

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-025-01 改 03
提出年月日	2023年3月17日

原子炉建物の耐震性についての計算書に関する  
補足説明資料

2023年3月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

VI-2-2-3「原子炉建物の耐震性についての計算書」及びVI-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）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。

今回提出範囲：

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1-1 原子炉建物屋根トラスの解析モデルと設計クライテリアについて

別紙1-1-1 原子炉建物屋根トラスの入力地震動に係る影響検討について

別紙1-2 原子炉建物屋根トラスの耐震補強について

別紙1-3 屋根トラス評価モデルにおける減衰について

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 応力解析における断面の評価部位の選定

別紙3-1 屋根スラブ及び床スラブの固有振動数について

別紙4 原子炉建物の既工認時の設計用地震力と今回工認における静的地震力及び弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力の比較

別紙5 屋根スラブの面外剛性を考慮した影響検討

別紙6 スタッドボルトの検討

## 別紙 5 屋根スラブの面外剛性を考慮した影響検討

## 目 次

1. 概要 .....	別紙 5-1
2. 屋根スラブの面外剛性を考慮した影響検討 .....	別紙 5-2
2.1 解析モデル .....	別紙 5-2
2.2 入力地震動 .....	別紙 5-6
2.3 評価結果 .....	別紙 5-8
2.3.1 屋根トラス .....	別紙 5-8
2.3.2 屋根スラブ .....	別紙 5-25
3. 引用文献 .....	別紙 5-37

## 1. 概要

原子炉建物屋根トラスの評価においては、屋根トラス部材の応力評価に対する保守性を考慮し、屋根スラブの面外剛性は考慮しないこととしている。

本資料は、屋根トラスの地震応答解析モデルにおいて屋根スラブの面外剛性を考慮した場合について、屋根トラスへの影響を確認するとともに、屋根スラブに発生する応力を確認し、屋根スラブの機能維持について説明するものである。

