

# 島根原子力発電所 2号炉 地震による損傷の防止 (コメント回答)

---

[建物の地震応答解析モデル

(建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用) ]

令和元年8月  
中国電力株式会社

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
論点[Ⅱ]既工認と今回工認の手法の相違点の整理に基づく論点			
＜建物・構築物＞			
5	H31.4.9	[論点Ⅱ－1：建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）] ・建物基礎底面の付着力として設定した値が、物性値のばらつき、標本数、原位置試験の不確実性、建物直下地盤と試験地盤の差異による不確実性等を踏まえて、十分な保守性を有しているとする根拠を説明すること。	2～21

## 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

### ■ 指摘事項

【No.5 (論点Ⅱ-1) 建物の地震応答解析モデル (建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用)】

○建物基礎底面の付着力として設定した値が、物性値のばらつき、標本数、原位置試験の不確実性、建物直下地盤と試験地盤の差異による不確実性等を踏まえて、十分な保守性を有しているとする根拠を説明すること。

### ■ 回答

- 岩盤物性を用いる解析では一般に数個の試料によって試験を実施し、得られた試験結果の平均値を用いているが、今回設定した付着力は、物性値のばらつき、原位置試験の不確実性を踏まえて、平均値に対して2倍の安全率を考慮して保守的な値を設定した。(P17)
- 各種原位置試験の標本数と島根サイトで実施した試験の標本数を比較し、十分な標本数であることを確認した。(P17)
- 建物直下地盤と試験地盤における岩盤の物性値を比較し、同等の岩盤であることを確認した。(P18)

以上のことから、設定した付着力の値は、物性値のばらつき、標本数、原位置試験の不確実性、建物直下地盤と試験地盤の差異による不確実性等を踏まえても十分な保守性を有している。

なお、建物基礎底面の付着力は、地震応答解析における解析精度の確保(接地率の改善)を目的として設定したものであり、付着力の考慮の有無による建物応答への影響は軽微であることを確認している。

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ－1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

3

### 1. 建物の地震応答解析モデルについて（1）

#### 1. 1 検討概要

- 島根原子力発電所の建設時の工事計画認可申請書では、原子炉建物等の地震応答解析における基礎浮上り評価について、線形地震応答解析又は浮上り非線形地震応答解析を実施している。
- 今回の工事計画認可申請(以下「今回工認」という。)では、入力地震動の増大に伴い、基準地震動  $S_s$  による検討においては、一部解析結果で浮上り非線形地震応答解析を適用できる接地率に満たないことから、個別に解析の妥当性を確認し、採用する地震応答解析モデル(基礎浮上り評価法)について検討する。

#### 1. 2 検討方針及び妥当性確認

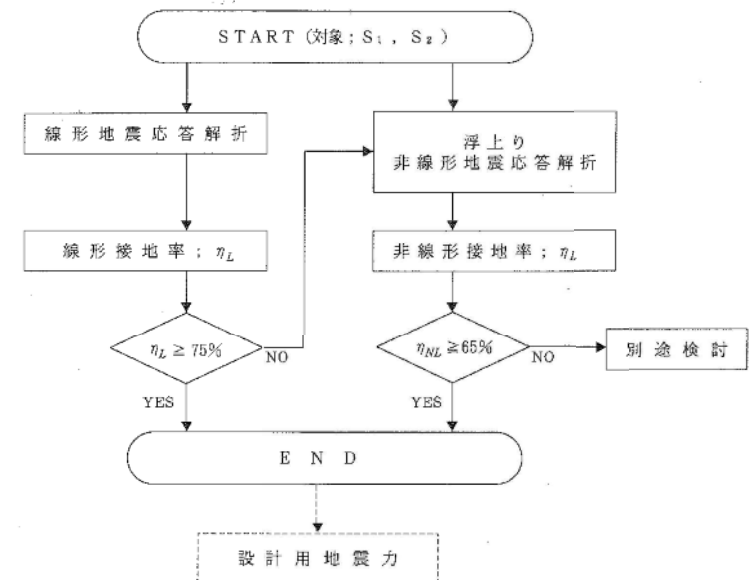
基礎浮上り評価法に関する既往の知見を整理し、低接地率となる見込みの解析結果について個別に解析の妥当性を確認する。

##### (1) 基礎浮上りに関する既往の知見

島根2号炉の地震応答解析に当たっては、建物形状に応じ、建物と地盤の相互作用を考慮することとしている。「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 (以下「J E A G 4 6 0 1」という。)

－1987」においては、建物と地盤の相互作用の影響を適切に考慮できるモデルとしてSRモデルや離散系モデル(FEMモデルを含む)が列举されている。また、「J E A G 4 6 0 1－1991追補版」においては、接地率に応じた地震応答解析手法の適用性が示されており、接地率  $\eta_{NL} < 65\%$  の場合は別途検討となっている(右図参照)。

なお、参考として、接地率  $\eta_{NL} < 65\%$  となる場合の別途検討の手法について、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1－2008(以下「J E A C 4 6 0 1－2008」という。)」では、誘発上下動を考慮したSRモデルや、特別な検討としてジョイント要素を用いた3次元FEMモデルが提案されている。



基礎浮上り評価フロー

(「J E A G 4 6 0 1－1991追補版」より抜粋)

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ－1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

4

### 1. 建物の地震応答解析モデルについて（2）

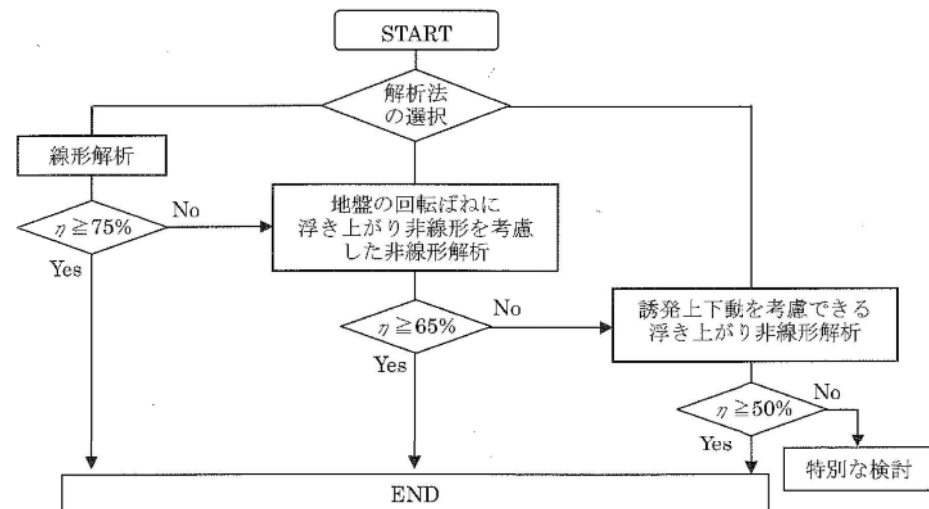
#### （2）低接地率となる地震応答解析結果の妥当性確認について

- 島根2号炉の建物・構築物は「J E A G 4 6 0 1 - 1991追補版」に示される浮上り非線形地震応答解析により基準地震動  $S_s$  に対して接地率を算定することを基本とする。
- 制御室建物及び廃棄物処理建物については接地率  $\eta < 50\%$  の見込みであることから、建物規模等に応じた検討を行い、採用する地震応答解析モデル(基礎浮上り評価法)を整理する。
- その際、建物の基礎底面と地盤間には付着力を考慮することとし、その値は島根原子力発電所における付着力試験の結果に基づき  $0.49\text{N/mm}^2$  とした。(設定根拠については P 8 ~ 21 を参照)
- 次頁以降に、廃棄物処理建物及び制御室建物における検討内容を示す。

