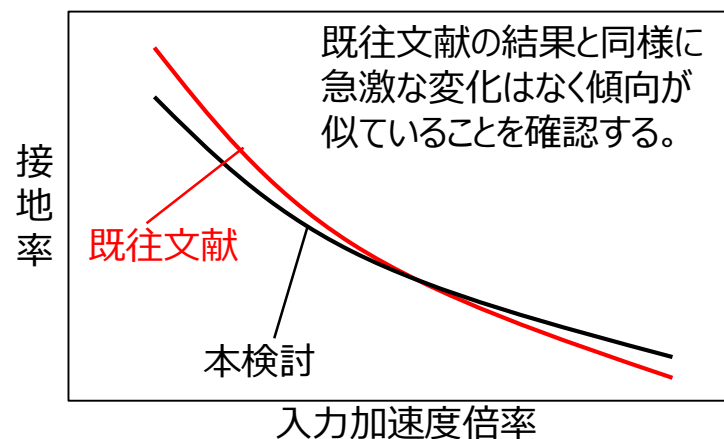
基準地震動 S_s	最小接地率(%) NS方向	最小接地率(%) EW方向
S_s -1	30.7	93.6
S_s -2	62.7	72.1
S_s -3	27.2	96.1
S_s -4	96.5	100.0
S_s -5	77.0	95.2
S_s -6	93.9	100.0
S_s -7	87.8	89.7
S_s -8	20.3	89.7

◆検討方針

JEAC4601-2015において引用されている「中村尚弘，他：Green関数 法と地盤FEMモデルによる大地震時の建物の浮上り挙動の評価，第63回理論 応用力学講演会，GS04-02-01，2014年9月」(以下「既往文献」という。)と同様の傾向になることを確認する。

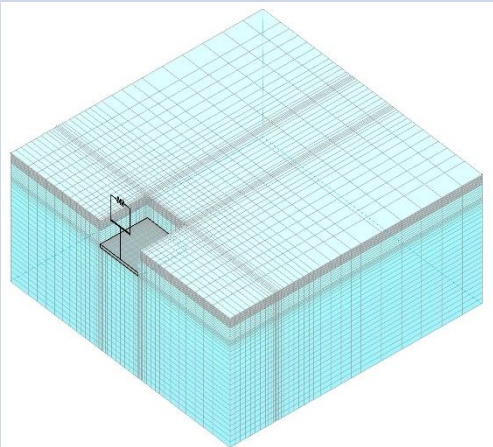
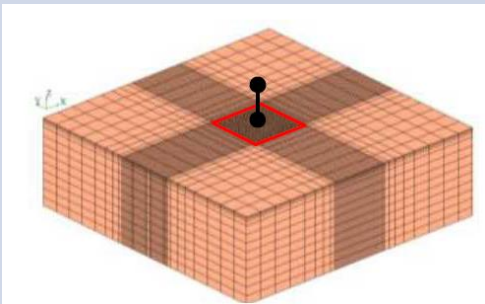


検討結果のイメージ (例)



2.2 解析条件

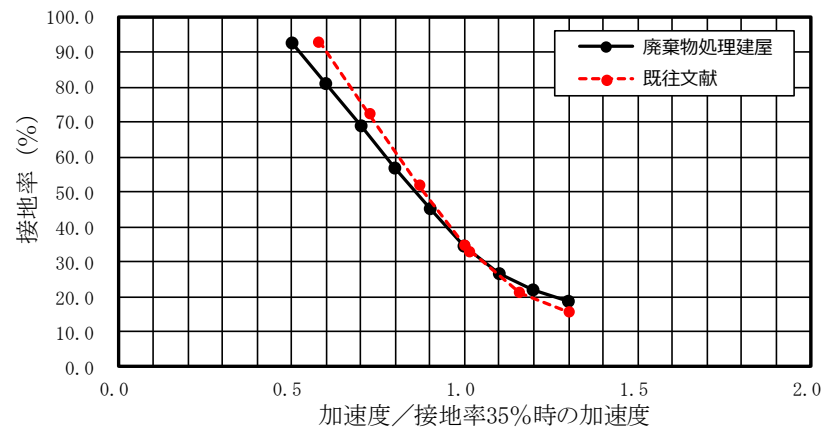
・廃棄物処理建屋と既往文献の建屋の主な諸元比較

項目	廃棄物処理建屋	既往文献
基礎スラブ寸法	35.8m×73.0m	50.0m×50.0m
基礎スラブ下からの建屋高さ	52.9m	40.0m
建屋総重量	1,012,180kN	1,961,330kN
支持地盤のせん断波速度Vs	481m/s	2,000m/s
解析モデル	多質点系モデル	1質点系モデル
入力地震動	基準地震動Ss-3 (応答スペクトル形状がほぼフラット)	模擬地震波 (応答スペクトル形状がほぼフラット)
解析モデル	 <p>建屋：質点系モデル 地盤：3次元FEMモデル</p>	 <p>建屋：質点系モデル 地盤：3次元FEMモデル</p>