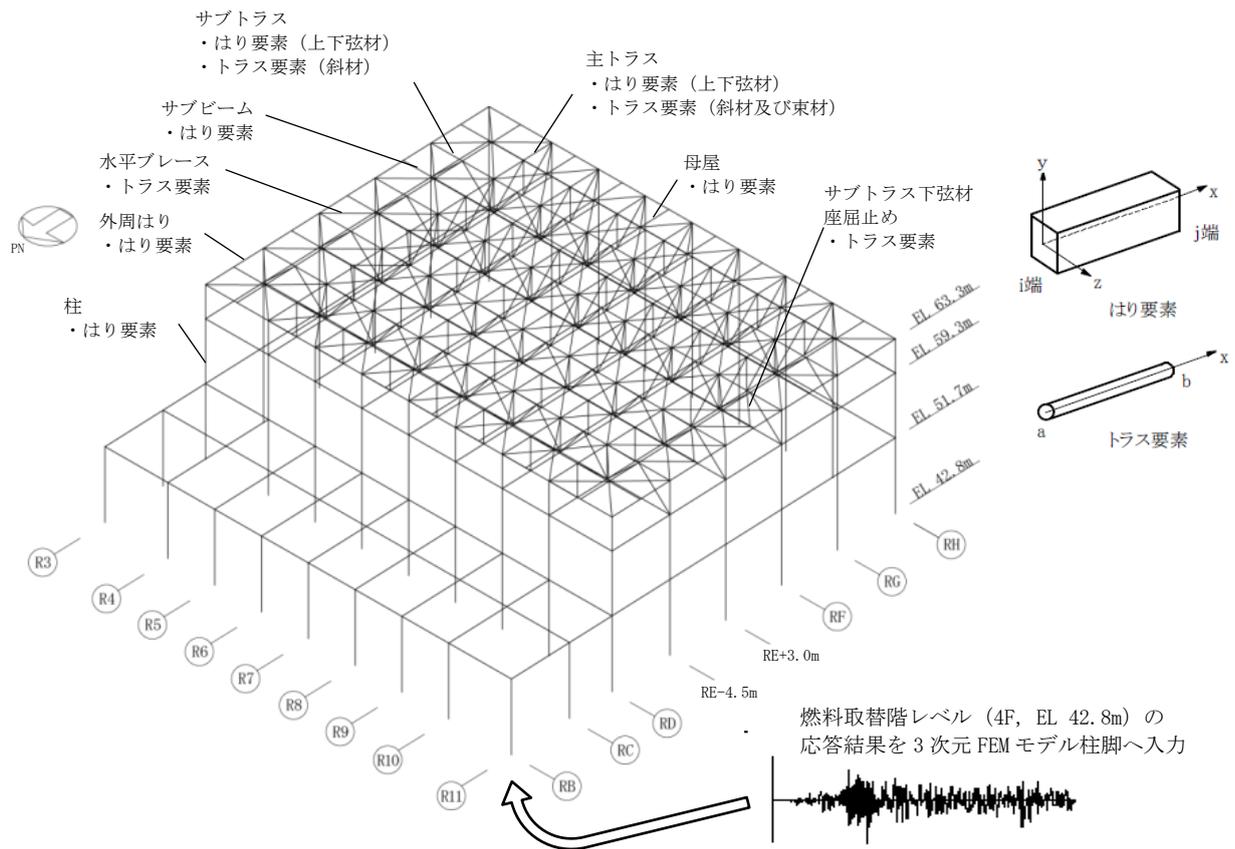
## 2. 屋根スラブの面外剛性を考慮した影響検討

### 2.1 解析モデル

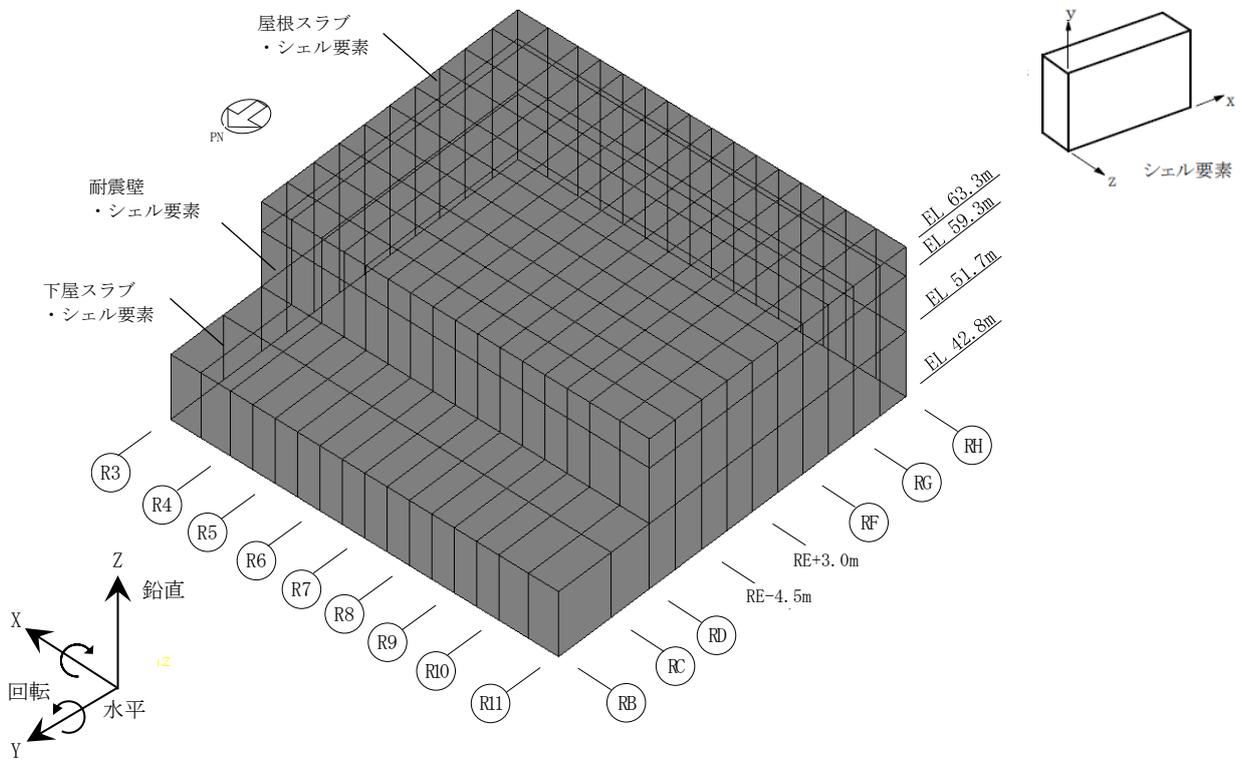
本検討に用いる解析モデルは、VI-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」で用いる屋根トラスの地震応答解析モデルに屋根スラブの面外剛性を考慮したものとする。

解析モデルへの入力は、VI-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」と同様に、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に示す原子炉建物全体の地震応答解析から得られる燃料取替階レベル（4F, EL 42.8m）の応答結果を用いることとし、燃料取替階位置を固定として水平方向（並進・回転）と鉛直方向の同時入力とする。

