

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 補足-025-1 改4
提出年月日	2020年5月14日

原子炉建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料

2020年5月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。なお、他建物・構築物の地震応答計算書の記載内容を共通的に補足する内容についても、本資料で代表し説明する。

別紙 1 地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙 2 地震応答解析における耐震壁のせん断スケルトン曲線の設定

別紙 3 地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙 4 地震応答解析に用いる鉄筋コンクリート造部の減衰定数に関する検討

別紙 5 地震応答解析における原子炉建屋の重大事故等時の高温による影響

別紙 6 原子炉建屋のコンクリート剛性に対する地震観測記録による傾向分析

下線：今回ご提示資料

別紙1 地震応答解析における既工認と今回工認の  
解析モデル及び手法の比較

## 目 次

1. 概要 .....	別紙1-1
2. 地震応答解析モデル及び手法の比較 .....	別紙1-2

別紙1-1 原子炉建屋の地震応答解析モデルの変更点について

別紙1-2 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて

別紙1-3 地震応答解析モデルにおける補助壁の評価方法について

別紙1-4 地震応答解析モデルにおけるコンクリート実剛性の採用について

別紙1-5 建屋側面地盤回転ばねを考慮することの妥当性について

別紙1-6 表層ばねの取扱いについて

別紙1-7 建屋側面地盤回転ばねを考慮する建屋の選定について

下線：今回ご提示資料

## 1. 概要

本資料は、原子炉建屋の既工認時及び今回工認時の地震応答解析モデル及び手法の比較を示すものである。

## 2. 地震応答解析モデル及び手法の比較

原子炉建屋の地震応答解析モデル及び手法の比較を表2-1に示す。鉛直モデルの諸元の設定方法を表2-2に示す。また、今回工認時の地震応答解析モデルを図2-1及び図2-2に示す。

比較に用いる既工認時の地震応答解析モデル及び手法は、建設工認である。

表2-1 地震応答解析モデル及び手法の比較

項目	内容	既工認*1	今回工認	備考
入力地震動の算定法	水平	設計用模擬地震波を用いて、一次元波動論により算定	同左	—
	鉛直	—*2	設計用模擬地震波を用いて、一次元波動論により算定	—
解析コード		D A C 2 N	D A C 3 N	—
建屋のモデル化	モデル	外壁部, RCCV部多質点系SRモデル	外壁部, RCCV部多質点系SRモデル (一部建屋重量を変更)	①
	材料物性	検討時の各規準に基づき設定 ・コンクリートのヤング係数 建屋部 E = 26.5kN/mm <sup>2</sup> (SI換算) 基礎スラブ E = 25.5kN/mm <sup>2</sup> (SI換算) ・コンクリートのポアソン比 ν = 0.167	適用規準の見直しによる再設定 ・コンクリートのヤング係数 建屋部 E = 28.8kN/mm <sup>2</sup> 基礎スラブ E = 27.9kN/mm <sup>2</sup> ・コンクリートのポアソン比 ν = 0.2 ・鉄骨のヤング係数 E = 205kN/mm <sup>2</sup> ・鉄骨のポアソン比 ν = 0.3	②, ③
	剛性評価	耐震壁を考慮 (設計基準強度)	耐震壁及び補助壁を考慮 (実強度)	④, ⑤
	減衰定数	・水平方向: 5%	・水平方向: 5% ・鉛直方向: RC (外壁部, RCCV部): 5% S (屋根トラス): 2%	—
	回転拘束ばね	・水平方向: RCCV回転ばね (K <sub>θ1</sub> ) 使用済燃料貯蔵プールのガーダ部 (以下「プールガーダ」という。) が原子炉格納容器コンクリート部のシェル部の曲げ変形を拘束する効果として、外壁の軸剛性及びプールガーダの曲げせん断剛性による回転ばね剛性を考慮	・水平方向: RCCV回転ばね (K <sub>θ1</sub> ) 同左 ・鉛直方向: 屋根トラス端部回転拘束ばね (K <sub>θ2</sub> ) 屋根トラス端部の柱による曲げ変形を拘束する効果として、屋根トラス端部が柱に剛接されているものとした場合の回転ばね剛性を考慮	—
地盤のモデル化	底面ばね	振動アドミッタンス理論に基づく近似法 ・水平方向: 水平及び回転ばねを考慮	振動アドミッタンス理論に基づく近似法 ・水平方向: 水平及び回転ばねを考慮 ・鉛直方向: 鉛直ばねを考慮	⑥
	側面ばね	Novakの方法により設定 ・水平ばねのみ考慮	Novakの方法により設定 ・水平及び回転ばね考慮 (表層の新期砂層は無視)	⑦, ⑧
非線形特性	耐震壁	・水平方向: 考慮せず	・水平方向: 非線形特性を考慮 ・鉛直方向: 考慮せず	⑥, ⑨
	底面ばね	・水平方向: 考慮せず	・水平方向: 接地率75%を下回る場合、基礎浮上りによる幾何学的非線形特性考慮 ・鉛直方向: 考慮せず	
誘発上下動		・考慮せず	・接地率65%を下回る場合、考慮する	—

