

## せん断力分配解析モデルの違いによる分配率の比較について

### 1. 概要

今回工認では、基礎盤の耐震健全性評価に用いる耐震壁から作用する地震力は、シェル壁、内部ボックス壁、外部ボックス壁に分配し、基礎盤の応力解析モデルに入力している。なお、地震力の分配にあたっては、建設時工認で用いた分配比を用いている。

補足説明資料「補足-370-11 原子炉建屋の耐震性評価に関する補足説明 別紙 建設工認時のせん断力分配解析について」では、建設時工認モデル（以下「床剛モデル」という）、床剛モデルにねじり補正を考慮したモデル（以下「床剛ねじり考慮」という）、及び床の柔性を考慮した床柔モデルの結果を比較し、シェル壁や内部ボックスに分配される地震力の比較を示している。

ここでは、さらに、3次元FEMモデルを用いて地震力の分配率を算定し、既往の分配率と比較を行う。

### 2. 評価手法

3次元FEMモデルを用いた地震力の分配率の算定には、補足説明資料「補足-340-7 水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討について 別紙3 3次元FEMモデルによる地震応答解析」で用いた「建屋模擬モデル（床柔、相互作用考慮）」を用いる。解析モデルを図2-1に、使用材料の物性値を表2-1に示す。

入力地震動は $S_d-D1$ とし、NS方向、EW方向のそれぞれ方向に加振し、基礎盤直上の耐震壁の要素の断面力の合計が最大となる時刻における各耐震壁の分配率を算定する。なお、内部ボックス壁及び外部ボックス壁については、フランジ部についても全長を考慮することとし、各フランジ部が負担する面外せん断力及び曲げモーメントは直交する壁に等分して加算する。また、曲げモーメントは、各耐震壁を構成する要素に発生する鉛直方向の断面力に、シェル壁、内部ボックス壁及び外部ボックス壁それぞれの図心位置から各要素中心までの距離を乗じ、これらを合計することで算定する。