※：原子炉建物及びタービン建物については、接地率  $\eta \geq 65\%$  を確保できる見込みである。

なお、その他の建物において接地率  $\eta < 65\%$  となる場合は、接地率  $\eta$  の値に応じて、先行審査を含めた既工認で適用実績のある手法を採用する。

- なお、建物基礎底面の付着力の考慮の有無による建物応答への影響を把握するため、原子炉建物を対象に、付着力を考慮していないモデルと付着力を考慮したモデルを用いた地震応答解析を行った結果、付着力により接地率は改善され、両モデルとも同等の応答値を示した。このことから、付着力の考慮の有無による建物応答への影響は軽微であることを確認している。(添付1(P7)参照)



(参考)基礎浮上り評価フロー  
〔「J E A C 4 6 0 1 - 2008」より抜粋〕

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ－1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

5

### 1. 建物の地震応答解析モデルについて（3）

#### （3）廃棄物処理建物に関する検討

##### ・検討概要

廃棄物処理建物は建物が比較的小規模で、基準地震動  $S_s$  に対する接地率が小さい(接地率  $\eta < 50\%$ )ため、接地率  $\eta < 65\%$ となる場合の別途検討手法として先行プラントの既工認で適用実績のあるジョイント要素(付着力考慮)を用いた3次元FEMモデルによる地震応答解析を行い、接地率が適用範囲内であることを確認する。

##### ・検討結果

検討の結果、ジョイント要素(付着力考慮)を用いた3次元FEMモデルによる接地率(最小値)は98.9%( $S_s - D$ ,  $NS$ 方向), 97.5%( $S_s - D$ ,  $EW$ 方向)であり、解析の適用性<sup>※1</sup>を確認した。

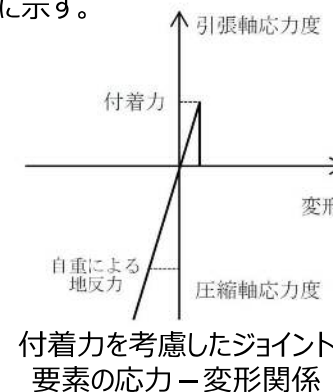
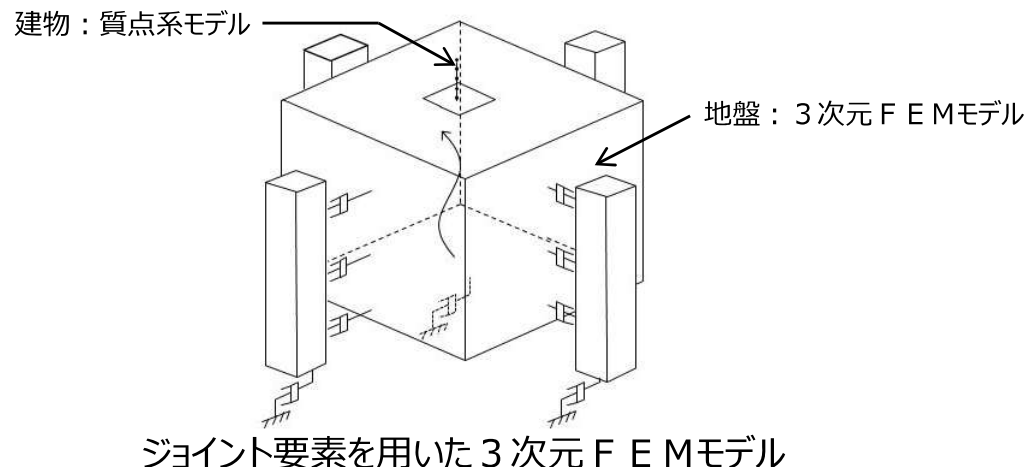
※1: 「J E A C 4 6 0 1 - 2008」を参考に接地率  $\eta \geq 35\%$ を目安とした。

##### ・採用する基礎浮上り評価法

廃棄物処理建物の地震応答解析には、ジョイント要素(付着力考慮)<sup>※2</sup>を用いた3次元FEMモデルを採用する(下図参照)。なお、ジョイント要素(付着力考慮)を用いた3次元FEMモデルは、新規制における先行審査(高浜3, 4号炉中間建屋<sup>※3</sup>)の地震応答解析で適用実績がある。

※3: 付着力試験を踏まえて設定した付着力を考慮している。

※2: 建物モデルの自重によりジョイント要素に発生する応力(地反力)を算定し、これを地震応答解析の初期応力とする。ジョイント要素に与える付着力及び地反力を下図に示す。



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ－1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

6

### 1. 建物の地震応答解析モデルについて（4）

#### （4）制御室建物に関する検討

##### ・ 検討概要

制御室建物は建物が小規模であることから、基準地震動  $S_s$  に対する接地率が小さい(接地率  $\eta < 50\%$ ) ため、建物基礎の接地状況を踏まえた検討を行う。「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」に示される浮上り線形地震応答解析(下図参照)を実施し、基礎浮上りが発生しないために必要な付着力の算定を行い、島根原子力発電所における付着力試験の結果に基づき設定した値を超えないことを確認する。

##### ・ 検討結果の概要

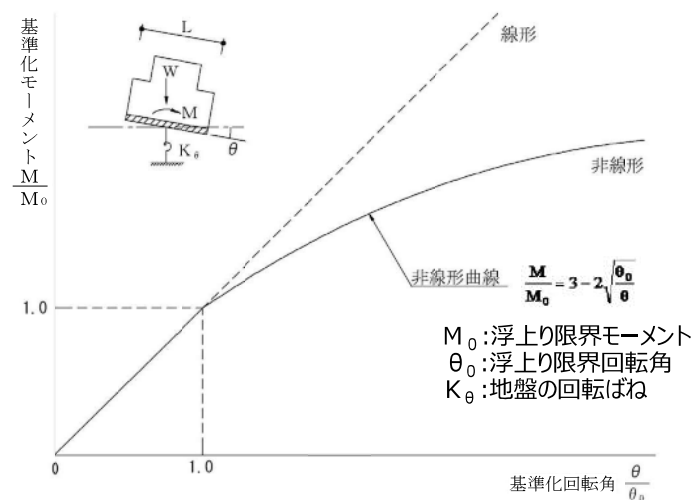
基礎浮上りが発生しないために必要な付着力の最大値は  $0.32 \text{ N/mm}^2$  ( $S_s - D$ ,  $NS$  方向) であり、島根原子力発電所における付着力試験の結果に基づき設定した値 ( $0.49 \text{ N/mm}^2$ ) を超えないことを確認した。

##### ・ 採用する基礎浮上り評価法

制御室建物の地震応答解析には、浮上り線形地震応答解析を採用する。

なお、建物基礎底面の付着力の考慮は、新規制における先行審査(川内1, 2号炉ディーゼル建屋※1, 主蒸気管室建屋※1)の地震応答解析で適用実績がある。

※1：基礎浮上りが発生しないために必要な付着力の最大値が、設定した付着力を超えないことを確認している。



地盤の回転ばねのモーメント－回転角関係

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ-1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用） （添付1）付着力の考慮の有無による建物応答への影響の検討

### 1. 検討概要

建物基礎底面の付着力の考慮の有無による建物応答への影響を把握するため、原子炉建物を対象に、付着力を考慮していないモデルと付着力を考慮したモデルを用いた地震応答解析を行った。