注記\*1: 柏崎刈羽原子力発電所7号機『既工事計画認可申請書 添付資料IV-2-3「原子炉建屋の地震応答計算書」(3資庁第6675号平成3年8月23日認可)』

注記\*2: 既工認時は、水平方向のみ地震応答解析を実施し、鉛直方向は静的地震力を考慮。

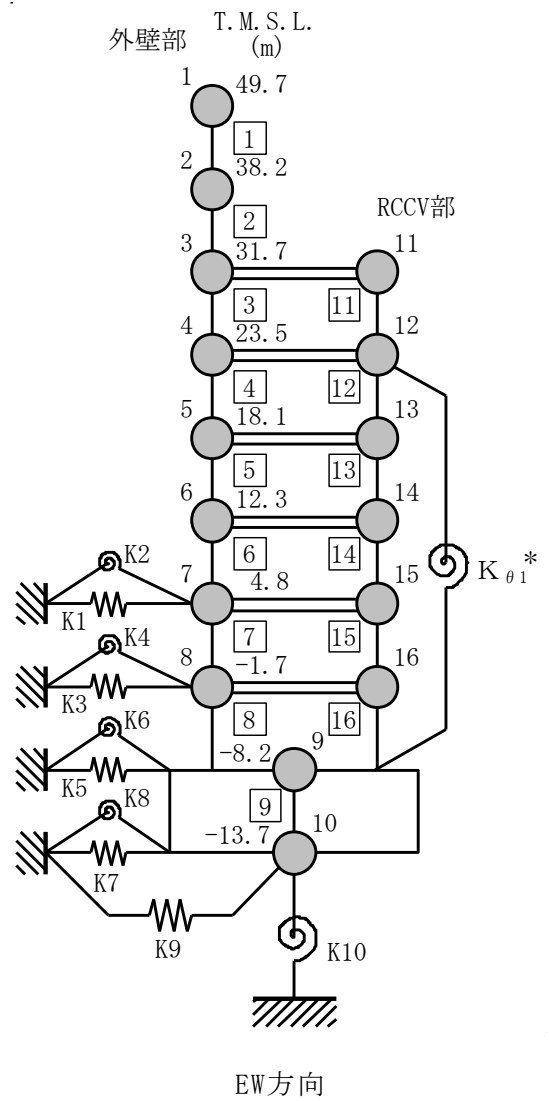
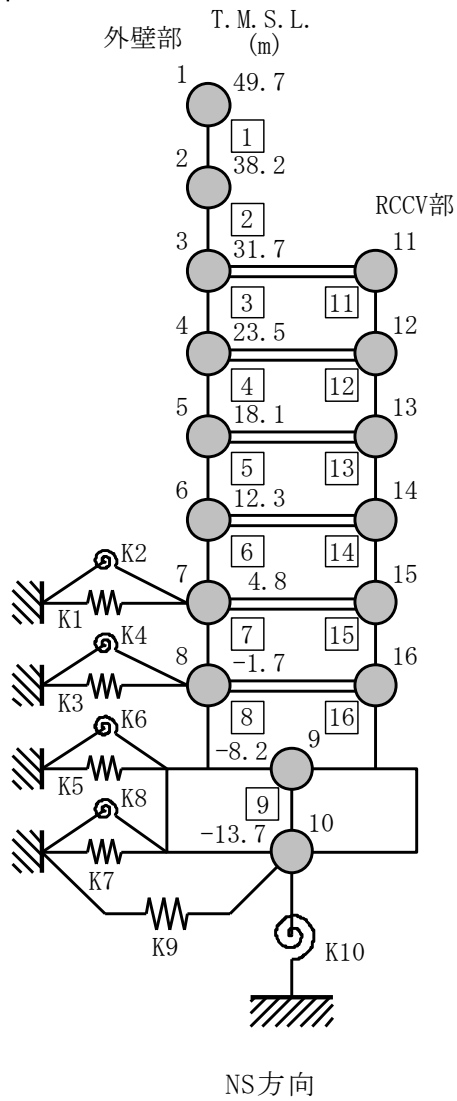
【具体的な反映事項】（表の備考欄に対応）

