

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-9_改1
提出年月日	2021年6月14日

補足-610-9 【制御建屋の耐震性についての計算書に関する
補足説明資料】

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-2-4 制御建屋の耐震性についての計算書」, 「VI-2-8-4-3 中央制御室しゃへい壁の耐震性についての計算書」及び「VI-2-8-4-4 中央制御室待避所遮蔽の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙1 応力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 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件の考え方

別紙3 地震荷重の入力方法

別紙4 応力解析における断面の評価部位の選定

別紙5 最大接地圧について

別紙6 応力解析における応力平均化の考え方

別紙7 剛性低下を考慮した影響検討

別紙8 中央制御室しゃへい壁及び中央制御室待避所遮蔽についての補足説明資料

別紙8-1 中央制御室しゃへい壁及び中央制御室待避所遮蔽のスラブの固有値解析結果

 本日の説明範囲

別紙 8 中央制御室しゃへい壁及び中央制御室待避所遮蔽についての
補足説明資料

目 次

1. 概要 別紙 8-11
2. 評価方針 別紙 8-22
3. 評価部位の選定 別紙 8-33

別紙 8-1 中央制御室しゃへい壁及び中央制御室待避所遮蔽のスラブの固有値解析結果

1. 概要

本資料は、添付資料「VI-2-8-4-3 中央制御室しゃへい壁の耐震性についての計算書」に示す中央制御室しゃへい壁を構成するスラブの応力解析における断面の評価部位の選定について示すものである。

2. 評価方針

屋根スラブについては、1 方向スラブまたは四辺固定版としてモデル化し、スパンがほぼ均等なスラブの外端がスラブに比べて十分剛性の大きい RC 壁又ははりに支持されることから、両端固定として評価する。

床スラブについては、床スラブ周辺の境界条件を考慮して四辺固定版として評価する。

3. 評価部位の選定

選定部位については、中央制御室のある 3F (O. P. 22. 95m) の床スラブ及び天井スラブに相当する RF (O. P. 29. 15m) のスラブの種類ごとに、スパンや設計荷重が大きく断面評価上最も厳しくなる部位とした。

中央制御室しゃへい壁を構成するスラブの設計荷重(積載荷重P)を図 3-1 に、評価における荷重の組合せケースを表 3-1 に、中央制御室しゃへい壁を構成するスラブの位置及び断面の評価位置を図 3-2 及び図 3-3 に、スラブ厚及び配筋一覧を表 3-2 及び表 3-3 に示す。

各評価項目の検定値一覧を表 3-4 に、断面力評価が最も厳しくなる評価位置及び断面の評価結果を図 3-4 に示す。

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7
cA	6.2	10.4	9.6	8.4	6.0	6.3	
cB	6.1	12.0	11.6	9.6	7.2	6.9	
cC	5.8	11.3	10.9	11.5	12.0	11.2	
cD	6.8	10.7	12.3	11.2	12.4	9.6	
cE	6.7	11.4	11.9	10.9	11.7	9.6	
cF							

(単位：kN/m²)

(a) 3F O.P. 22.95m

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7
cA	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
cB	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
cC	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
cD	4.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
cE	4.0	4.0	2.3	2.3	2.3	2.3	
cF							

(単位：kN/m²)

(b) RF O.P. 29.15m

図 3-1 中央制御室しゃへい壁を構成するスラブの設計荷重 (積載荷重P)

表 3-1 荷重の組合せケース

外力の状態	荷重の組合せ
S s 地震時	(1 + K v)(G + P)