### 2. 検討結果

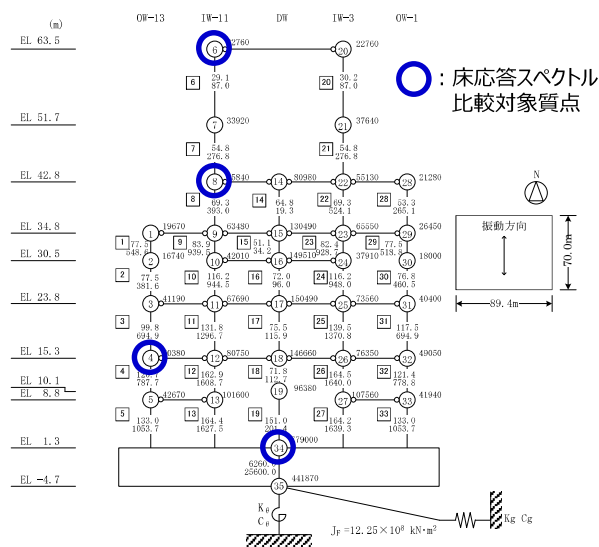
付着力を考慮していないモデルと付着力を考慮したモデルを用いた地震応答解析結果（接地率，床応答スペクトル）の比較を以下に示す。

付着力により接地率は改善され、両モデルとも同等の応答値を示したことから、付着力の考慮の有無による建物応答への影響は軽微であることを確認した。

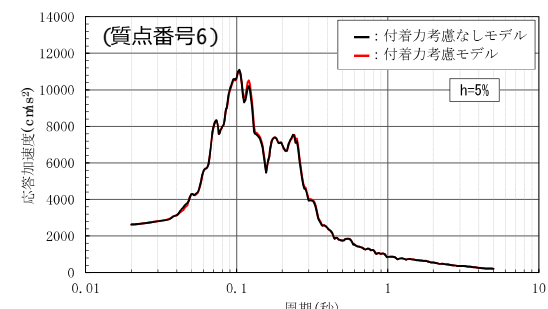
#### 接地率の比較

（検討用地震動：基準地震動 S s - D）

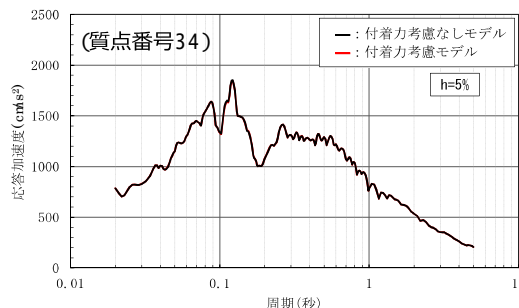
地震応答解析モデル	接地率η(%)	
	N S方向	EW 方向
付着力考慮なしモデル	68.9	82.3
付着力考慮モデル	100	100



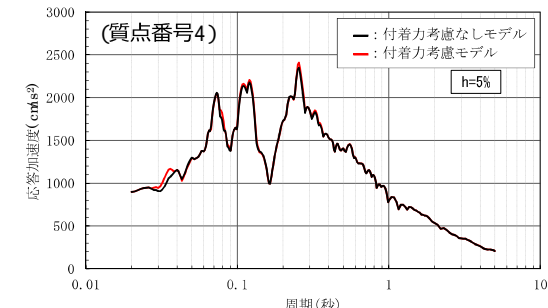
（オペフロ：EL 42.8m）



（RF：EL 63.5m）



（基礎上：EL 1.3m）



（1F：EL 15.3m）

#### 床応答スペクトル（N S方向，h=5%）の比較

（検討用地震動：基準地震動 S s - D）



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

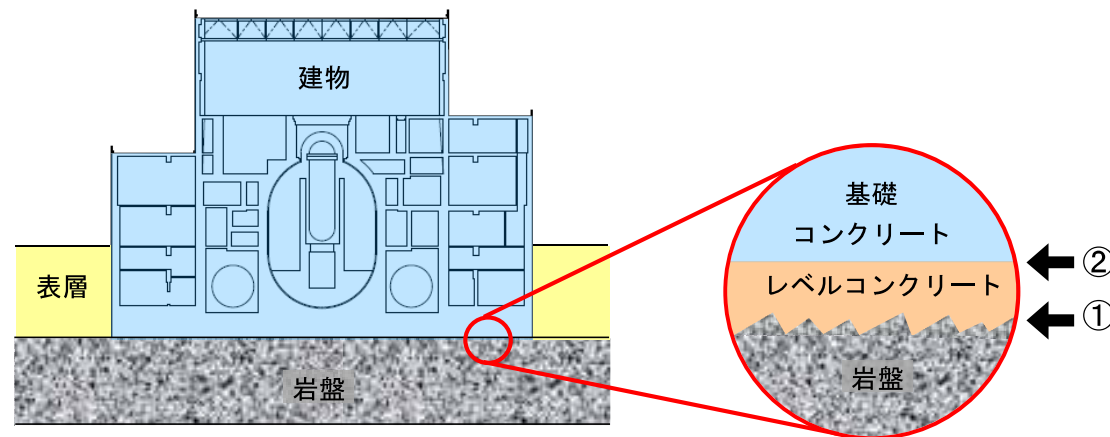
## 論点Ⅱ－1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

8

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（1）

#### 2. 1 検討概要

- 原子炉施設の建設にあたっては、下図に示すように施工精度確保の観点から岩盤上にコンクリート(レベルコンクリート)を打設し基礎底面を平坦にした後、基礎コンクリートを打設している。
- 島根原子力発電所における建物基礎底面と地盤(岩盤)間の付着力を把握するため、耐震上重要な建物が設置されている岩盤(以下「建物直下地盤」という。)と同等な岩盤を選定し、岩盤－レベルコンクリート間(下図の①)及びレベルコンクリートと基礎コンクリート間(下図の②)を模擬した試験体を用いて付着力試験を行った。
- 地震応答解析に用いる付着力は、これらの試験結果に基づき設定する。
- 次頁以降に試験位置の選定、試験方法、試験結果及び試験結果を踏まえた地震応答解析に用いる付着力の設定について示す。なお、付着力試験については、「(独)原子力安全基盤機構の報告書<sup>(1)</sup>」(以下「JNES報告書」という。)を参考にした。



原子炉施設の建物基礎と岩盤

(1) 独立行政法人 原子力安全基盤機構：平成18年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 原子力施設の非線形地盤・構造物相互作用試験及び基準整備 基礎浮上り評価手法の調査に関する報告書，2007