- ① 2007年新潟県中越沖地震後に実施した耐震補強工事等による重量の変更を考慮。詳細は別紙1-1に示す。
- ② コンクリートのヤング係数及びポアソン比は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－」（（社）日本建築学会，1999改定）に基づく。
- ③ 鉄骨のヤング係数は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－」（（社）日本建築学会，2005改定）に基づく。
- ④ 地震時の挙動をより実応答に近い形で評価するため，実際には耐震壁として考慮可能であると考えられる壁を補助壁として，その分の剛性を考慮。補助壁の評価方法については別紙1-3に示す。
- ⑤ 地震時の挙動をより実応答に近い形で評価するため，建屋剛性の評価においてコンクリート実強度に基づき評価される実剛性を考慮。コンクリート実剛性の採用については別紙1-4に示す。
- ⑥ 「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」（（社）日本電気協会）に基づく。
- ⑦ 地震時の挙動をより実応答に近い形で評価するため，建屋側面地盤回転ばね（以下「側面回転ばね」という。）を考慮。側面回転ばねの適用性については別紙1-5に示す。
- ⑧ 地震時の挙動をより実応答に近い形で評価するため，地盤表層部（新期砂層）の地盤ばねを考慮しない。地盤表層部（新期砂層）の地盤ばねの取扱いについては別紙1-6に示す。
- ⑨ 耐震壁の非線形特性の設定については別紙2に示す。