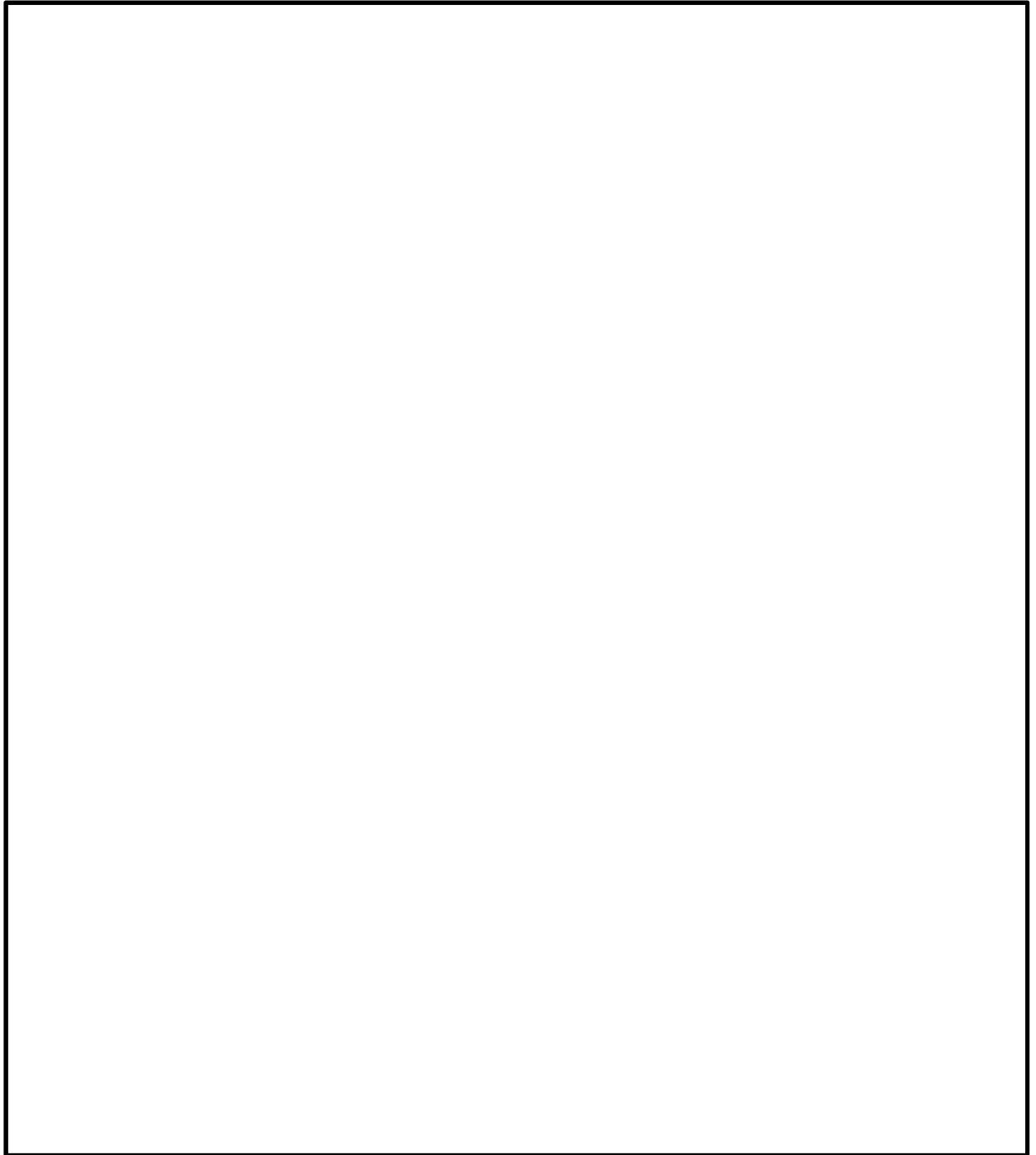


図 2-1 解析モデル

表 2-1 使用材料の物性値

部位	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート部	$2.21 \times 10^4$	5
鉄骨部	$2.05 \times 10^5$	2

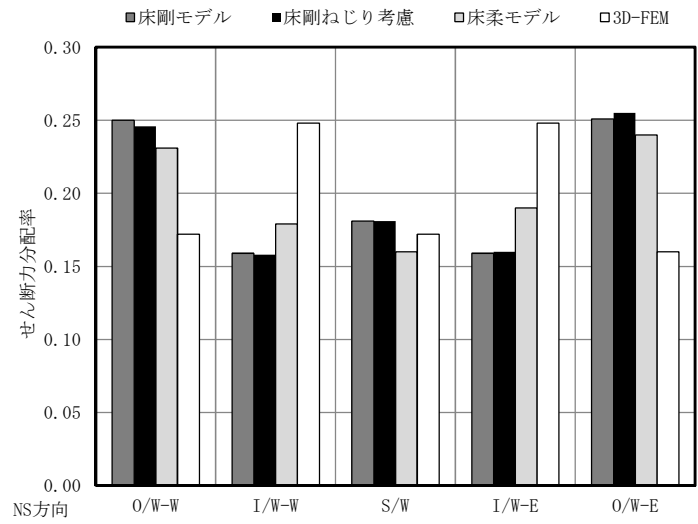
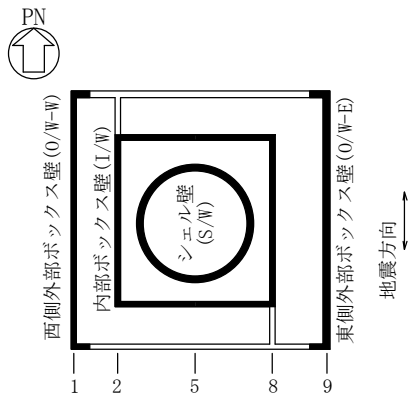
### 3. 評価結果

各耐震壁のせん断力及び曲げモーメントの分配率を図 3-1 及び図 3-2 に示す。図には、床剛モデル、床剛ねじり考慮、床柔モデルの分配率も併せて示す。ただし、これらの分配率は建設時工認の地震力 ( $S_1^*$ ) により求めた分配率である。