解析モデルの概要を図 2-1 に、部材リストを表 2-1 に示す。



(a) 線材によるモデル化部分



(b) 面材によるモデル化部分

図 2-1(1) 解析モデルの概要

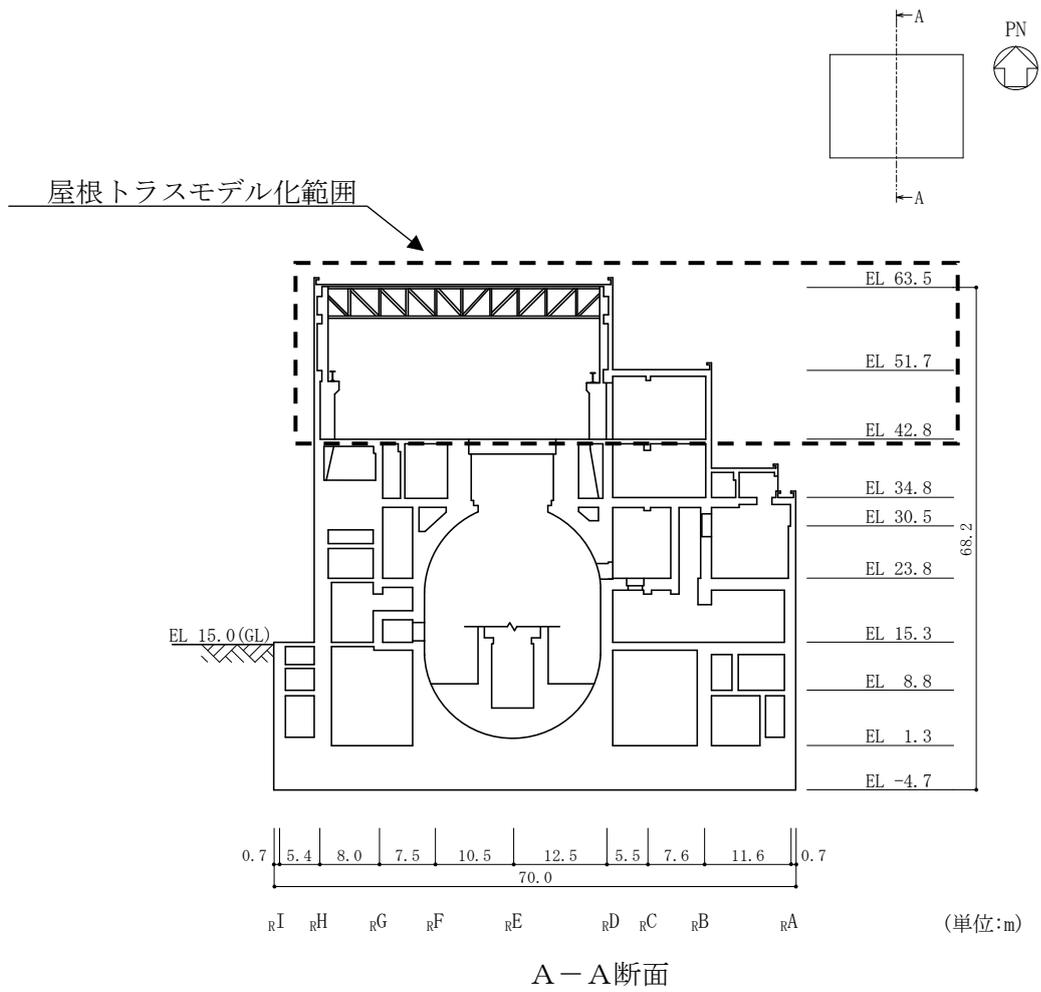


図 2-1(2) 解析モデルの概要

表 2-1 部材リスト

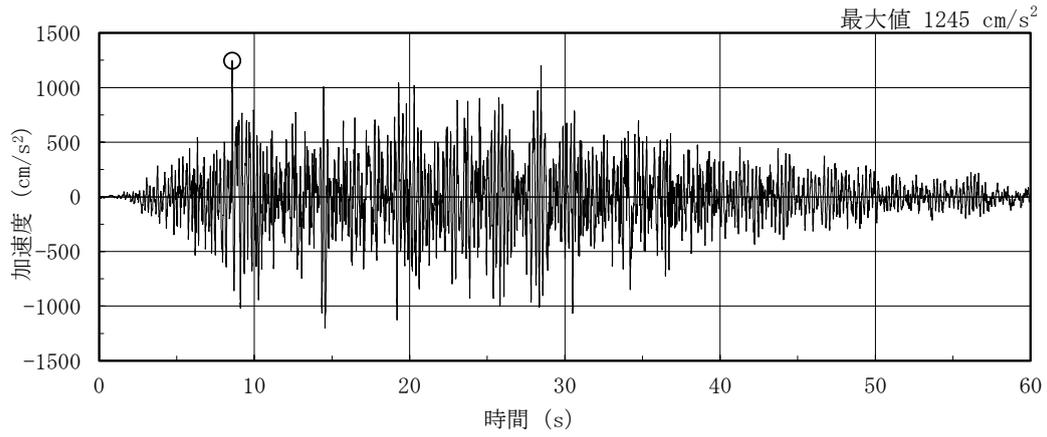
部位		使用部材	材質	断面積 ( $\times 10^2 \text{mm}^2$ )	断面二次 モーメント ( $\times 10^4 \text{mm}^4$ )
主トラス	上弦材	H-400 $\times$ 400 $\times$ 13 $\times$ 21	SM50A (SM490A 相当)	218.7	66600
	下弦材	H-400 $\times$ 400 $\times$ 13 $\times$ 21	SM50A (SM490A 相当) SN490B	218.7	66600
		BH-400 $\times$ 400 $\times$ 19 $\times$ 35		342.7	99230
		BH-400 $\times$ 400 $\times$ 19 $\times$ 35 +2PLs-16 $\times$ 330*		448.3	108800
	斜材	2CTs-175 $\times$ 350 $\times$ 12 $\times$ 19	SS41 (SS400 相当) SS400	173.9	—
		2CTs-150 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 15		119.8	
		2CTs-150 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 15 +4Ls-90 $\times$ 90 $\times$ 10*		187.8	
		2CTs-125 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14 +4Ls-90 $\times$ 90 $\times$ 10*		160.2	
	束材	2CTs-175 $\times$ 350 $\times$ 12 $\times$ 19	SS41 (SS400 相当)	173.9	—
		2CTs-150 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 15		119.8	
		2CTs-125 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14		92.20	
	サブ トラス	上弦材 下弦材	H-390 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 16	SS41 (SS400 相当)	136.0
斜材		2CTs-125 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14	SS41	92.20	—
		2CTs-125 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14 +4Ls-65 $\times$ 65 $\times$ 6*	(SS400 相当) SS400	122.3	
水平ブレース	H-400 $\times$ 408 $\times$ 21 $\times$ 21	SS41 (SS400 相当)	250.7	—	
	H-400 $\times$ 400 $\times$ 13 $\times$ 21		218.7		
	H-394 $\times$ 398 $\times$ 11 $\times$ 18		186.8		
サブビーム	H-400 $\times$ 400 $\times$ 13 $\times$ 21	SS41	218.7	66600	
	H-390 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 16	(SS400 相当)	136.0	38700	
母屋	H-244 $\times$ 175 $\times$ 7 $\times$ 11	SS41	56.24	6120	
	H-294 $\times$ 200 $\times$ 8 $\times$ 12	(SS400 相当)	72.38	11300	
サブトラス下弦材 座屈止め	2[s-150 $\times$ 75 $\times$ 9 $\times$ 12.5*	SS400	61.20	—	