表2-2 鉛直モデルの諸元の設定方法

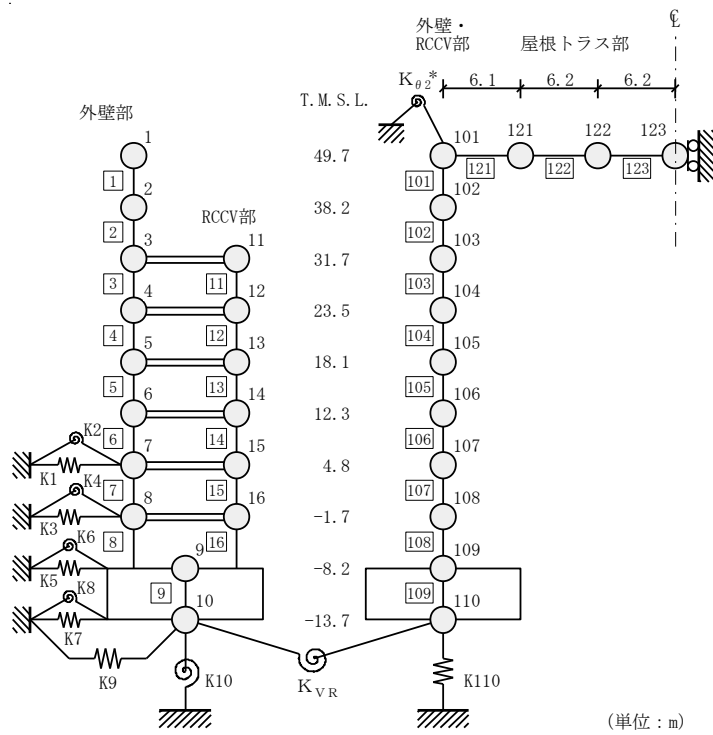
部位	質量	剛性
耐震壁 補助壁 柱	鉛直モデルに対応する 水平モデルの質点の質量	水平方向モデルにおいて剛性を考慮している耐震壁及び補助壁の全軸断面積及び鉛直剛性として考慮できる柱の軸断面積の和より軸剛性を算出
屋根トラス	質点の支配面積より算出	曲げ変形とせん断変形を生じる質点系の曲げせん断はりモデルとして剛性を算出。なお、曲げ剛性は、主トラス上下弦材の中心軸に関する断面2次モーメントを用いて算出し、せん断剛性は、斜材の断面積に軸変形によって生じるせん断変形量を考慮した等価せん断断面積を用いて算出



注記\*：RCCV回転ばね

注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

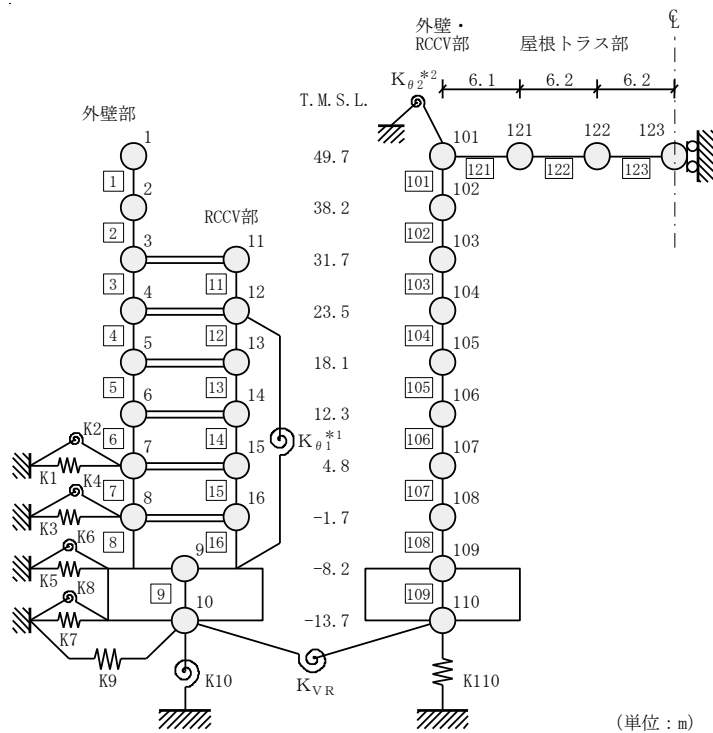
(a) 水平方向 誘発上下動を考慮しない場合  
 図2-1 地震応答解析モデル（水平方向）（1/2）



(単位 : m)

注記\* : 屋根トラス端部回転拘束ばね

NS方向



(単位 : m)