2.3 検討結果（1）

① 入力地震動と接地率の関係

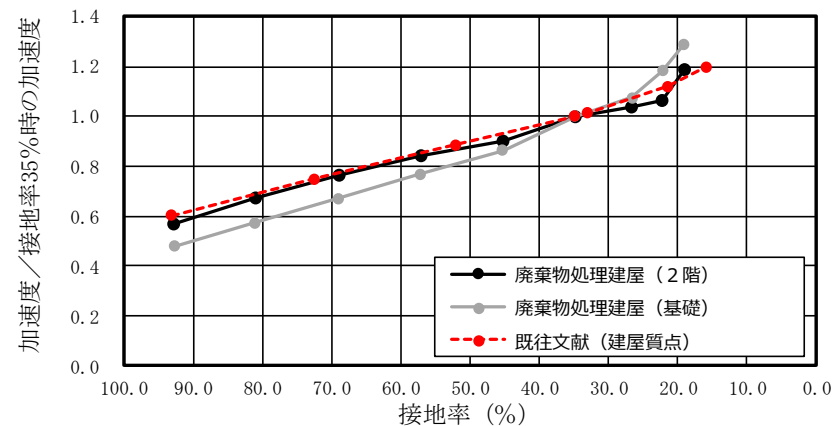
廃棄物処理建屋と既往文献は、どちらも入力地震動の増加に伴って接地率が減少しており、その低下割合は両者ともよく整合している。



入力地震動と接地率の関係
(接地点率35%時の加速度で規準化して比較)

② 水平方向の最大応答加速度と接地率の関係

最小接地率の低下に伴い水平方向加速度が緩やかに増えており、廃棄物処理建屋と既往文献でよく整合していることを確認した。

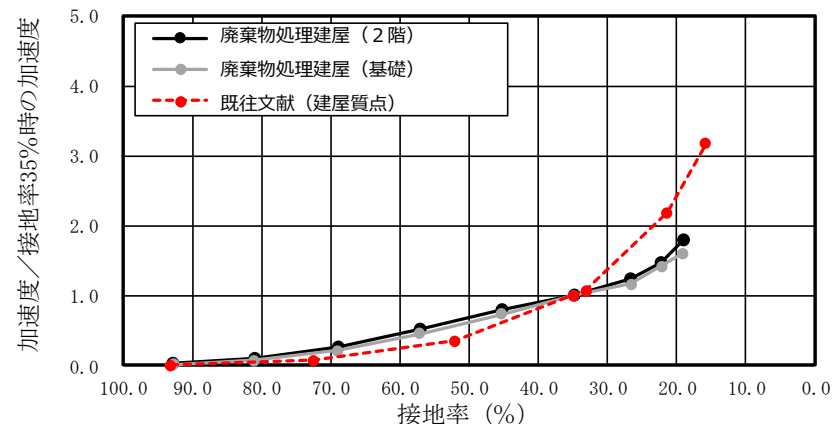


水平方向の最大応答加速度と接地率の関係
(接地点率35%時の加速度で規準化して比較)