注記\*：補強工事で追加した部材

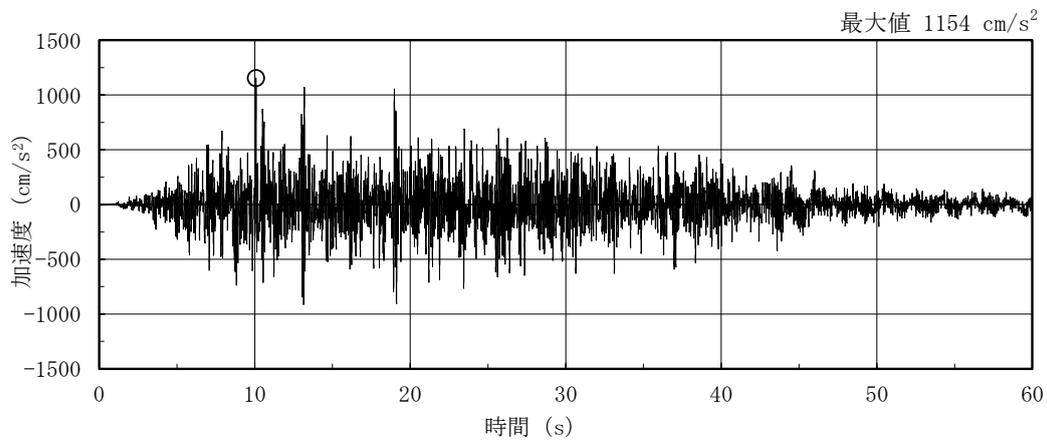
## 2.2 入力地震動

入力地震動は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に示す原子炉建物全体の地震応答解析から得られる燃料取替階レベル（4F, EL 42.8m）の時刻歴応答加速度とする。なお、検討ケースは、VI-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」に示す屋根トラスの評価結果において、多くの部材で検定比が最大となった基準地震動  $S_s - D$  のケース 4 の NS 方向及び鉛直方向とする。

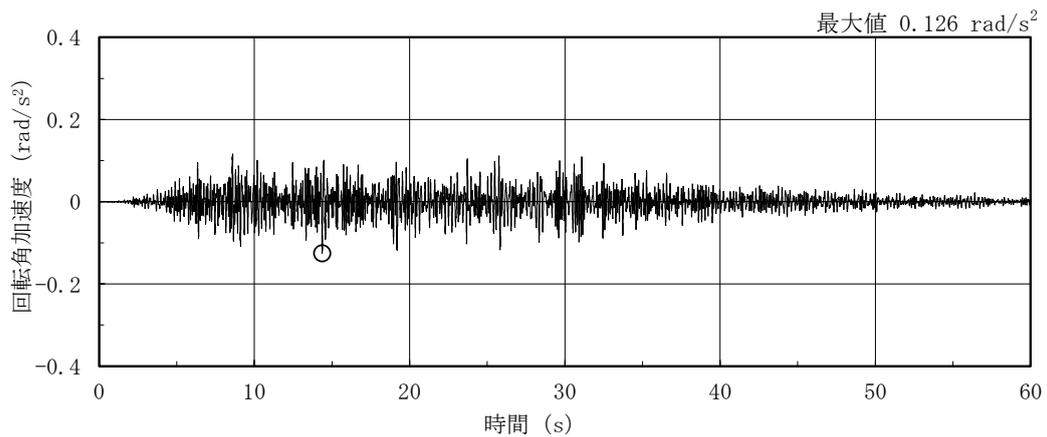
図 2-2 に燃料取替階レベル（4F, EL 42.8m）の水平成分、鉛直成分及び回転成分の加速度時刻歴波形を示す。



(a) NS方向 (水平)



(b) 鉛直方向



(c) NS方向 (回転)

図 2-2 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - D, ケース 4)

## 2.3 評価結果

### 2.3.1 屋根トラス

屋根スラブの面外剛性を考慮した地震応答解析結果から各部材の断面の評価を実施し、結果の比較を行う。なお、断面の評価方法については、VI-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」で示した方法と同じである。