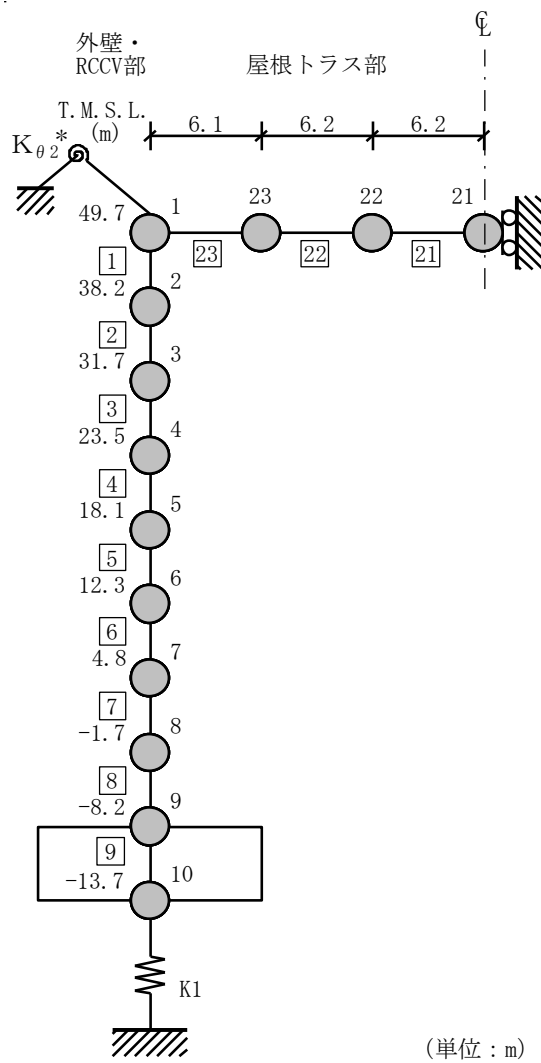
注記\*1 : RCCV回転ばね

注記\*2 : 屋根トラス端部回転拘束ばね

EW方向

(b) 誘発上下動を考慮する場合

図 2-1 地震応答解析モデル (水平方向) (2/2)



注記\* : 屋根トラス端部回転拘束ばね

図2-2 地震応答解析モデル (鉛直方向)

別紙1-7 建屋側面地盤回転ばねを考慮する建屋の選定について

## 目 次

1. 概要 .....別紙1-7-1
2. 選定方法 .....別紙1-7-1
3. 側面回転ばねを考慮する建屋 ..... 別紙1-7-3

## 1. 概要

建屋の地下部分の埋込みを考慮した水平方向の地震応答解析モデル（以下「埋込みSRモデル」という。）は、周辺地盤との接触状況等を確認したうえで、埋込みの効果は建屋側面の地盤ばねとして地震応答解析モデルに反映している。本資料では、建屋側面の地盤ばねのうち、回転ばね（以下「側面回転ばね」という。）を考慮する建屋の選定方法及び選定結果について説明する。

## 2. 選定方法

埋込みを考慮できる建屋のうち、側面回転ばねを考慮する建屋の選定方法のフローを図2-1に示す。

まず、上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための評価対象建屋であるサービス建屋及び5号機タービン建屋については、衝突の有無の判断が基本となり、側面回転ばねを考慮することの拘束効果により、変位が小さくなると考えられるため、今回工認モデルでは側面回転ばねを非考慮とした。

次に、タービン建屋について最小接地率が100%であるため、今回工認モデルでは側面回転ばねを非考慮とした。また、5号機原子炉建屋については最小接地率が66%程度であり、基礎浮上り非線形SRモデルの適用限界である65%を上回っていることから、今回工認モデルでは側面回転ばねを非考慮とした。

このフローにより、側面回転ばねを考慮する建屋は、地震応答解析に基づく接地率が低接地率になることが想定された建屋であり、また、側面回転ばねを考慮することの妥当性を確認した原子炉建屋及びコントロール建屋とした。