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

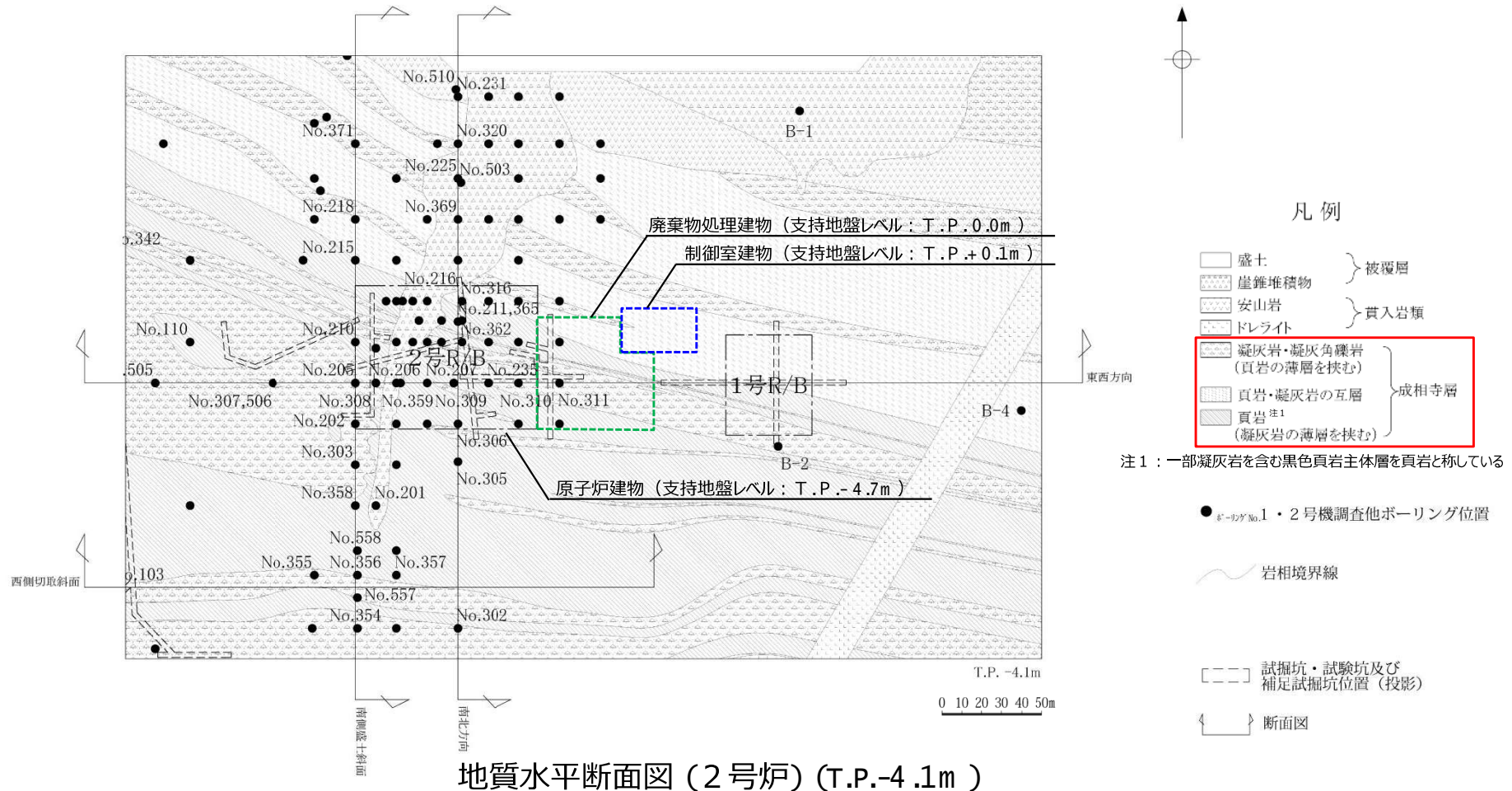
## 論点Ⅱ-1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（2）

#### 2.2 試験位置の選定について

##### (1) 島根原子力発電所2号炉における敷地の地質

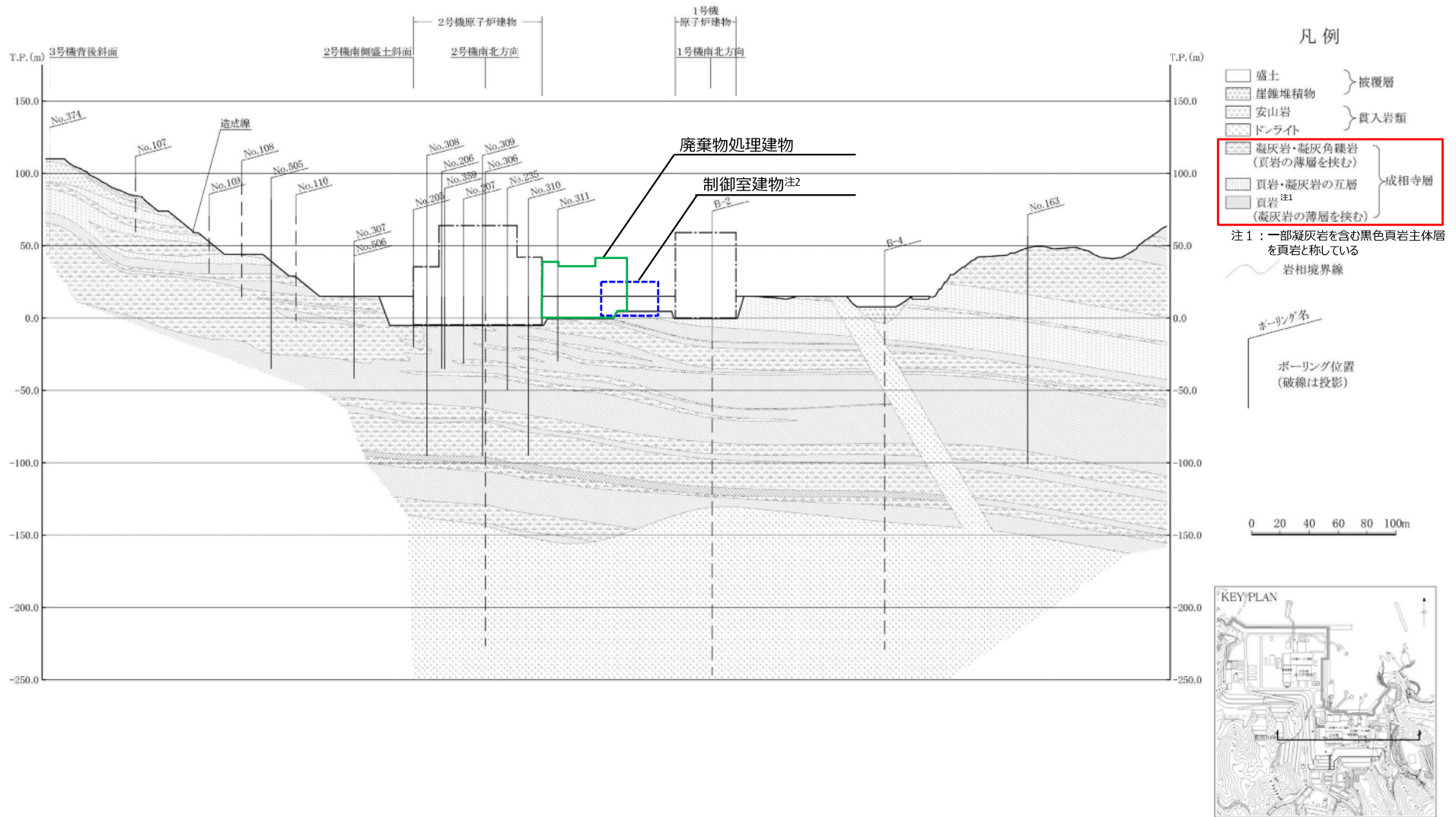
- 島根2号炉における地質水平断面図(T.P.-4.1m)を以下に、地質鉛直断面図を次頁に示す。
- 建物直下地盤は主に黒色頁岩、凝灰岩及びこれらの互層から構成されている。



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ-1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（3）



地質鉛直断面図(東西方向)(2号炉)