#### (1) 主トラス，サブトラス（上下弦材），水平ブレース，サブビーム，母屋及びサブトラス下弦材座屈止め

評価対象箇所は，各部材の検定値が最も大きい箇所とする。評価対象箇所を図 2-3～図 2-8 に示す。また，断面算定結果を表 2-2～表 2-7 に示す。

屋根スラブの面外剛性を考慮した場合の評価結果は，いずれも評価基準値を下回っており，面外剛性の考慮有無の違いが耐震性に影響を与えないことを確認した。

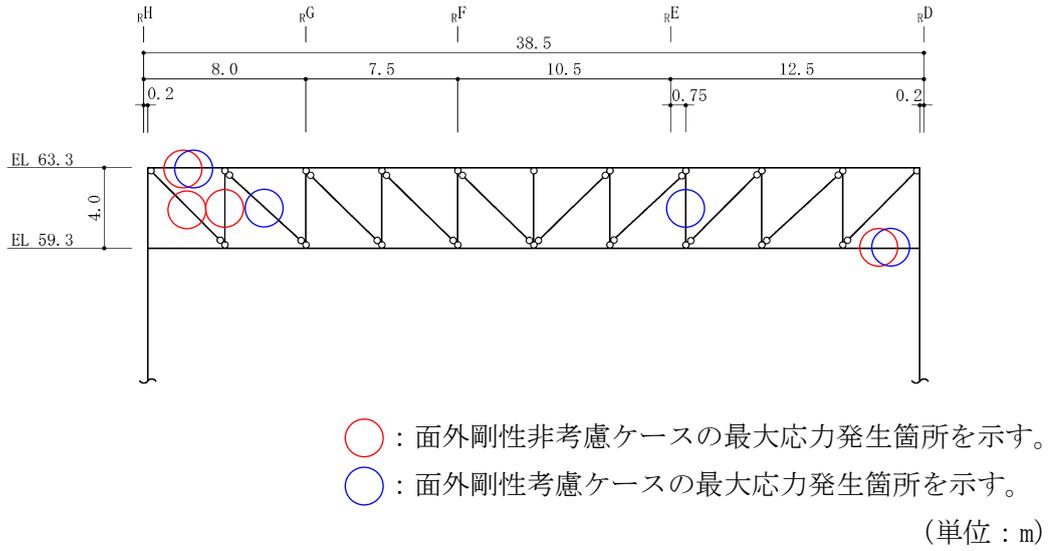


図 2-3 評価対象箇所 (主トラス : R7 通り)

表 2-2(1) 断面算定結果 (主トラス)

部材 (種類)		上弦材			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		R7 通り ( <sub>R</sub> G 通り <sub>R</sub> H 通り間)		R7 通り ( <sub>R</sub> G 通り <sub>R</sub> H 通り間)	
鉄骨断面	部材	H-400×400×13×21		H-400×400×13×21	
	種別	SM50A(SM490A 相当)		SM50A(SM490A 相当)	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		392	343	494	330
M (kN・m)		435	435	241	241
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	17.9	—	22.6	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	15.7	—	15.1
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	131	131	72.4	72.4
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	357	—	357	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	357	—	357
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	357	357	357	357
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.42 (<1.0)	—	0.28 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.42 (<1.0)	—	0.26 (<1.0)
判定		可	可	可	可

表 2-2(2) 断面算定結果 (主トラス)

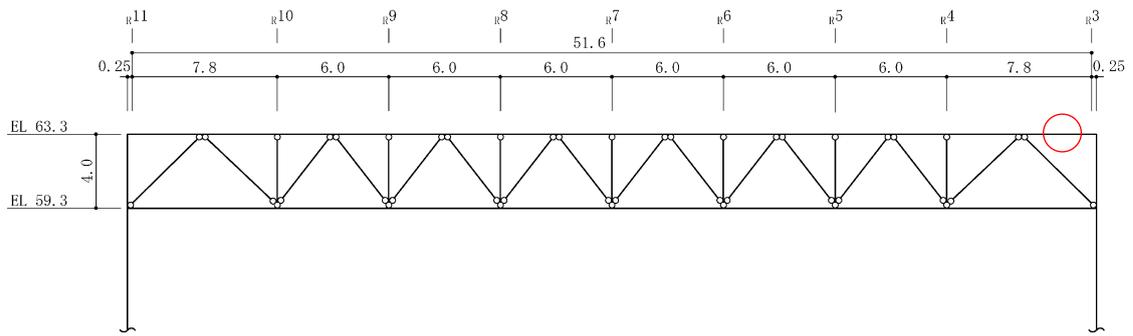
部材 (種類)		下弦材			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		R7 通り ( <sub>R</sub> D 通り <sub>R</sub> E 通り間)		R7 通り ( <sub>R</sub> D 通り <sub>R</sub> E 通り間)	
鉄骨断面	部材	BH-400×400×19×35 +2PLs-16×330		BH-400×400×19×35 +2PLs-16×330	
	種別	SM50A(SM490A 相当), SN490B		SM50A(SM490A 相当), SN490B	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		1150	5390	1310	5140
M (kN・m)		482	482	420	420
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	33.6	—	38.2	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	157	—	150
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	97.1	97.1	84.6	84.6
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	357	—	357	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	301	—	301
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	357	357	357	357
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.38 (<1.0)	—	0.35 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.81 (<1.0)	—	0.74 (<1.0)
判定		可	可	可	可

表 2-2(3) 断面算定結果 (主トラス)

部材 (種類)		斜材			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		R7 通り ( <sub>R</sub> G 通り <sub>R</sub> H 通り間)		R7 通り ( <sub>R</sub> G 通り <sub>R</sub> H 通り間)	
鉄骨断面	部材	2CTs-175×350×12×19		2CTs-175×350×12×19	
	種別	SS41(SS400 相当)		SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		4260	1510	4220	1890
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	245	—	243	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	86.8	—	109
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	181	—	178
	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.95 (<1.0)	—	0.95 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	—	0.48 (<1.0)	—	0.62 (<1.0)
判定		可	可	可	可