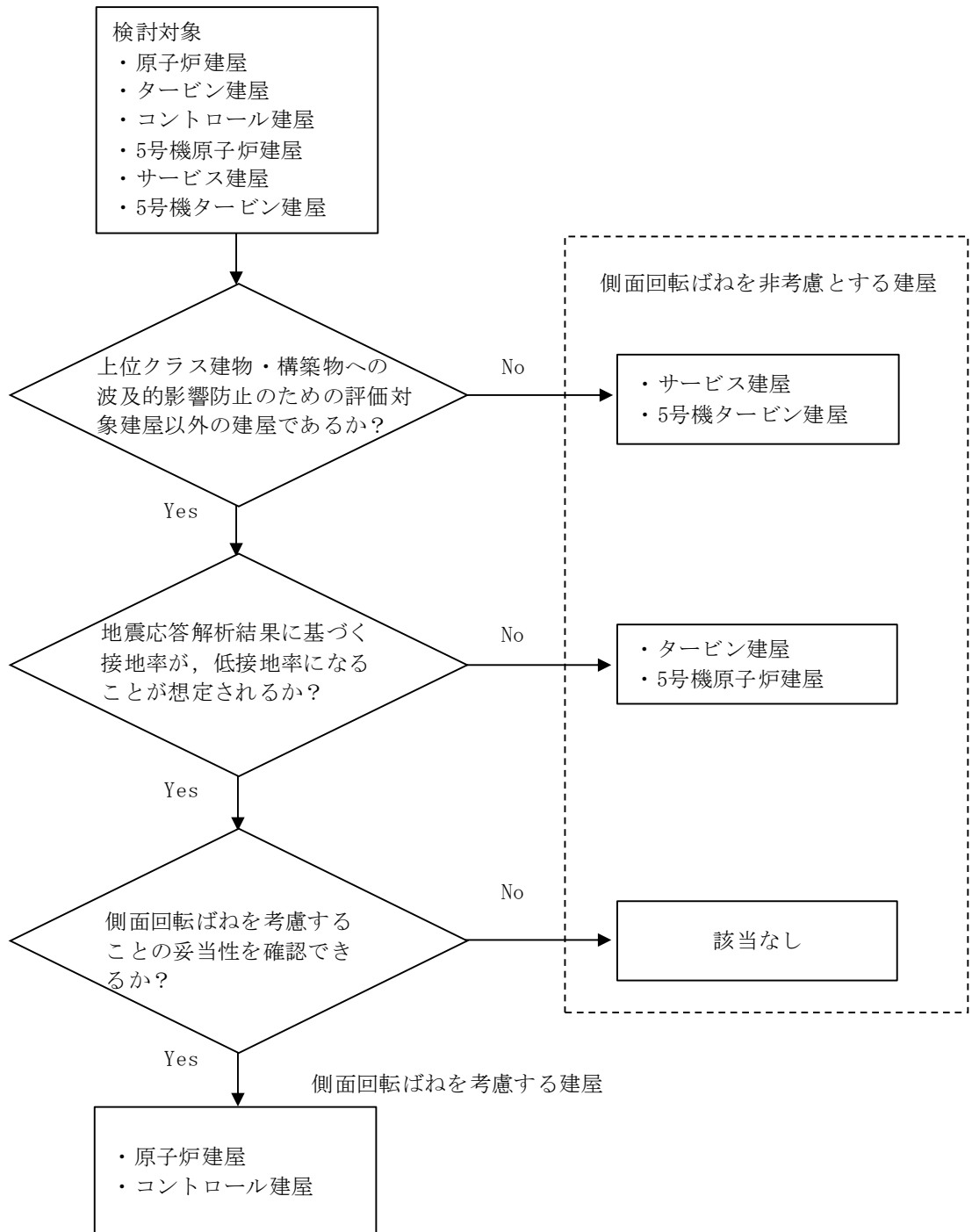


図 2-1 側面回転ばねを考慮する建屋の選定方法のフロー



3. 側面回転ばねを考慮する建屋

「2. 選定方法」のフローに基づき確認した側面回転ばねを考慮する建屋の選定結果及び側面回転ばねを考慮するにあたり、その妥当性に関する説明を行っている資料を表3-1に示す。

表 3-1 側面回転ばねを考慮する建屋

No.	建屋名	側面回転ばね考慮の妥当性に関する説明資料
1	原子炉建屋	「原子炉建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料」のうち「別紙 1-5 建屋側面地盤回転ばねを考慮することの妥当性について」
2	コントロール建屋	「コントロール建屋の地震応答計算書に関する補足説明資料」のうち「別紙 1-2 建屋側面地盤回転ばねを考慮することの妥当性について」