注2：制御室建物位置を投影

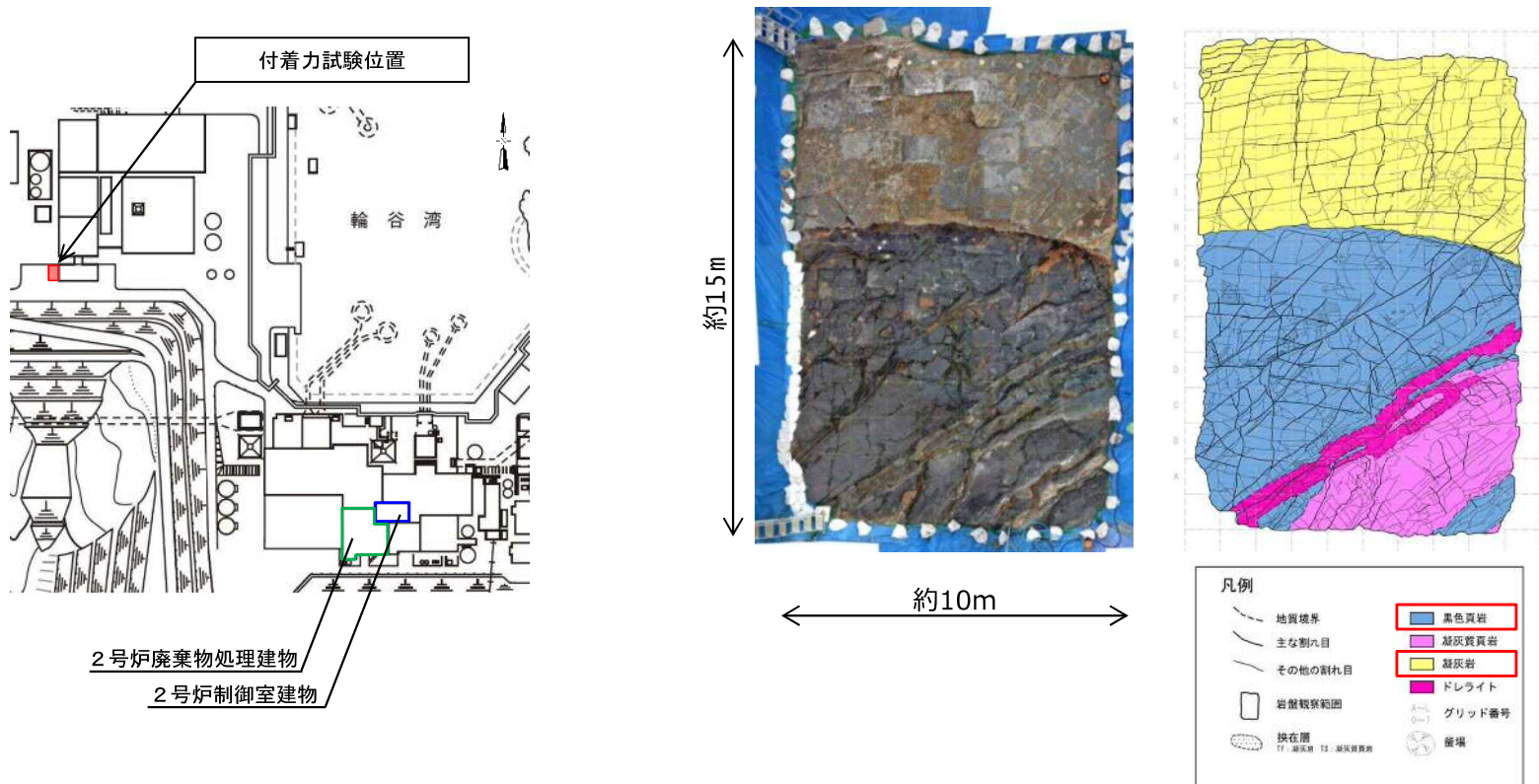
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ - 1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（4）

#### (2) 試験位置

- 建物直下地盤と同等な岩盤(黒色頁岩及び凝灰岩)が現われた箇所(3号炉本館南西)を試験位置として選定した。
- 試験位置及び試験面の状況(写真及びスケッチ)を以下に示す。おおよそ北側半分が凝灰岩，南側半分が黒色頁岩で構成されている。



試験位置

試験面の状況  
(左側：写真，右側：スケッチ図)

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ - 1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

12

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（5）

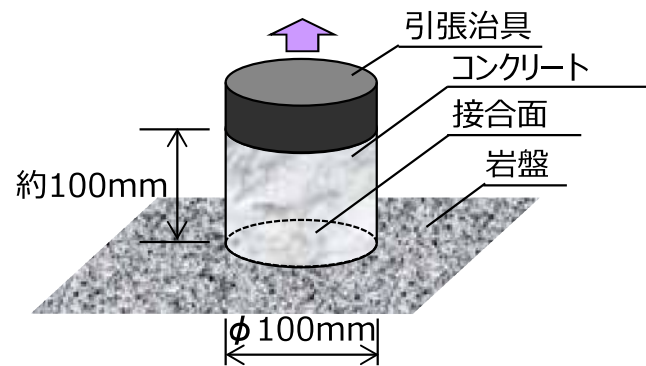
#### 2. 3 試験方法について

##### (1) 岩盤-レベルコンクリート間の付着力試験方法

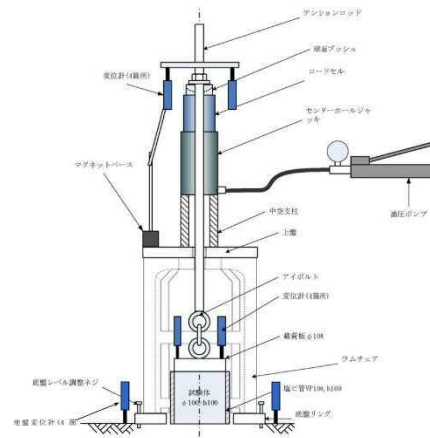
- 試験は、岩盤上(黒色頁岩及び凝灰岩)に $\phi 100\text{mm}$ 、高さ約 $100\text{mm}$ のコンクリート( $F_c=18\text{N}/\text{mm}^2$ )を直接打設し(1岩種あたり12個)、コンクリート上面に取付けた引張治具をロードセルに接続し、岩盤とコンクリート境界面が剥離破壊する際の最大荷重を測定した。
- 試験体の概要及び付着力試験装置の概要を下図に示す。
- なお、付着力 $F_t$ は下式により算出した。

$$F_t = \frac{P}{A}$$

ここで、 $F_t$ ：付着力 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )  
 $P$ ：最大荷重 (N)  
 $A$ ：断面積 ( $\text{mm}^2$ )



試験体の概要



付着力試験装置の概要



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

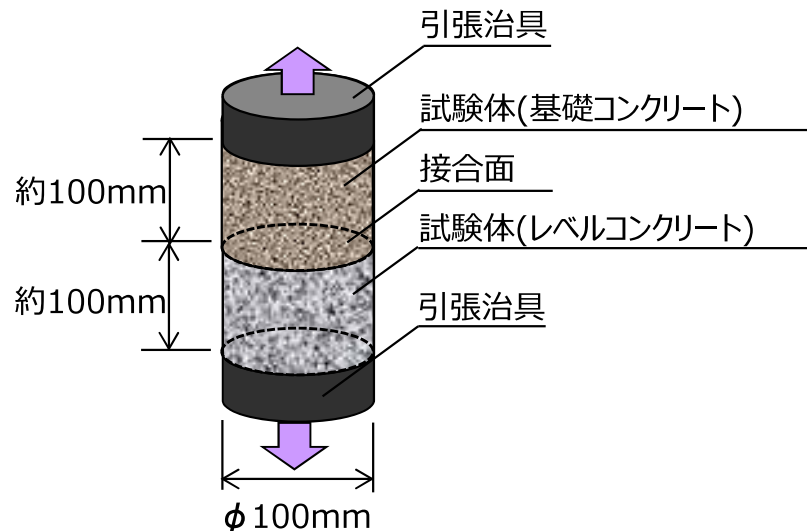
## 論点Ⅱ－1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

13

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（6）

#### (2) レベルコンクリート－基礎コンクリート間の付着力試験方法

- 試験体は、高さ約100mmに打設したレベルコンクリート( $F_c = 18\text{N/mm}^2$ )を7日間養生した後に、その上に高さ約100mmの基礎コンクリート( $F_c = 21\text{N/mm}^2$ )を打設し、 $\phi 100\text{mm} \times$ 高さ200mmの試験体を作製し(12個)、さらに7日間養生した後、室内にて試験を実施した。
- 付着力は、岩盤－レベルコンクリート間の付着試験と同様に、コンクリート相互の境界面が剥離破壊する際の最大荷重を測定し算出した。
- 試験体及び付着力試験方法の概要を下図に示す。