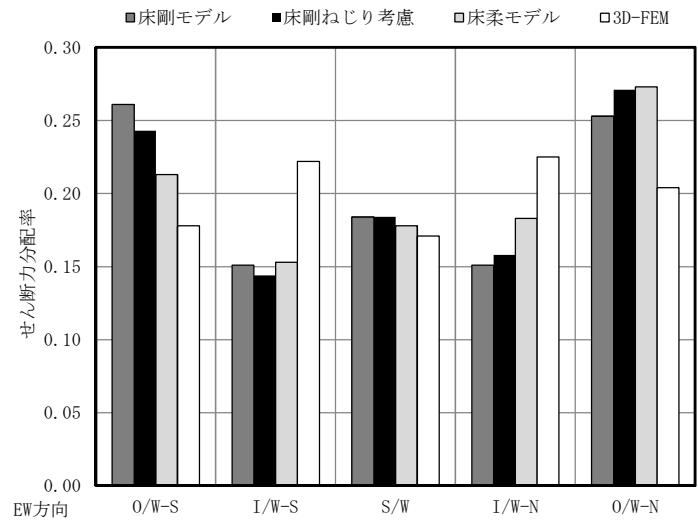
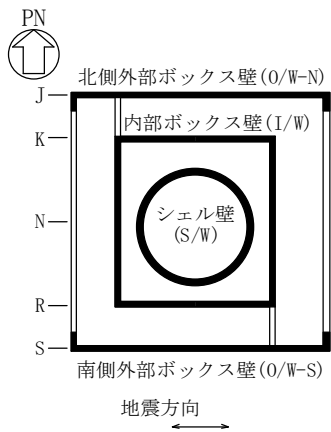
図に示すように、3次元FEMモデルを用いた場合には、既往のせん断力分配解析モデルに比べ、せん断力では内部ボックス壁の分配率が上がり外部ボックス壁の分配率が下がる結果となり、曲げモーメントでは外部ボックス壁の分配率が上がりシェル壁及び内部ボックス壁の分配率が下がる結果となった。

曲げモーメントについては、既往の解析モデルでは、各壁間では曲げを伝達しないのに対し、3次元FEMでは、床のねじり剛性や補助壁の鉛直方向の面内せん断剛性等により各壁間で曲げモーメントが伝達されること、既往モデルで想定した外部ボックス壁のフランジ部の協力幅に比べ3次元FEMのフランジ部の協力幅が広いことなどが理由と考えられる。

また、内部ボックス壁及び外部ボックス壁におけるせん断力の分配率の増減は、曲げモーメントの分配率の増減に反する傾向となっている。3次元FEMでは床の柔性を考慮しているものの、各階の耐震壁の水平変位は床剛モデルと同様にほぼ同一となるため、各壁が負担する曲げモーメントの増減に伴い曲げ変形が増減し、曲げ変形が増大した壁ではせん断変形が減少し、曲げ変形が減少した壁ではせん断変形が増大する結果となる。このため、曲げモーメントの分配率とは逆にせん断の分配率が増減したものと考えられる。

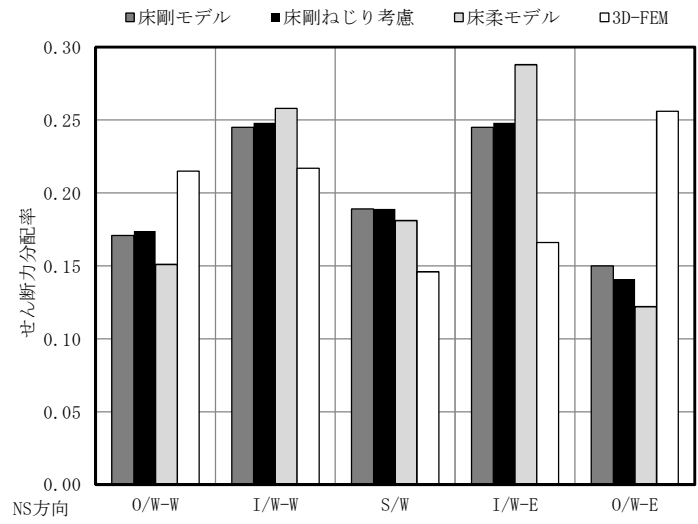
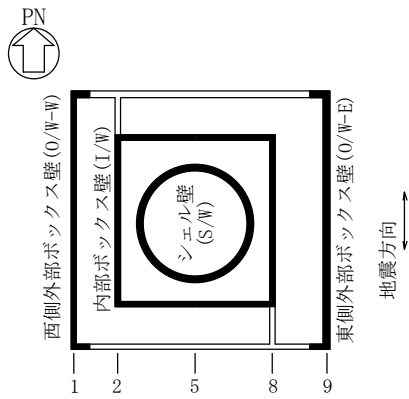