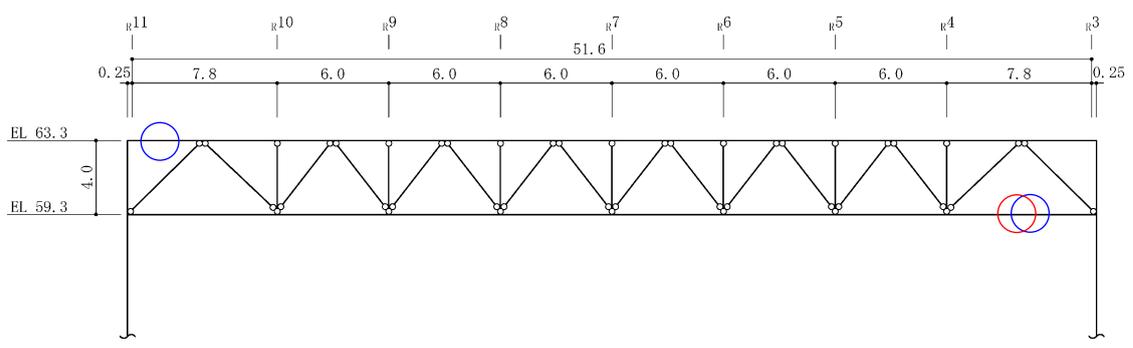
表 2-2(4) 断面算定結果 (主トラス)

部材 (種類)		束材			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		R7 通り ( <sub>R</sub> G 通り <sub>R</sub> H 通り間)		R7 通り ( <sub>R</sub> D 通り <sub>R</sub> E 通り間)	
鉄骨断面	部材	2CTs-175×350×12×19		2CTs-150×300×10×15	
	種別	SS41(SS400 相当)		SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		1120	3170	540	1540
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	64.4	—	45.1	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	182	—	129
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	216	—	202
	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.25 (<1.0)	—	0.18 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	—	0.85 (<1.0)	—	0.64 (<1.0)
判定		可	可	可	可



○ : 面外剛性非考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。  
 ○ : 面外剛性考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。  
 (単位 : m)

(a) サブトラス :  $R_E$  通り+3.0m



○ : 面外剛性非考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。  
 ○ : 面外剛性考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。  
 (単位 : m)

(b) サブトラス :  $R_F$  通り

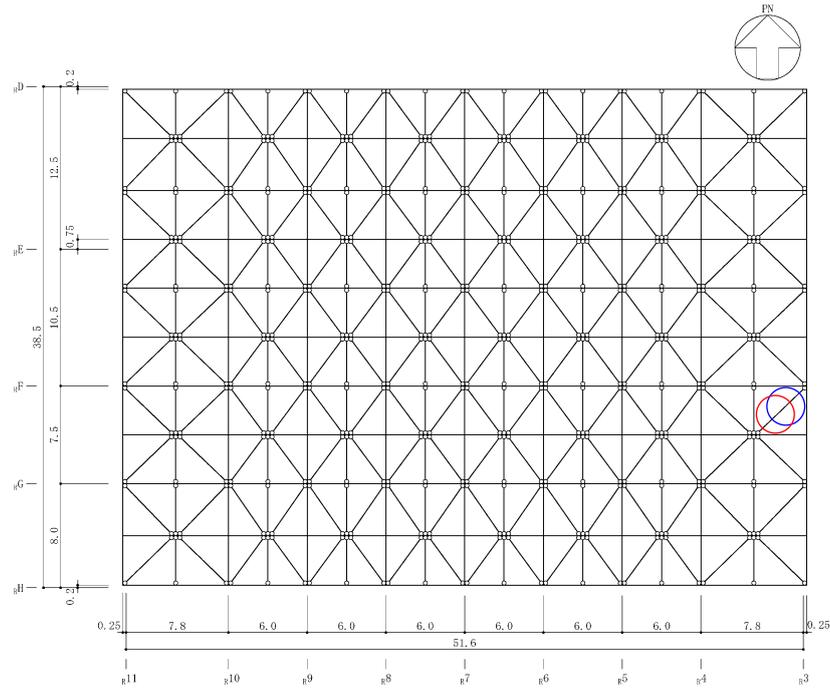
図 2-4 評価対象箇所 (サブトラス (上下弦材))

表2-3(1) 断面算定結果 (サブトラス)

部材 (種類)		上弦材			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		RE 通り+3.0m (R3 通り R4 通り間)		RF 通り (R10 通り R11 通り間)	
鉄骨断面	部材	H-390×300×10×16		H-390×300×10×16	
	種別	SS41(SS400 相当)		SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		354	137	378	105
M (kN・m)		233	233	113	113
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	26.0	—	27.8	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	10.1	—	7.72
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	117	117	56.9	56.9
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	258	—	258
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	258	258	258
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.56 (<1.0)	—	0.33 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.50 (<1.0)	—	0.25 (<1.0)
判定		可	可	可	可

表2-3(2) 断面算定結果 (サブトラス)

部材 (種類)		下弦材			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		RF 通り (R3 通り R4 通り間)		RF 通り (R3 通り R4 通り間)	
鉄骨断面	部材	H-390×300×10×16		H-390×300×10×16	
	種別	SS41(SS400 相当)		SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		677	1630	631	1690
M (kN・m)		131	131	126	126
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	49.8	—	46.4	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	120	—	124
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	66.0	66.0	63.5	63.5
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	243	—	243
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	258	258	258
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.46 (<1.0)	—	0.43 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.76 (<1.0)	—	0.76 (<1.0)
判定		可	可	可	可