試験体及び付着力試験方法の概要(レベルコンクリート－基礎コンクリート)

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ-1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（7）

#### 2.4 試験結果について

##### (1) 岩盤-レベルコンクリート間の付着力試験結果

- 岩盤-レベルコンクリート間の付着力試験の結果を以下に示す。
- 建物直下地盤は主に黒色頁岩と凝灰岩から構成されていることを踏まえ、岩盤全体として評価した付着力（平均値）は、 $0.98\text{N/mm}^2$ （標準偏差 $0.30\text{N/mm}^2$ ）となった。
- なお、個々の岩盤における付着力の平均値は、黒色頁岩 $0.81\text{N/mm}^2$ （標準偏差 $0.26\text{N/mm}^2$ ）、凝灰岩 $1.15\text{N/mm}^2$ （標準偏差 $0.24\text{N/mm}^2$ ）であった。

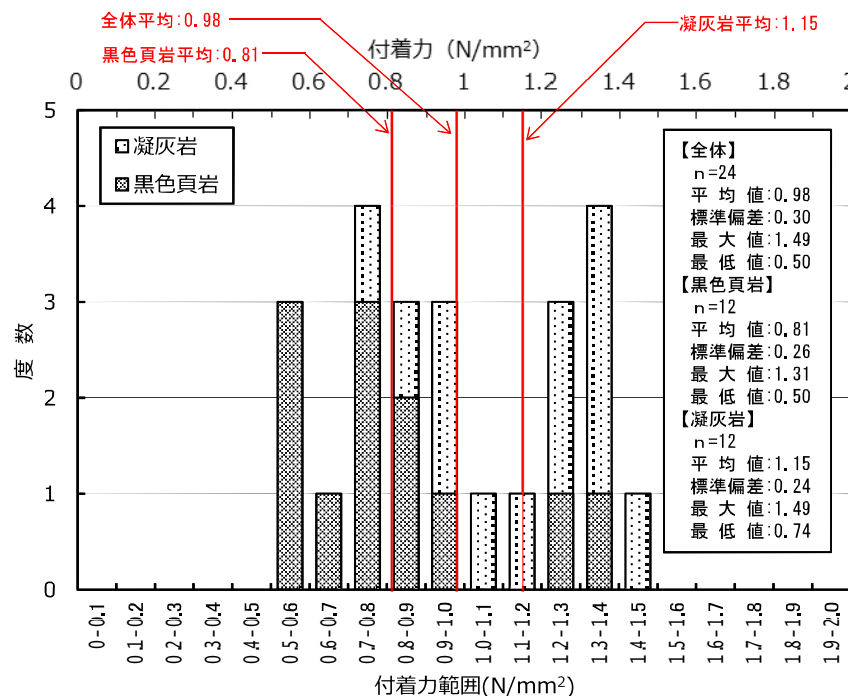
付着力試験の結果(岩盤-レベルコンクリート)

試験体の種類	平均値(N/mm <sup>2</sup> )	
岩盤-レベルコンクリート	0.98	
黒色頁岩-レベルコンクリート		0.81
凝灰岩-レベルコンクリート		1.15



試験後の破断面の状況の例  
(黒色頁岩-レベルコンクリート)

※試験後の破断面に関する考察を  
添付2-1(P19)に示す。



付着力試験の結果(岩盤-レベルコンクリート)

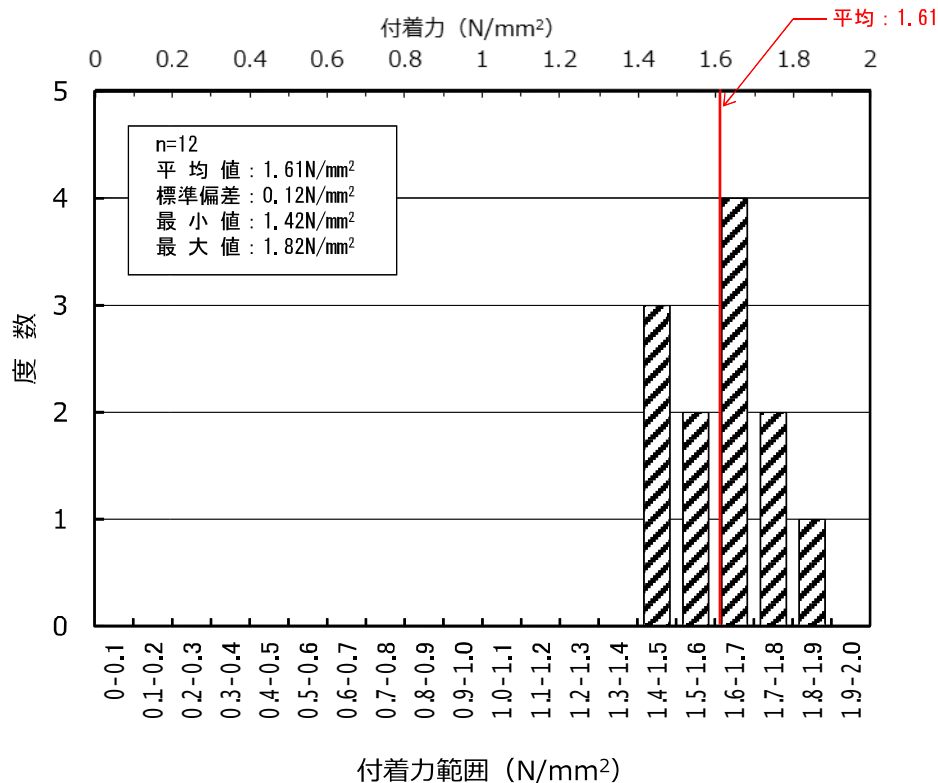
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ－1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（8）

#### (2) レベルコンクリートー基礎コンクリート間の付着力試験結果

- レベルコンクリートー基礎コンクリート間の付着力試験の結果を以下に示す。
- 付着力の平均値は $1.61\text{N/mm}^2$ （標準偏差 $0.12\text{N/mm}^2$ ）であった。



試験後の破断面の状況の例  
(レベルコンクリートー基礎コンクリート)

付着力試験の結果(レベルコンクリートー基礎コンクリート)



# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ-1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

16

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（9）

#### 2. 5 地震応答解析に用いる付着力の設定について

- 「岩盤-レベルコンクリート間の付着力試験」及び「レベルコンクリート-基礎コンクリート間の付着力試験」の試験結果及び設定付着力を下表に示す。
- 「岩盤-レベルコンクリート間の付着力試験」の付着力の方が小さいことから、「岩盤-レベルコンクリート間の付着力試験」の試験結果に基づき地震応答解析に用いる付着力を設定することとし、平均値 $0.98\text{N/m m}^2$ に対して2倍の安全率を考慮した $0.49\text{N/m m}^2$ を採用することとした。
- なお、設定した付着力は、試験結果の最低値( $0.50\text{N/m m}^2$ )を下回る値となっている。

付着力として設定した $0.49\text{N/m m}^2$ という値の保守性について、次頁に示す。

付着力試験の結果及び設定付着力

試験	試験体の種類	平均値 ( $\text{N/m m}^2$ )	設定付着力 ( $\text{N/m m}^2$ )
原位置試験※1	岩盤-レベルコンクリート	0.98	0.49※2
室内試験	レベルコンクリート-基礎コンクリート	1.61	

※1：直接引張試験

※2：「岩盤-レベルコンクリート」と「レベルコンクリート-基礎コンクリート」のうち、平均値の小さい「岩盤-レベルコンクリート」の平均値に対して2倍の安全率を考慮

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ－1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