(a) NS 方向

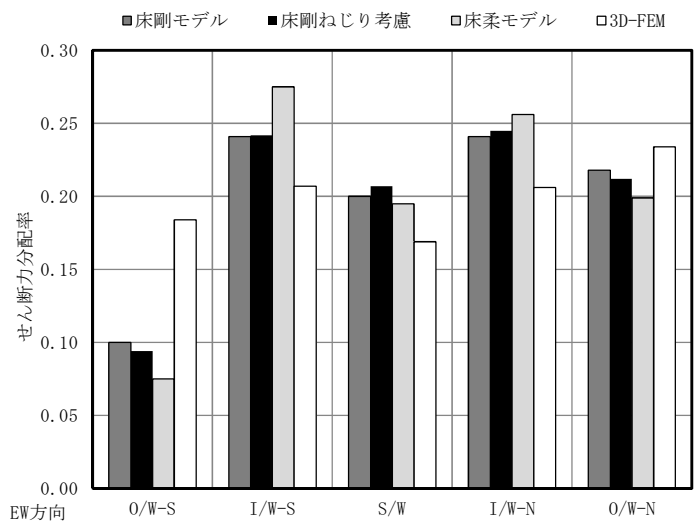
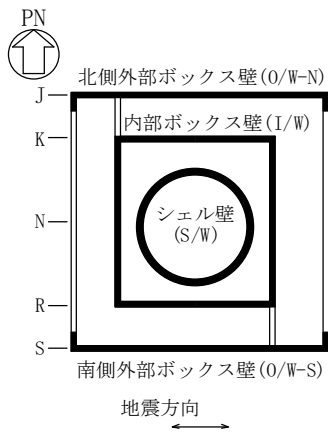


(b) EW 方向

図 3-1 せん断力の分配率の比較



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 3-2 曲げモーメントの分配率の比較

#### 4. 基礎盤への影響検討

3次元FEMモデルによる地震力の分配率は、既往のせん断力分配解析モデルを用いた場合に比べ、内部ボックス壁と外部ボックス壁の傾向が異なることが確認できた。ここでは、分配率の相違が、基礎盤の耐震健全性評価に与える影響について確認する。

検討は、添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震計算書」で実施した荷重組合せケース「地震時(2)」及び添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」で実施した荷重組合せケース「S<sub>0</sub>地震時」について、地震荷重の分配率を変更した応力解析を実施し、許容値に対する発生値の比率を比較した。なお、地震荷重以外の荷重条件、断面の評価方法は上記に示す添付書類と同一である。

荷重組合せケースを表4-1に、検定比の比較を図4-1及び図4-2に示す。底部コンクリートマットでは、分配率変更前後でほぼ同等の検定比となっているが、原子炉棟基礎及び附属棟基礎では分配率変更前が保守的な結果となっている。これは、基礎盤の評価において検定比の厳しい基礎盤の面外方向の応力を発生させる建屋中心に位置するシェル壁や内部ボックス壁の曲げモーメントについて分配率変更前の方が分配率を大きく評価しているためである。

以上より、基礎盤の評価においては、既往のせん断力分配解析モデルに基づく分配比を用いた検討が保守的な評価となっていることを確認した。

表 4-1 荷重の組合せケース

荷重状態	荷重時名称	ケース No. ※	荷重の組合せ
IV	地震時 (2)	3-1 (2-1)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		3-2 (2-2)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		3-3 (2-3)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sSN} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		3-4 (2-4)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sWE} + 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		3-5 (2-5)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		3-6 (2-6)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		3-7 (2-7)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sSN} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sNS}$
		3-8 (2-8)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 1.0K_{sWE} - 0.4K_{sDU} + 1.0E_{sEW}$
		3-9 (2-9)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		3-10 (2-10)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
		3-11 (2-11)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sSN} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		3-12 (2-12)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sWE} + 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
		3-13 (2-13)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		3-14 (2-14)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 + 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$
		3-15 (2-15)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sSN} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sNS}$
		3-16 (2-16)	$DL + E_0 + P_1 + H_1 - 0.4K_{sWE} - 1.0K_{sDU} + 0.4E_{sEW}$