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K v : 鉛直震度

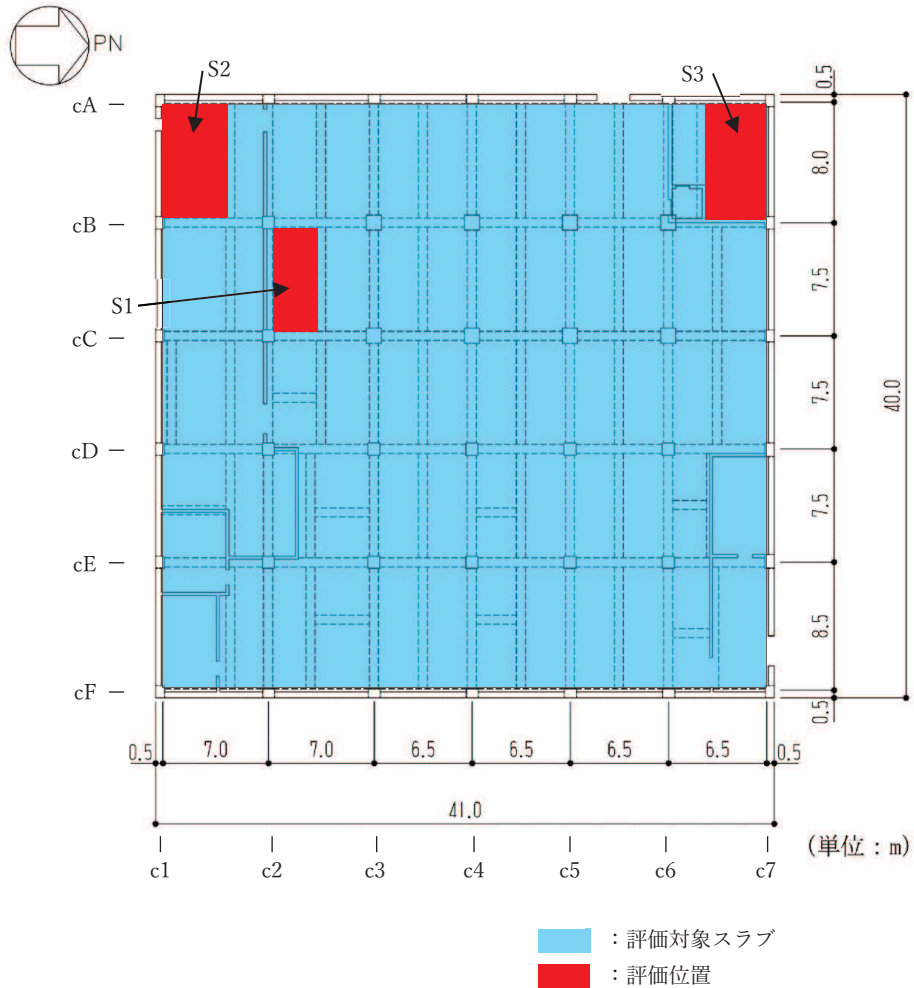
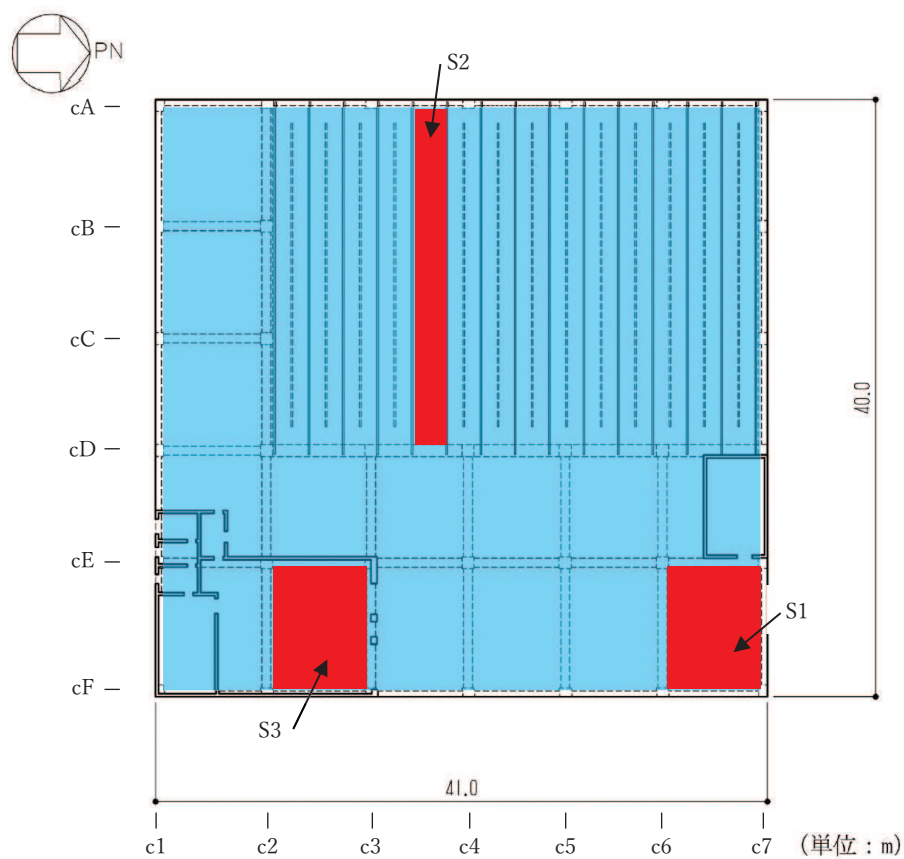


図 3-2 中央制御室しゃへい壁を構成するスラブの位置及び断面の評価位置
(3F 0. P. 22. 95m)

表 3-2 スラブ厚及び配筋一覧 (3F 0. P. 22. 95m)

符号	スラブ厚 (mm)	配筋 (上下共)	
		NS 方向	EW 方向
S1	300	D16@200	D16@200
S2	300	D19@200	D19@200
S3	400	D19@200	D19@200



: 評価対象スラブ
 : 評価位置

図 3-3 中央制御室しゃへい壁を構成するスラブの位置及び断面の評価位置 (RF 0. P. 29. 15m)

表 3-3 スラブ厚及び配筋一覧 (RF 0. P. 29. 15m)

符号	スラブ厚 (mm)	配筋 (上下共)	
		NS 方向	EW 方向
S1	300	D16@200	D16@200
S2	300	D16@200	D16@200
S3	300	D19@200	D19@200