○：面外剛性非考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。

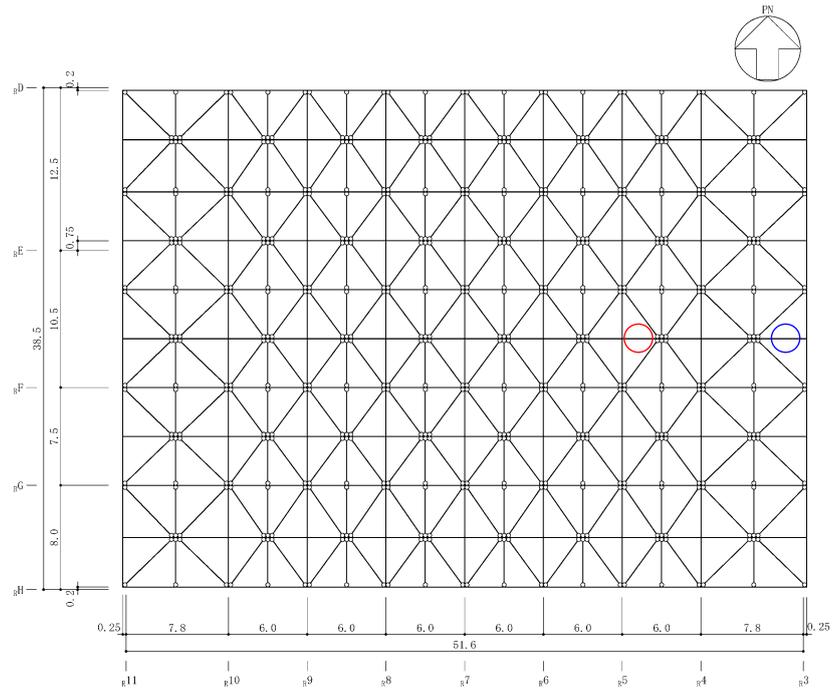
○：面外剛性考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。

(単位：m)

図 2-5 評価対象箇所 (水平ブレース：EL 63.3m)

表 2-4 断面算定結果 (水平ブレース)

部材 (種類)		水平ブレース			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		$R_F$ 通り $R_G$ 通り間 ( $R_3$ 通り $R_4$ 通り間)		$R_F$ 通り $R_G$ 通り間 ( $R_3$ 通り $R_4$ 通り間)	
鉄骨断面	部材	H-400×408×21×21		H-400×408×21×21	
	種別	SS41(SS400 相当)		SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		2090	2510	2100	2520
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	83.4	—	83.8	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	100	—	101
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	247	—	247
	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.33 (<1.0)	—	0.33 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	—	0.41 (<1.0)	—	0.41 (<1.0)
判定		可	可	可	可



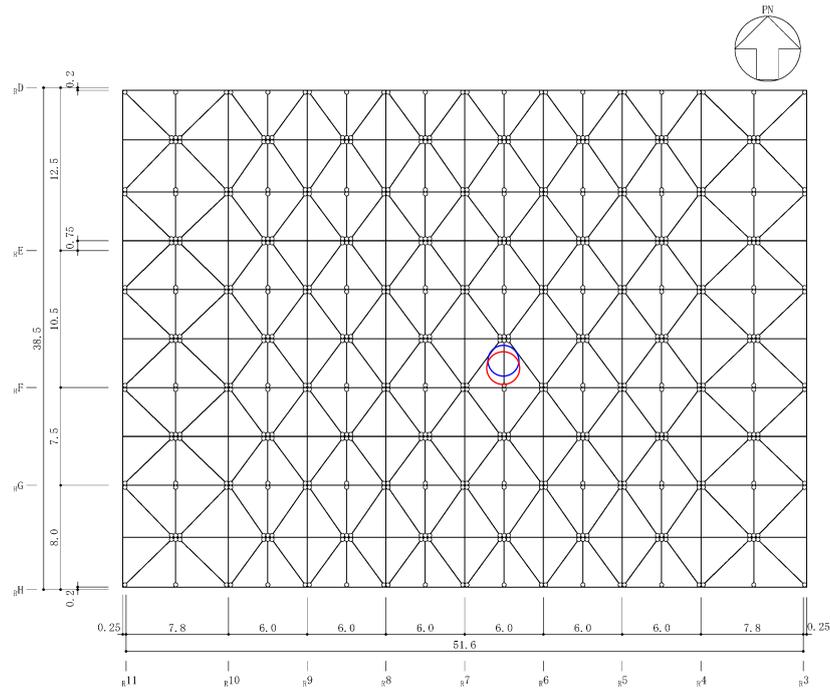
- : 面外剛性非考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。
- : 面外剛性考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。

(単位 : m)

図 2-6 評価対象箇所 (サブビーム : EL 63.3m)

表 2-5 断面算定結果 (サブビーム)

部材 (種類)		サブビーム			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		<sub>R</sub> E 通り <sub>R</sub> F 通り間 ( <sub>R</sub> 4 通り <sub>R</sub> 5 通り間)		<sub>R</sub> E 通り <sub>R</sub> F 通り間 ( <sub>R</sub> 3 通り <sub>R</sub> 4 通り間)	
鉄骨断面	部材	H-390×300×10×16		H-400×400×13×21	
	種別	SS41 (SS400 相当)		SS41 (SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		102	68.0	150	94.9
M (kN・m)		165	165	308	308
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	7.50	—	6.86	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	5.00	—	4.34
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	83.1	83.1	92.5	92.5
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	244	—	241
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	258	258	258
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.36 (<1.0)	—	0.39 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.35 (<1.0)	—	0.38 (<1.0)
判定		可	可	可	可