17

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（10）

#### 2. 6 建物基礎底面の付着力として設定した値の保守性・妥当性について

##### 【付着力として設定した値の保守性について】

- 岩盤物性を用いる解析では一般に数個の試料によって試験を実施し、得られた試験結果の平均値を用いているが、今回実施した付着力試験は試験方法が標準化されていない※<sup>1</sup>ことから、物性値のばらつき、原位置試験の不確実性を踏まえて、平均値をそのまま用いるのではなく、保守性を考慮し、平均値に対して2倍の安全率を考慮した(0.98/2=0.49N/m<sup>2</sup>)。
- なお、設定した付着力は、試験結果の最低値(0.50N/m<sup>2</sup>)を下回る値となっている。
- 設定付着力に関する統計的な考察を添付2-2(P20)に示す。設定付着力(0.49N/m<sup>2</sup>)は、岩盤全体の平均値(0.98N/m<sup>2</sup>)に対して-1.63σに相当する。

※1：地盤工学会において、「岩盤の原位置一軸引張り試験方法」(令和元年6月末で公示終了)が定められ、その適用範囲に「岩盤とコンクリートの付着強さを求める場合にも適用できる。」とされている。今回実施した付着力試験は、本基準に示されているものと同等の試験方法となっていることを確認した。

##### 【標本数の妥当性について】

- 標本数は、JNES報告書の標本数と同様に1岩種あたり12個であるが、他の原位置試験における標本数と比較を行い妥当性を検討する。
- 土木学会指針<sup>(1)</sup>に規定されている原位置における岩盤試験の標本数は、3ないしは4個以上とされている※<sup>2</sup>。また、「岩盤の原位置一軸引張り試験方法」においても3個以上とされている。
- 今回実施した付着力試験では24個の試験体(1岩種あたり12個)を用いていることから、これらと比べても十分な標本数といえる。

※2：土木学会指針に規定された試験の標本数

- 原位置岩盤の平板載荷試験：3個以上
- 原位置岩盤のせん断試験：4個以上
- 岩盤の孔内載荷試験：3点以上

(1) 土木学会：原位置岩盤試験法の指針，2000

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ－1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

### 2. 島根原子力発電所における建物基礎底面の付着力の設定について（11）

#### 2. 6 建物基礎底面の付着力として設定した値の保守性・妥当性について(続き)

##### 【建物直下地盤と試験地盤の差異について】

- ・ 試験地盤として建物直下地盤と同等の岩盤を選定し、物性試験を行った。
- ・ 建物直下地盤と試験地盤の岩盤物性の比較を下表に示す。
- ・ 物性値を比較すると建物直下地盤と試験地盤はほぼ同等である。両者の比較の詳細を添付2－3(P21)に示す。

建物直下地盤と試験地盤の岩盤物性の比較

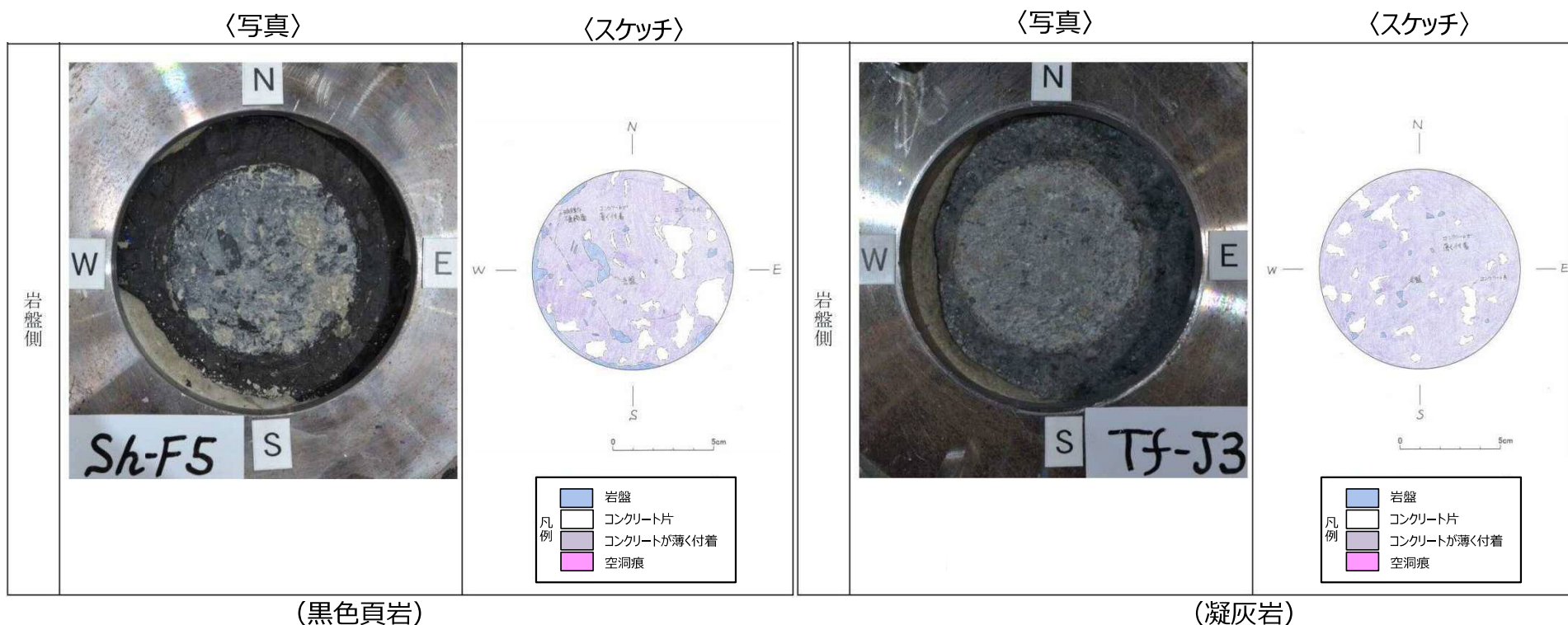
	建物直下地盤※1	試験地盤
岩種	主に黒色頁岩、凝灰岩及びこれらの互層から構成される	黒色頁岩、凝灰岩
弾性波速度 〔建物直下地盤：PS検層 試験地盤：超音波速度測定〕	黒色頁岩 縦波：約4.4 km /s 横波：約2.1 km /s 凝灰岩 縦波：約4.2 km /s 横波：約2.0 km /s	黒色頁岩 縦波：約3.8 km /s 横波：約2.3 km /s 凝灰岩 縦波：約2.9 km /s 横波：約1.5 km /s
圧裂引張強度	黒色頁岩：8.82 N/m m <sup>2</sup> 凝灰岩：9.03 N/m m <sup>2</sup>	黒色頁岩：7.14 N/m m <sup>2</sup> 凝灰岩：9.36 N/m m <sup>2</sup>

※1：2号炉原子炉建物位置のボーリング孔から採取した試料による試験。  
(島根原子力発電所原子炉設置変更許可申請書(平成25年12月25日))

# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ-1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用） （添付2-1）岩盤-レベルコンクリート間における付着力試験実施後の破断面について

- 岩盤-レベルコンクリート間における付着力試験実施後の破断面の状況の例を下図に示す。
- 岩種に関わらず，岩盤面には薄いコンクリートの層が広く付着しているが，破断位置はいずれも岩盤とレベルコンクリートの境界面であったことから，試験値は岩盤とレベルコンクリート間の付着力を示しているといえる。