表 3-4 各評価項目の検定値一覧

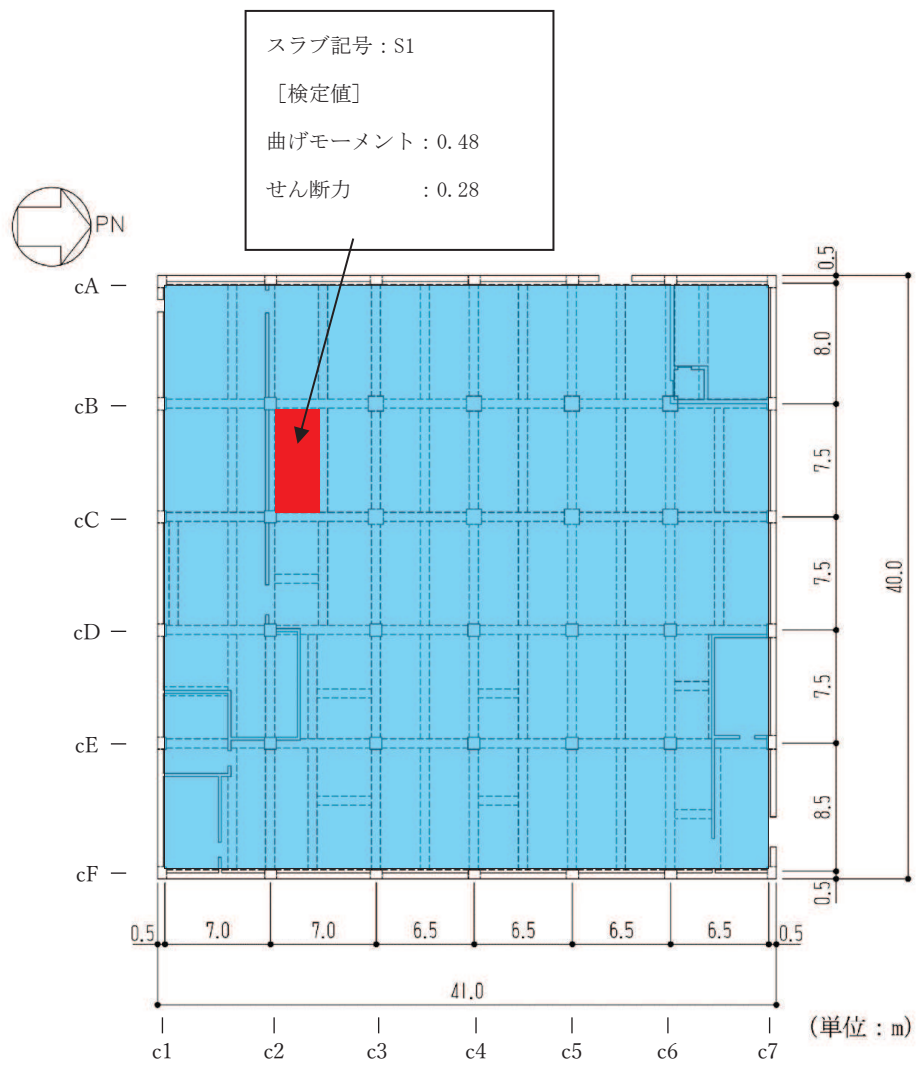
(a) 3F O.P. 22.95m

符号	検定値	
	曲げモーメント	せん断力
S1	0.48	0.28
S2	0.47	0.30
S3	0.36	0.24

(b) RF O.P. 29.15m

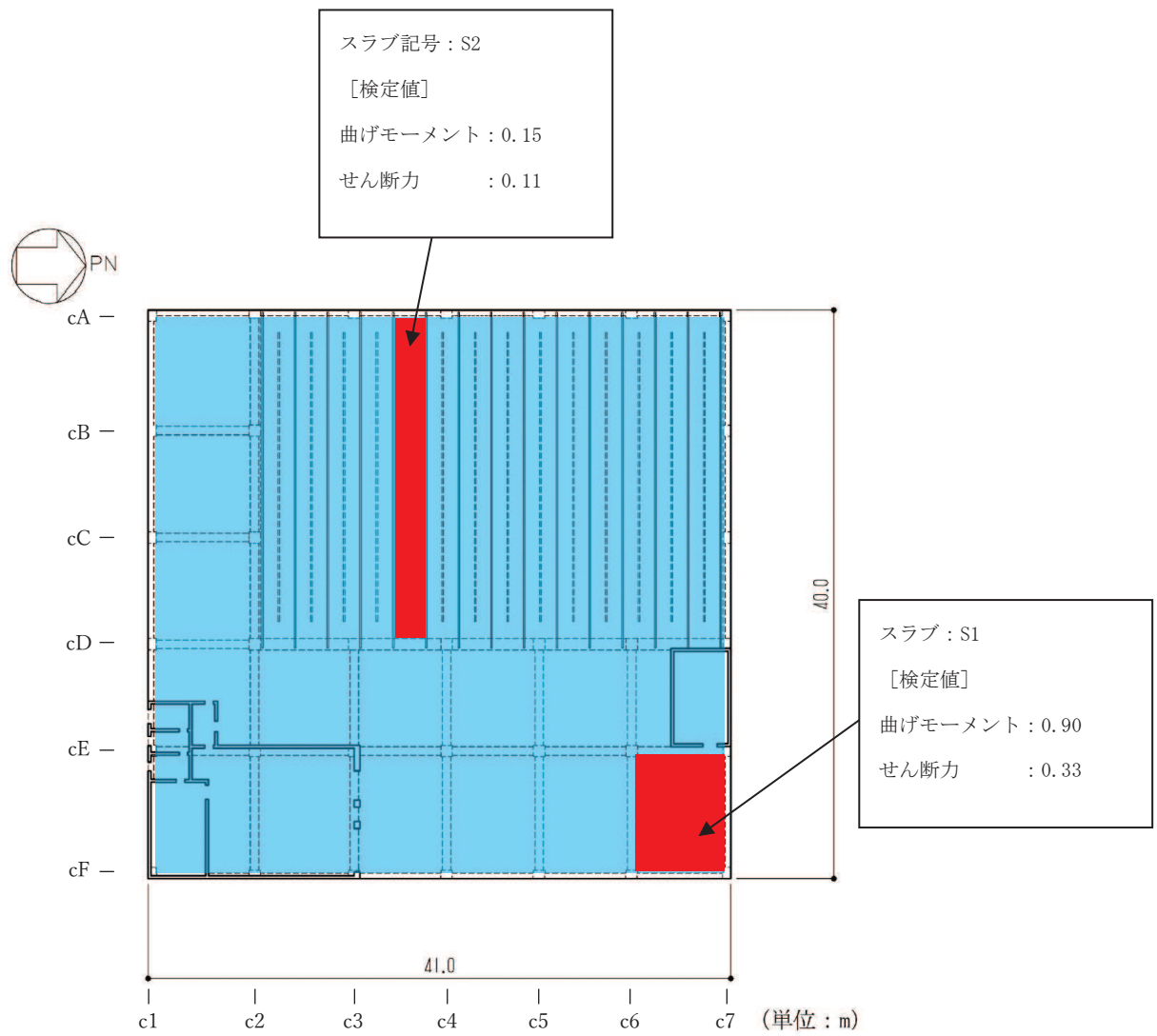
符号	検定値	
	曲げモーメント	せん断力
S1	0.90	0.33
S2	0.15	0.11
S3	0.77	0.41

注：ハッチングは各評価位置の検定値のうち最も大きい値を表示



(a) 3F O.P. 22.95m

図 3-4(1) 断面の評価位置及び評価結果(1/2)



(b) RF 0. P. 29. 15m

図 3-4(2) 断面の評価位置及び評価結果 (2/2)

別紙 8-1 中央制御室しゃへい壁及び中央制御室待避所遮蔽のスラブの
固有値解析結果

目 次

1. 概要	別紙 8-1- 1
2. 評価方針	別紙 8-1- 2
3. 振動特性の確認	別紙 8-1- 3
3.1 解析方法	別紙 8-1- 3
3.2 固有値解析結果	別紙 8-1-10

1. 概要

本資料は、添付資料「VI-2-8-4-3 中央制御室しゃへい壁の耐震性についての計算書」及び添付資料「VI-2-8-4-4 中央制御室待避所遮蔽の耐震性についての計算書」におけるスラブの鉛直地震力に対する耐震評価を補足的に説明するものである。

2. 評価方針

中央制御室しゃへい壁及び中央制御室待避所遮蔽並びに中央制御室バウンダリを構成するスラブは遮蔽性及び気密性を維持するための構成部材の一つであり、基準地震動 S_s による地震力に対し機能維持が求められている。