DL : 死荷重及び活荷重 (地震時の積雪荷重を含む)

$E_0$  : 常時土圧荷重

$E_s$  : 地震時増分土圧荷重

$K_s$  : 地震荷重

$P_1$  : 運転時圧力※

$H_1$  : 逃がし安全弁作動時荷重

※ : 添付書類「V-2-9-2-2 原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震計算書」におけるケース No. を, ( ) 内は添付書類「V-2-9-3-4 原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」におけるケース No. を示す。

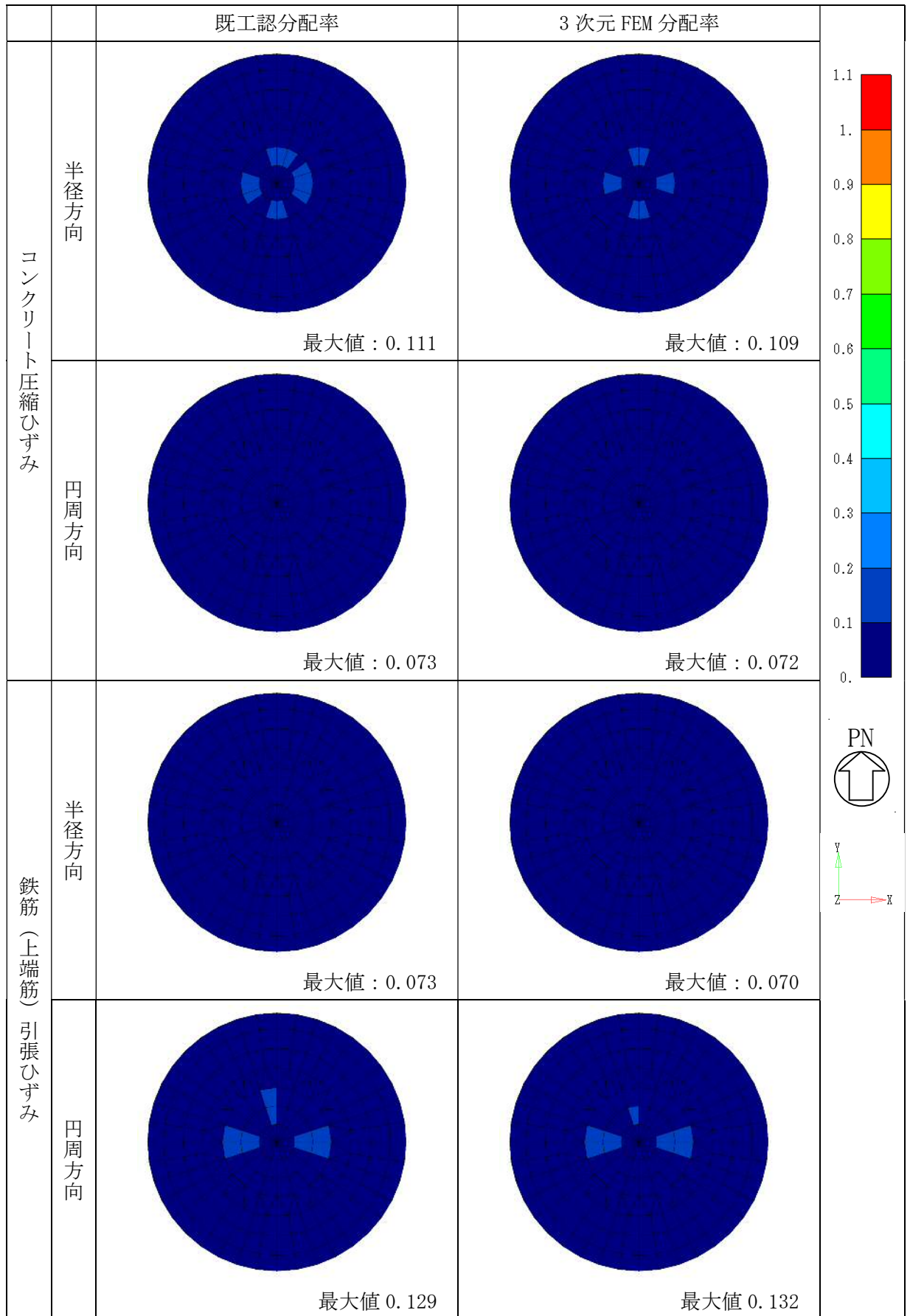