岩盤-レベルコンクリート間の付着力試験後の破断面の状況の例

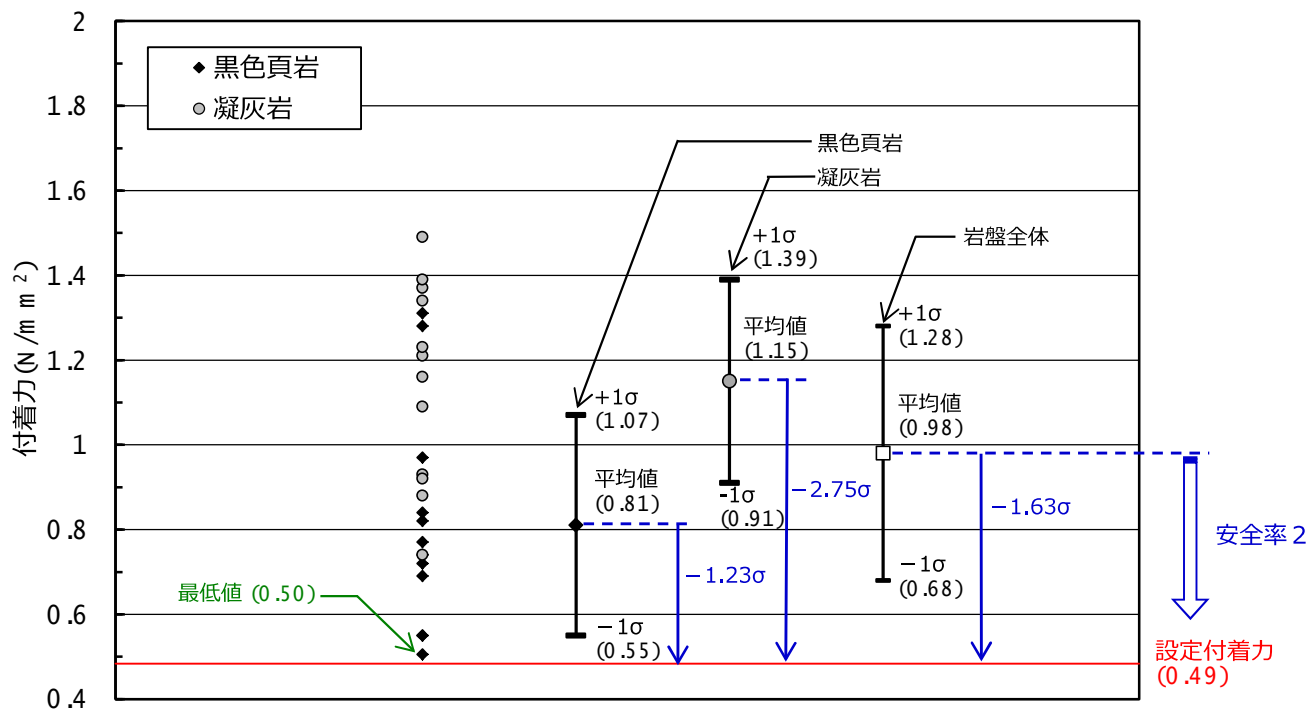
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ-1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）

### （添付2-2）設定付着力に関する統計的な考察について

設定付着力について統計的な観点も含めた考察を以下に示す。

- 岩盤-レベルコンクリート間の付着力試験の結果と設定付着力の関係を下図に示す。
- 設定付着力( $0.49\text{N/m}^2$ )は、全体の試験結果の平均値( $0.98\text{N/m}^2$ )に対して $-1.63\sigma$ に相当する。
- また、岩種毎の試験結果と比較した場合、設定付着力は、黒色頁岩の平均値( $0.81\text{N/m}^2$ )に対して $-1.23\sigma$ 、凝灰岩の平均値( $1.15\text{N/m}^2$ )に対して $-2.75\sigma$ となる。
- なお、試験結果のばらつきについて、岩種毎に評価した場合は試験によるものであるが、岩盤全体として評価した場合には試験によるものと岩種の違いによるものが含まれている。



岩盤-レベルコンクリート間の付着力試験の結果と設定付着力の関係

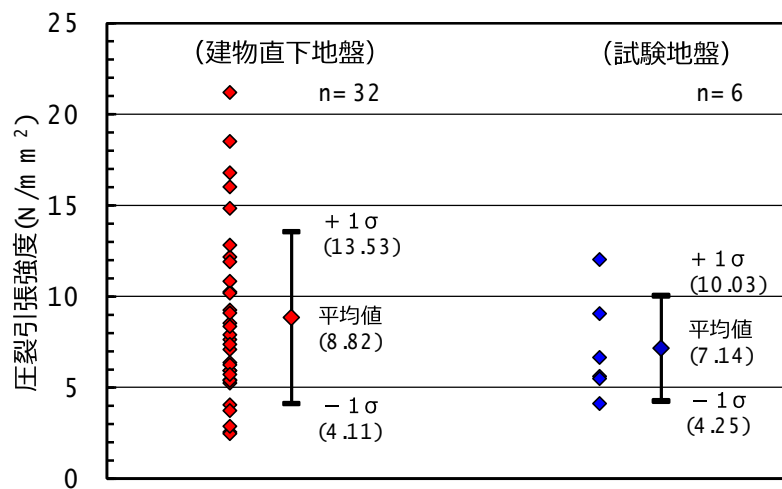
# 審査会合における指摘事項に対する回答【No.5】

## 論点Ⅱ-1 建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用） （添付2-3）試験地盤と建物直下地盤の差異について

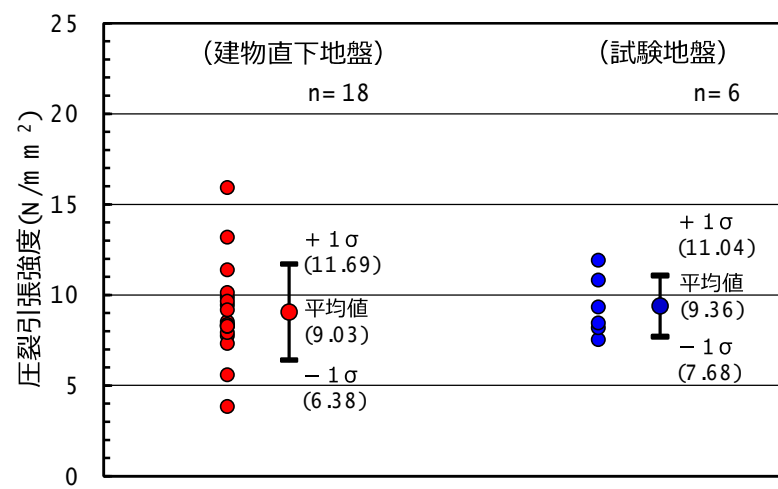
試験地盤は、建物直下地盤(2号炉)から離れているため、両者の差異を確認し試験地盤での付着力試験結果を基に設定した付着力を建物直下地盤に適用することの妥当性を以下に示す。

- JNES報告書によると、付着力は岩盤の圧裂引張強度と相関性があるとされていることから、ここでは圧裂引張強度の比較を行う。
- 建物直下地盤※<sup>1</sup>及び試験地盤における岩種毎の圧裂引張強度の比較を下図に示す。
- 黑色頁岩、凝灰岩とも試験地盤の圧裂引張強度の平均値は、建物直下地盤の圧裂引張強度の平均値と同程度であり、試験地盤の個々の圧裂引張強度は、建物直下地盤の $\pm 1\sigma$ の範囲内に概ね収まっていることから、試験地盤と建物直下地盤は同等の岩盤であると考ええる。

※1：2号炉原子炉建物位置のボーリング孔から採取した試料による試験。（島根原子力発電所原子炉設置変更許可申請書(平成25年12月25日)）



黑色頁岩



凝灰岩

試験地盤及び建物直下地盤における黑色頁岩及び凝灰岩の圧裂引張強度の比較