地震時の機能維持の確認では、当該スラブは十分に剛であるとし、地震荷重は質点系モデルにおいて、当該部が位置する質点の鉛直方向の応答値を用いている。

ここでは、当該スラブの支持条件を適切にモデル化した 3 次元 FEM モデルを用いた固有値解析により当該スラブの振動特性を確認する。

3. 振動特性の確認

3.1 解析方法

評価対象部位の振動性状の確認は、3次元 FEM モデルを用いた固有値解析により行う。

図 3-1 に示す耐震壁及び大ばりで囲まれたスラブの範囲のうち、スラブのスパンから判断して、鉛直方向地震力による増幅の影響が最も大きいと思われる部位を評価対象部位としてモデル化する。また、大ばりについても幅の半分をモデル化し、はりの柔性の影響を考慮する。解析モデルに使用する FEM 要素は、形状及び厚さを踏まえたシェル要素とする。境界条件は、添付書類「VI-2-8-4-3 中央制御室しゃへい壁の耐震性についての計算書」では、はりもしくは耐震壁に支持されている状況に応じ、4 辺固定版または両端固定ばりとしてモデル化している。本検討における境界条件は、壁で支持されている範囲は固定とし、はりの上部もしくは下部に壁がない大ばり及び小ばりは、鉛直方向のみ自由とする。ただし、添付書類「VI-2-8-4-4 中央制御室待避所遮蔽の耐震性についての計算書」に示す、待避所の天井スラブについては、同厚の壁で直接支持されているため、固定とはせず回転は自由とする。

固有値解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。ただし、天井スラブ②については一方向スラブとして理論値により算定する。

材料物性値を表 3-1 に、解析モデルを図 3-2 に示す。

表 3-1 鉄筋コンクリートの物性値

コンクリートの 設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
32.4	2.51×10^4	0.2

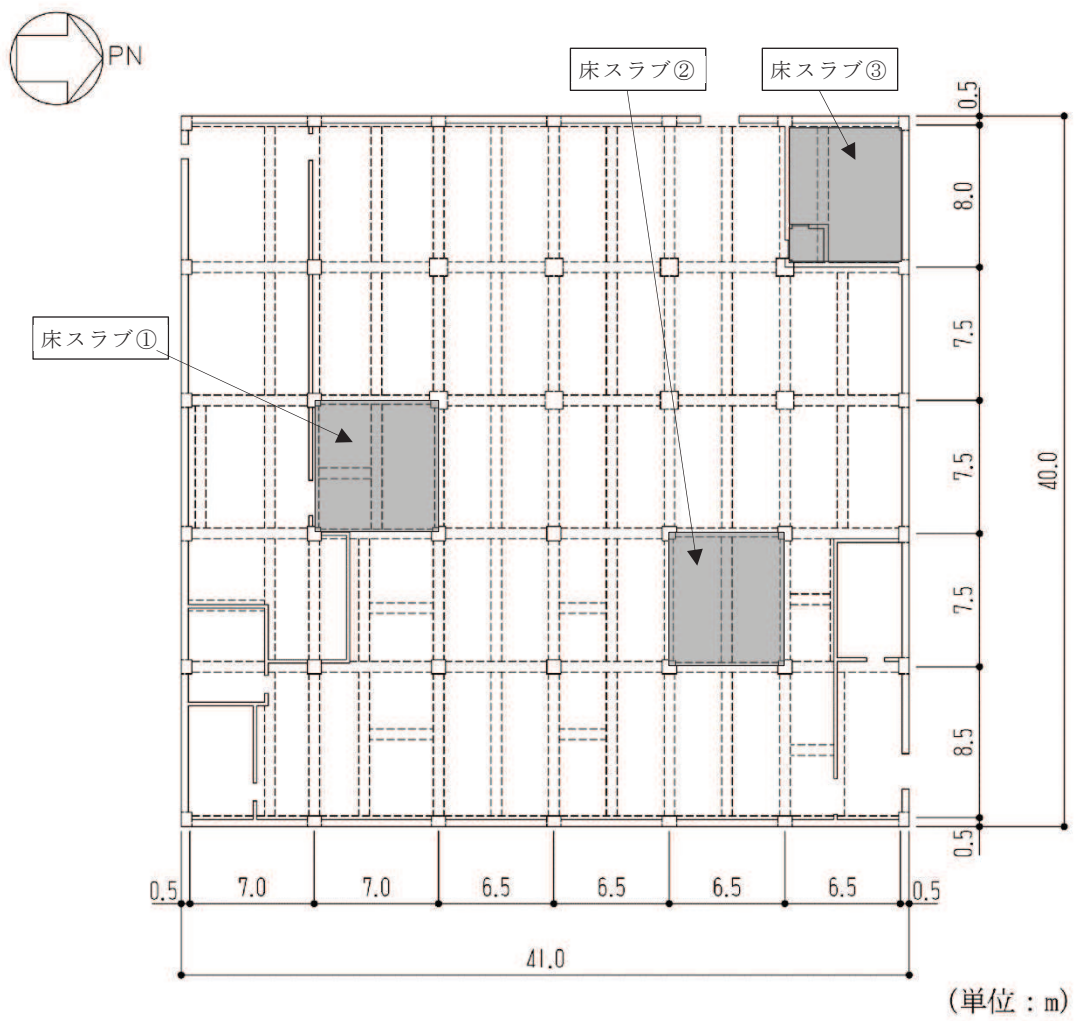


図 3-1(1) スラブの評価を記載する部材の位置 (3F 0.P. 22.95m)