図 4-1 (1/2) 原子炉格納容器底部コンクリートマットの検定比比較



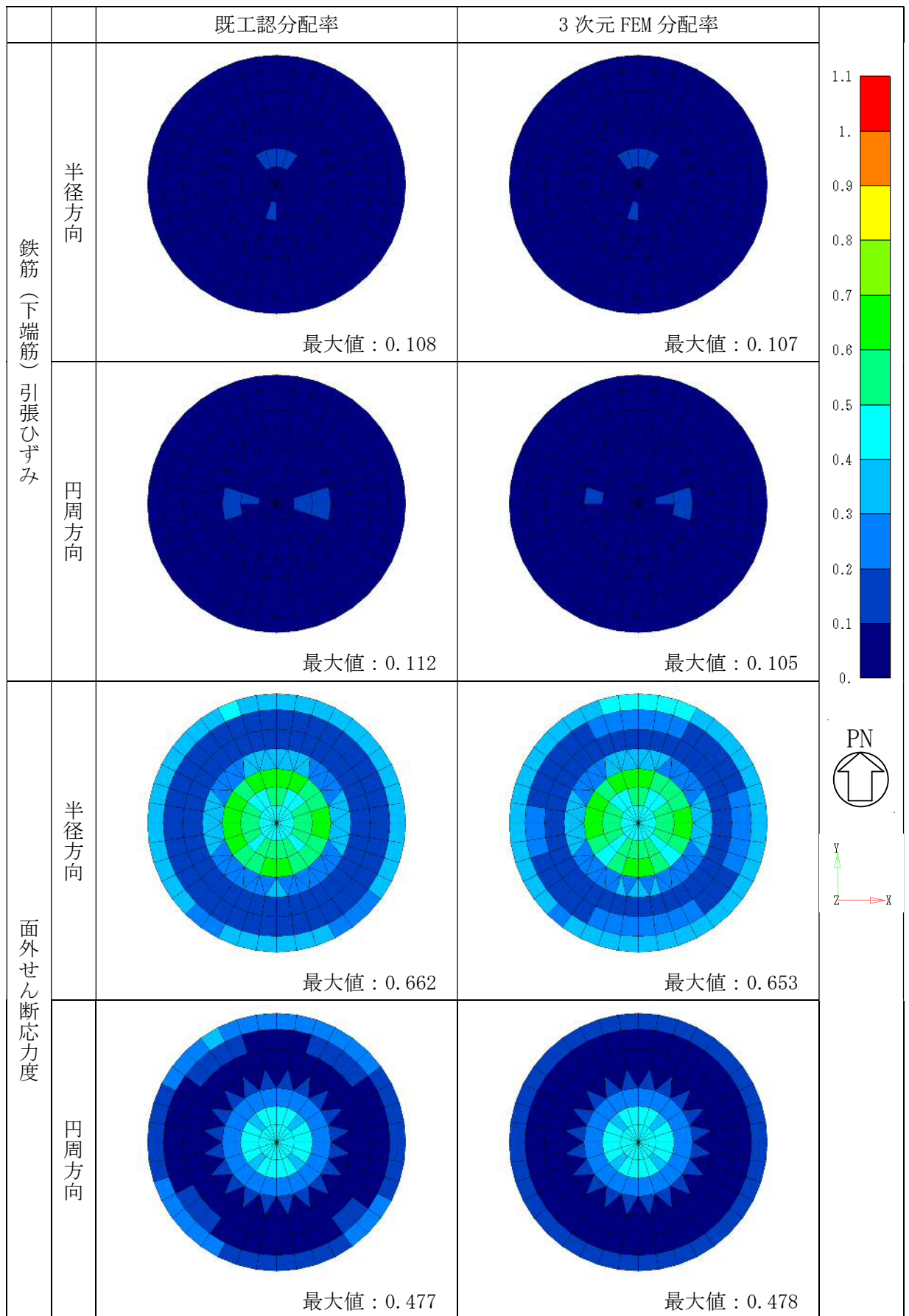


図 4-1 (2/2) 原子炉格納容器底部コンクリートマットの検定比比較

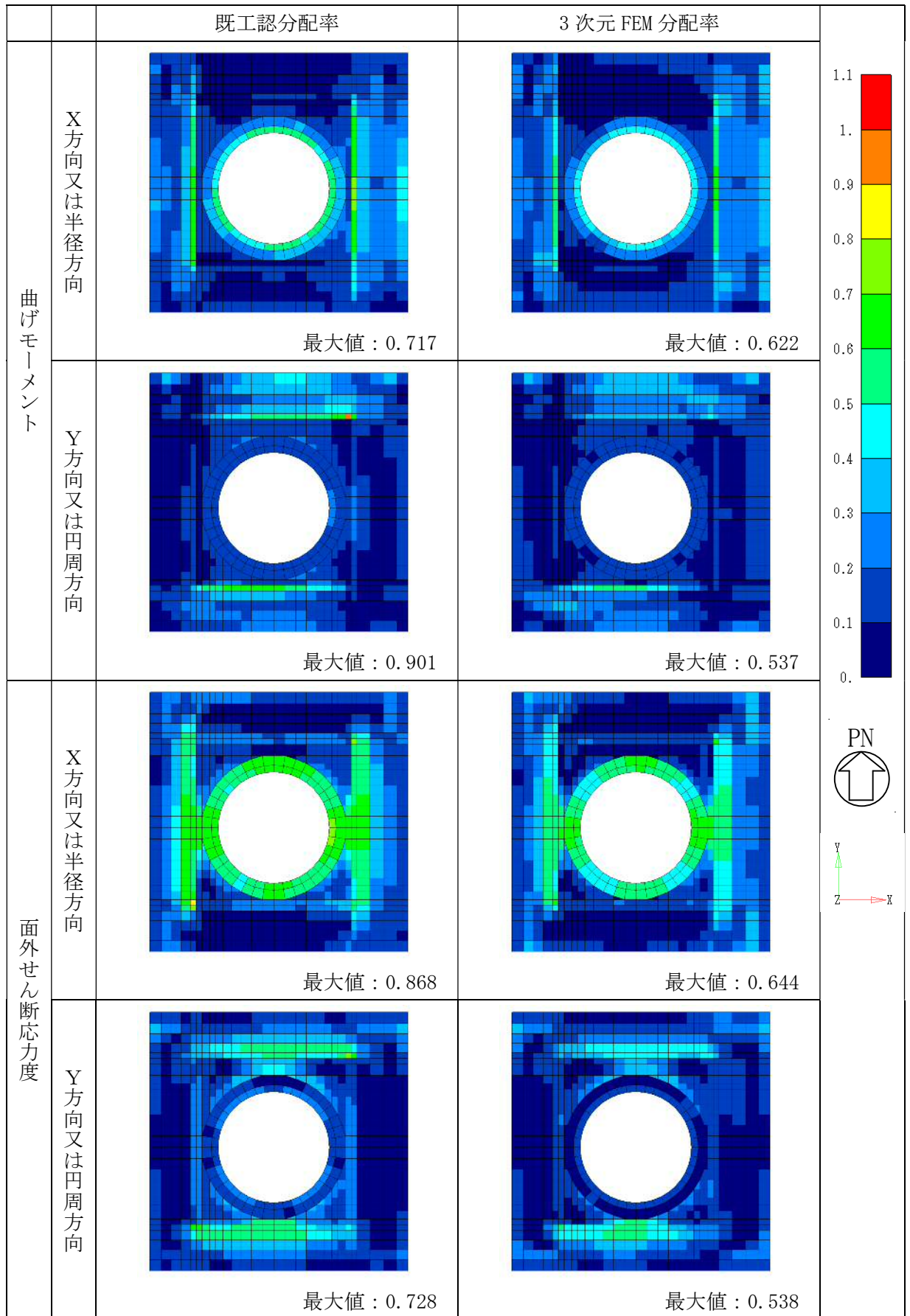


図 4-2 原子炉棟基礎及び付属棟基礎の検定比比較