2.4 検討結果（2）

③ 誘発上下動による鉛直方向の最大応答加速度と接地率の関係

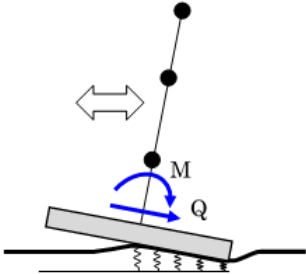
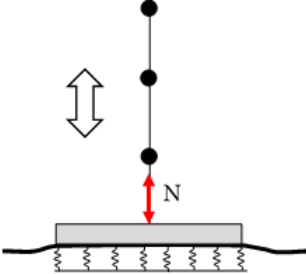
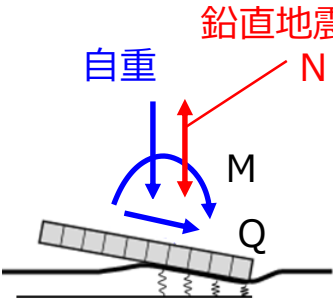
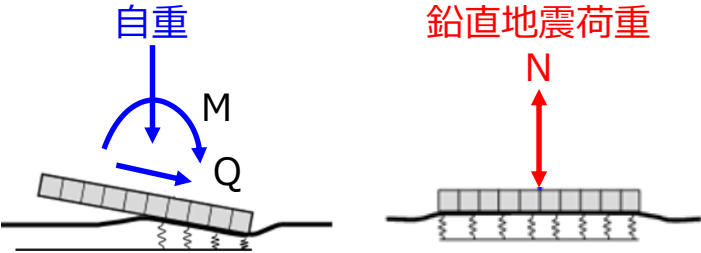
接地率の低下に伴い誘発上下動による鉛直方向加速度が緩やかに増えており、極端な応答変化は認められない。



誘発上下動による鉛直方向の最大応答加速度と接地率の関係
(接地率35%時の加速度で規準化して比較)

3.1 従来の解析手法及び廃棄物処理建屋の解析手法について

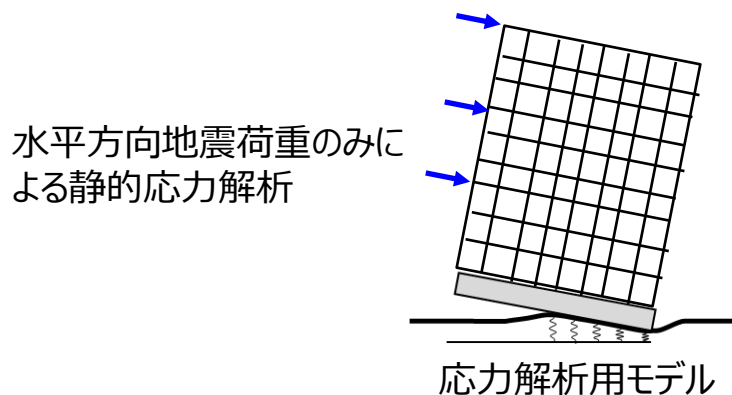
- 廃棄物処理建屋は地震時の接地率が小さく、従来の解析手法では解析できないため、水平方向と鉛直方向を分離した解析を行うこととした。

	従来の解析手法	廃棄物処理建屋の解析手法
地震応答解析	<p>水平方向</p>  <p>鉛直方向</p>  <p>水平方向と鉛直方向は個別に解析する。</p>	
基礎スラブの応力解析	<p>自重</p> <p>鉛直地震荷重 N</p>  <p>水平と鉛直を同時に解析する。</p>	<p>自重</p> <p>鉛直地震荷重 N</p>  <p>水平方向</p> <p>鉛直方向</p> <p>水平方向と鉛直方向は個別に解析し、得られた応力の組合せを行う。</p>
課題	地震時の接地率が小さい場合、上向き鉛直地震荷重が大きいと解析できないことがある。	水平・鉛直同時入力による動的解析結果と比較し、分離した解析の妥当性を確認する必要がある。

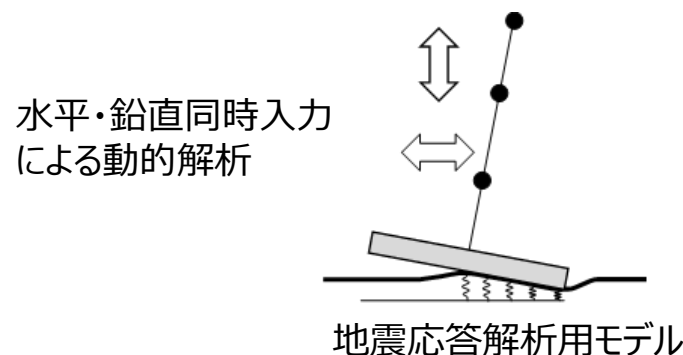
3.2 応力解析手法の妥当性確認について（接地率による検討）

◆検討概要

- 水平方向地震荷重のみによる静的応力解析による接地率 η_1 は、水平・鉛直同時入力による動的解析で得られた時刻歴最小接地率 η_2 と同等又は保守的な評価となることを確認する。



接地率※： η_1
(=19.1%)



時刻歴最小接地率※： η_2
(=22.2%)