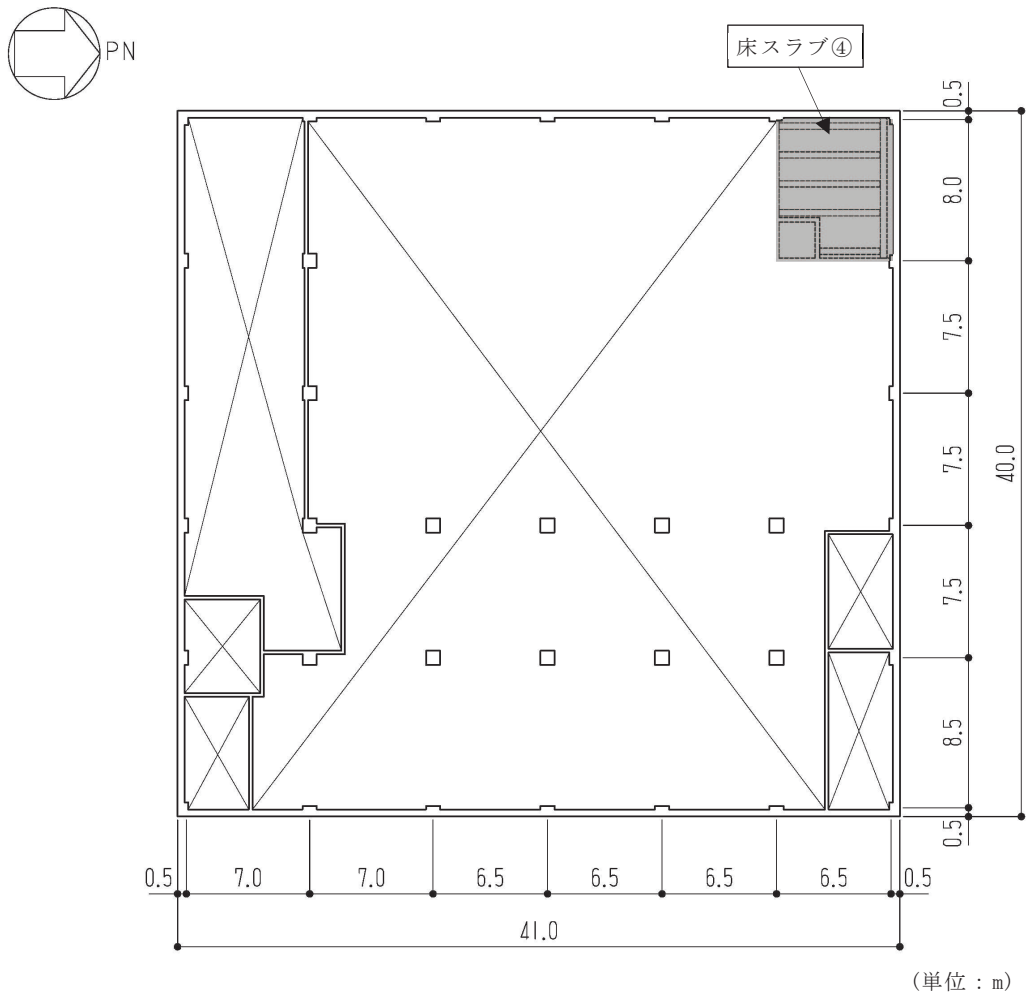
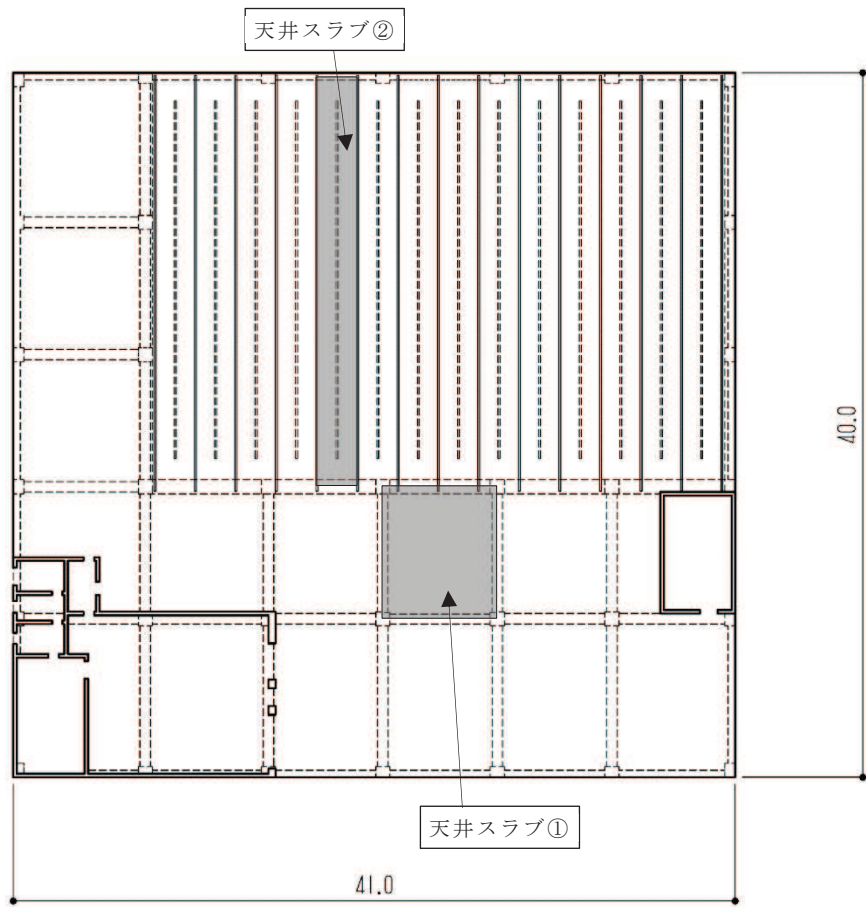
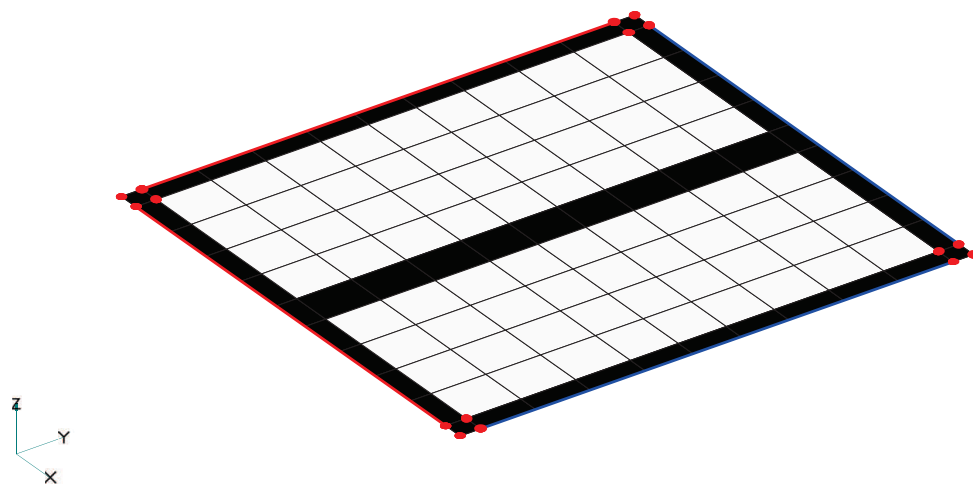


図 3-1(2) スラブの評価を記載する部材の位置 (O. P. 26. 50m)

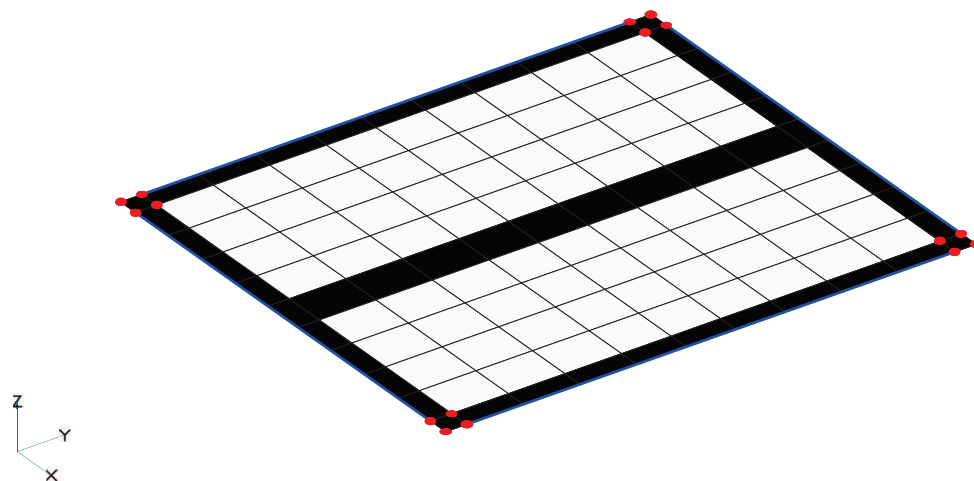


(単位：m)

図 3-1(3) スラブの評価を記載する部材の位置 (RF 0.P. 29.15m)



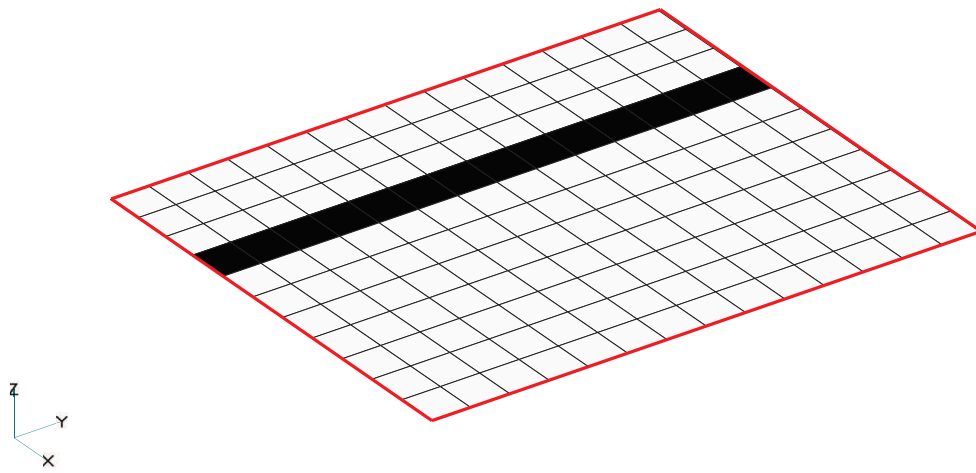
(a) 床スラブ①



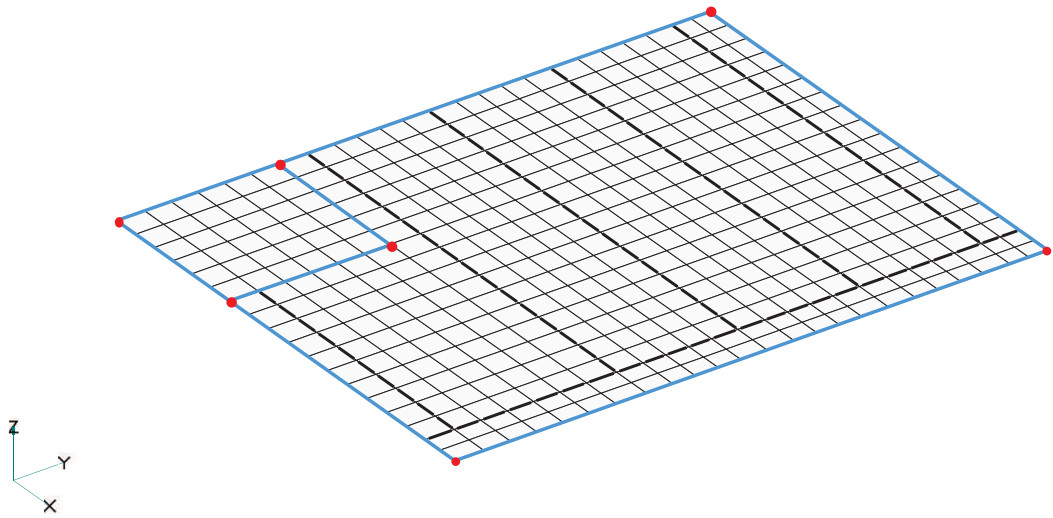
(b) 床スラブ②

● , — : 固定 — : 鉛直のみ自由 (ハッチング部ははりの範囲を示す)

図 3-2(1) 解析モデル図(1/3)