≧

※基準地震動Ssに対する地震応答解析(基本ケース)により算定した接地率が最小となるSs-8による検討結果を記載

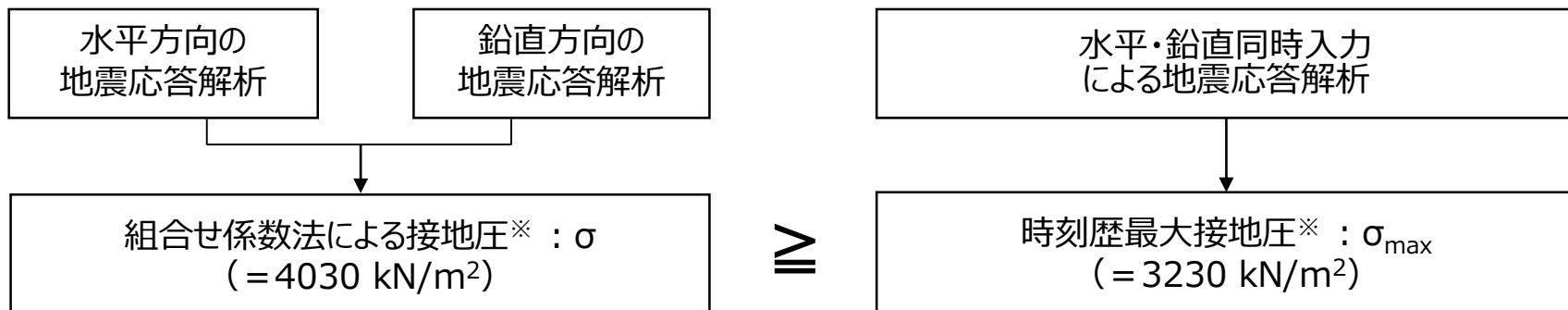
◆検討結果

- 「 $\eta_1 = 19.1\%$ 」 \leq 「 $\eta_2 = 22.2\%$ 」となり、応力解析用モデルに水平地震力のみを与えて求めた接地率 η_1 は保守的な評価となることを確認した。
- また、静的解析では水平地震荷重と鉛直地震荷重を同時に作用させると解析できないものが、動的解析では解析できることを確認した。

3.3 応力解析手法の妥当性確認について（接地圧による検討）

◆検討概要

- 接地圧は基礎スラブに加わる地震力に対する反力に相当するため、接地圧による検討により応力評価の妥当性を確認する。
- 具体的には、組合せ係数法による接地圧 σ は、水平・鉛直同時入力による動的解析で得られた時刻歴最大接地圧 σ_{\max} と同等又は保守的な評価となることを確認する。



※基準地震動Ssに対する地震応答解析（基本ケース）により算定した接地率が最小となるSs-8による検討結果を記載

◆検討結果

- 「 $\sigma = 4030 \text{ kN/m}^2$ 」 \geq 「 $\sigma_{\max} = 3230 \text{ kN/m}^2$ 」となり、組合せ係数法により求めた接地圧 σ は、水平・鉛直同時入力による地震応答解析より得られた時刻歴最大接地圧 σ_{\max} よりも大きな値を与えることから、基礎スラブの応力解析を個別に解析し組合せ係数法を用いて評価することは妥当である。

4. まとめ

① 低接地率時の地震応答解析手法の妥当性確認

- 廃棄物処理建屋の地盤3次元FEMモデルを用いて、基準地震動を係数倍して入力した接地率20%程度までの地震応答解析結果とJEAC4601-2015において引用されている既往文献の結果を比較した。
- 廃棄物処理建屋と既往文献の結果の比較について、入力地震動の増加に伴って接地率が低下しており、その低下割合は両者ともよく整合していたこと、接地率の低下に伴って応答加速度は緩やかに増えており、極端な応答変化は認められないことを確認した。
- 以上により、今回の解析範囲である接地率20%程度までについて、廃棄物処理建屋の地盤3次元FEM解析の妥当性を確認した。

② 分離した応力解析手法の妥当性確認

- 基礎スラブの応力解析手法について、従来の解析手法と廃棄物処理建屋の解析手法（個別に解析し組合せ係数法を用いて評価する手法）を比較し、課題を整理した。
- 廃棄物処理建屋の応力解析手法の妥当性について、水平・鉛直同時入力による地震応答解析結果を用いて接地率及び接地圧に関して検討を行い、分離解析の妥当性を確認した。

以上より、廃棄物処理建屋で用いている地震応答解析手法及び応力解析手法は妥当であることを確認した。