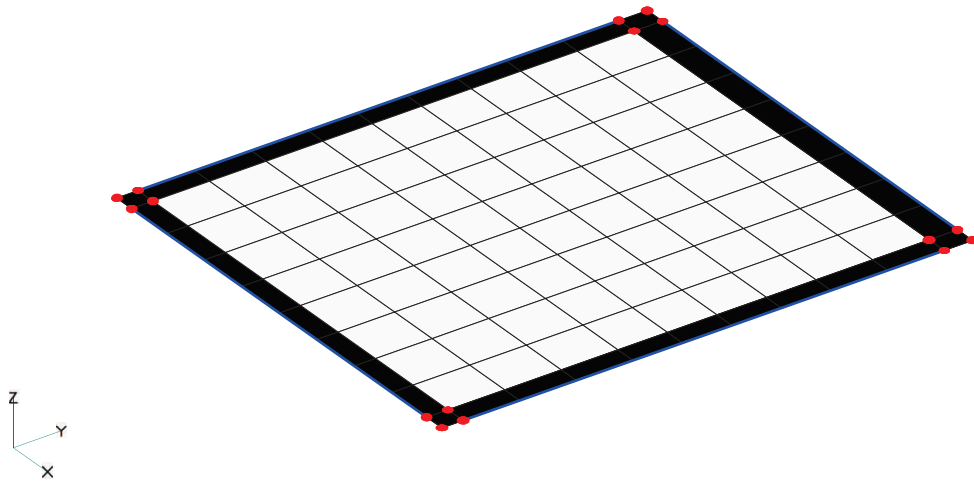
(c) 床スラブ③



(d) 床スラブ④

●, — : 固定 — : 回転のみ自由 — : 鉄骨梁

図 3-2(2) 解析モデル図(2/3)



(e) 天井スラブ①

● , — : 固定 — : 鉛直のみ自由 (ハッチング部ははりの範囲を示す)

図 3-2(3) 解析モデル図(3/3)

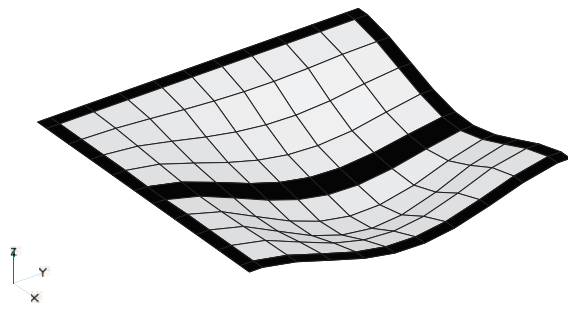
3.2 固有値解析結果

床及び天井スラブの固有振動数を表 3-2 に、モード図を図 3-3 に示す。ただし、天井スラブ②については一方向スラブとして理論値により算定したためモード図は省略する。

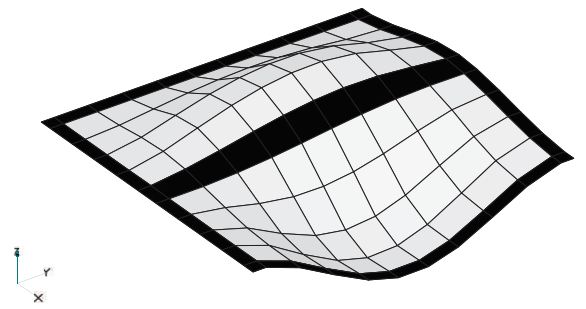
全ての部位で 1 次固有振動数が 20 Hz を上回っており、当該部位の応答の増幅は考慮しない。

表 3-2 床及び天井スラブの固有振動数

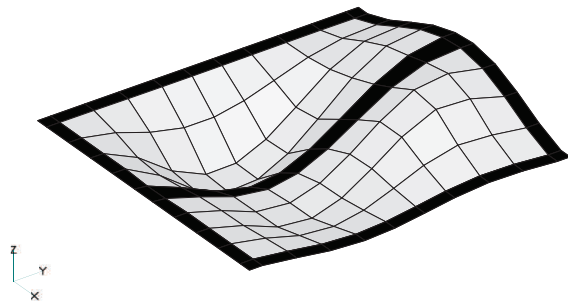
部 位	次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
床スラブ①	1 次	30.7	1.58	
	2 次	41.3	-0.04	
	3 次	57.1	0.26	
床スラブ②	1 次	28.4	1.49	
	2 次	37.7	0.00	
	3 次	48.2	0.00	
床スラブ③	1 次	39.2	1.69	
	2 次	75.6	0.00	
	3 次	76.4	0.03	
床スラブ④	1 次	25.9	1.69	
	2 次	46.7	0.42	
	3 次	62.8	0.62	
天井スラブ①	1 次	29.8	1.89	
	2 次	47.9	0.00	
	3 次	53.4	0.05	
天井スラブ②	1 次	74.5	—	理論値



1次 : 30.7Hz

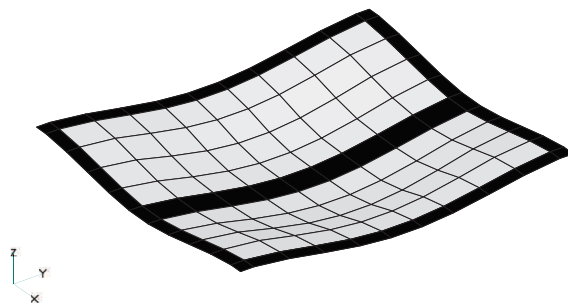


2次 : 41.3Hz

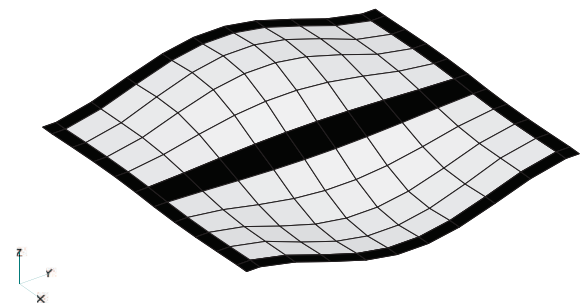


3次 : 57.1Hz

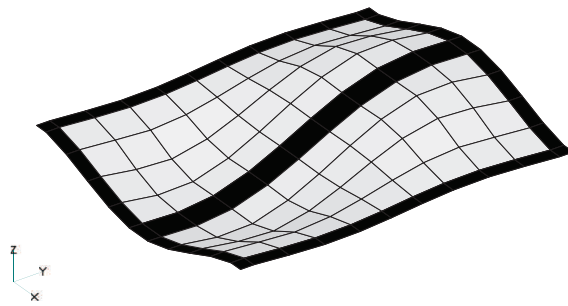
(a) 床スラブ①



1次 : 28.4Hz



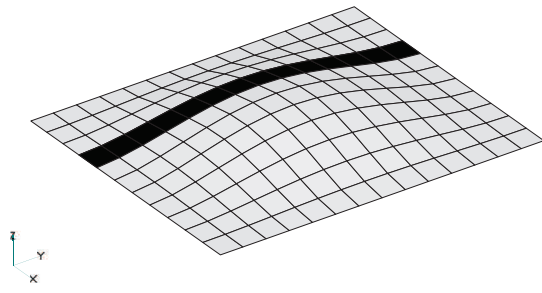
2次 : 37.7Hz



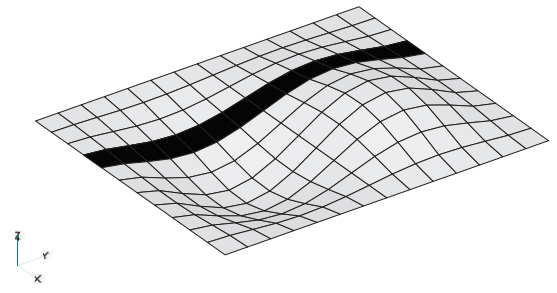
3次 : 48.2Hz

(b) 床スラブ②

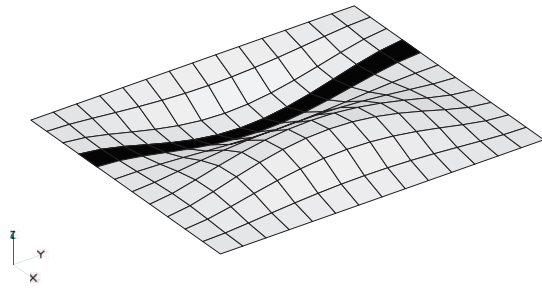
図 3-3(1) 床及び天井スラブのモード図(1/3)



1次 : 39.2Hz

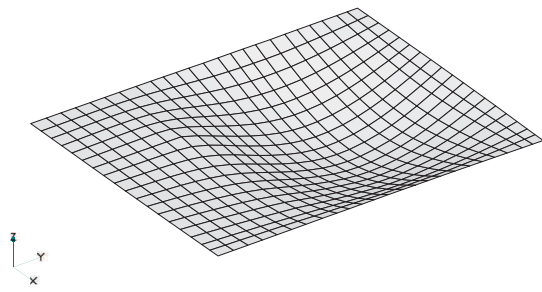


2次 : 75.6Hz

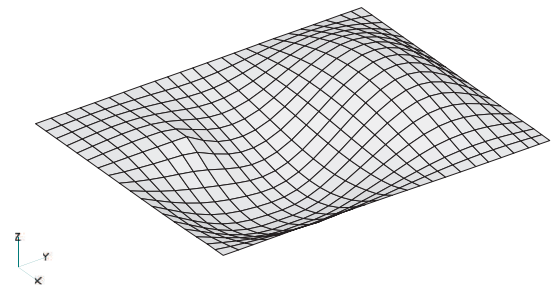


3次 : 76.4Hz

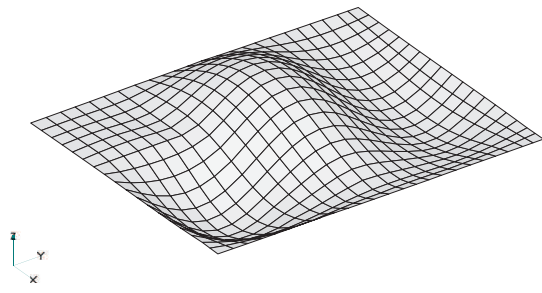
(c) 床スラブ③



1次 : 25.9Hz



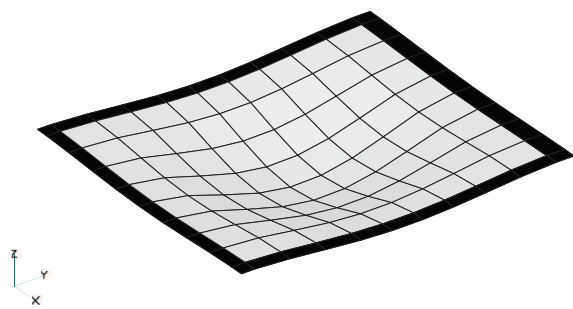
2次 : 46.7Hz



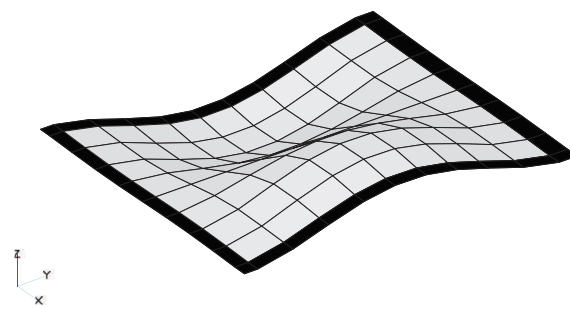
3次 : 62.8Hz

(d) 床スラブ④

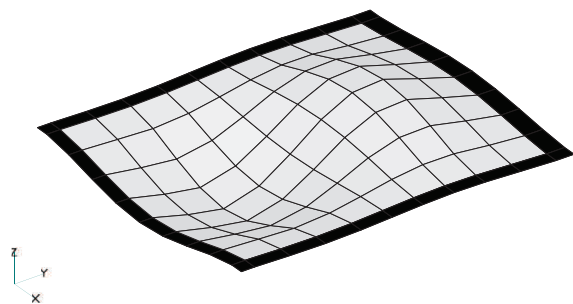
図 3-3(2) 床及び天井スラブのモード図 (2/3)



1次 : 29.8Hz



2次 : 47.9Hz



3次 : 53.4Hz

(e) 天井スラブ①

図 3-3(3) 床及び天井スラブのモード図(3/3)