○：面外剛性非考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。

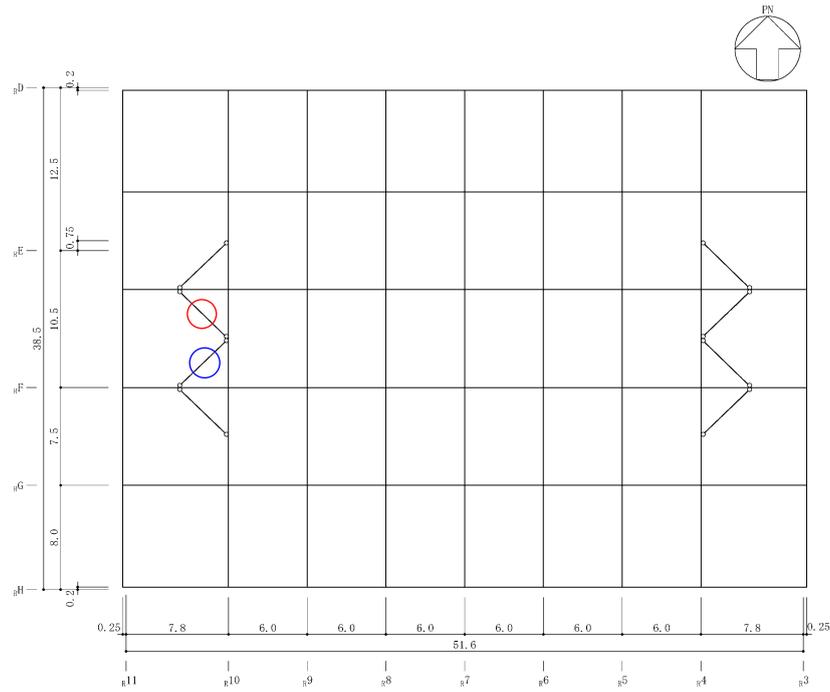
○：面外剛性考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。

(単位：m)

図 2-7 評価対象箇所 (母屋：EL 63.3m)

表 2-6 断面算定結果 (母屋)

部材 (種類)		母屋			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		R6 通り R7 通り間 (RE 通り RF 通り間)		R6 通り R7 通り間 (RE 通り RF 通り間)	
鉄骨断面	部材	H-244×175×7×11		H-244×175×7×11	
	種別	SS41(SS400 相当)		SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		79.1	209	90.3	202
M (kN・m)		0	0	0	0
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	14.1	—	16.1	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	37.2	—	35.9
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	0	0	0	0
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	194	—	194
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	258	258	258
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.06 (<1.0)	—	0.07 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.20 (<1.0)	—	0.19 (<1.0)
判定		可	可	可	可



- : 面外剛性非考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。
- : 面外剛性考慮ケースの最大応力発生箇所を示す。

(単位 : m)

図 2-8 評価対象箇所 (サブトラス下弦材座屈止め : EL 59.3m)

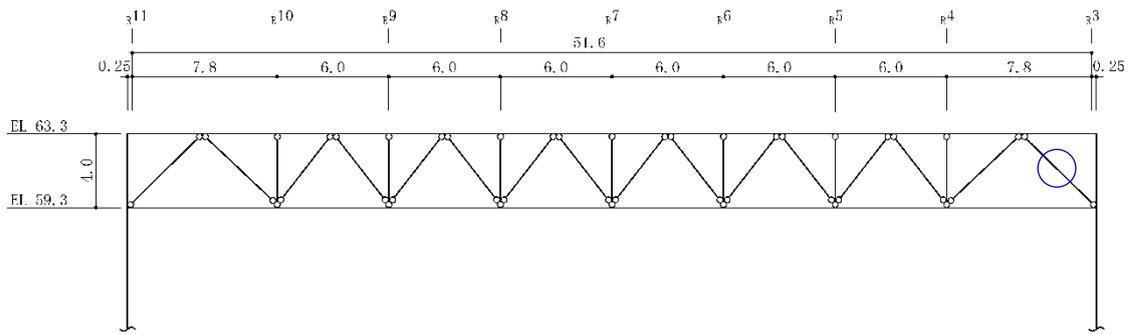
表 2-7 断面算定結果 (サブトラス下弦材座屈止め)

部材 (種類)		サブトラス下弦材座屈止め			
面外剛性		非考慮		考慮	
位置		R10 通り R11 通り間 (RE 通り RF 通り間)		R10 通り R11 通り間 (RE 通り RF 通り間)	
鉄骨断面	部材	2[s-150×75×9×12.5		2[s-150×75×9×12.5	
	種別	SS400		SS400	
応力状態		引張	圧縮	引張	圧縮
N (kN)		219	226	220	231
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	56.9	—	57.1	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	36.9	—	37.7
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	235	—	235	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	61.3	—	61.3
	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.25 (<1.0)	—	0.25 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	—	0.61 (<1.0)	—	0.62 (<1.0)
判定		可	可	可	可

(2) サブトラス（斜材）

サブトラス（斜材）は弾性範囲を超えることが確認されたため、破断評価を実施する。評価対象箇所は、弾性範囲を超える各部材の評価結果のうち、累積塑性変形倍率が最も大きい部材とする。評価対象箇所を図 2-9 に示す。また、破断評価結果を表 2-8 に示す。

屋根スラブの面外剛性を考慮した場合のサブトラス（斜材）の評価結果は、評価基準値を下回っており、面外剛性の考慮有無の違いが耐震性に影響を与えないことを確認した。

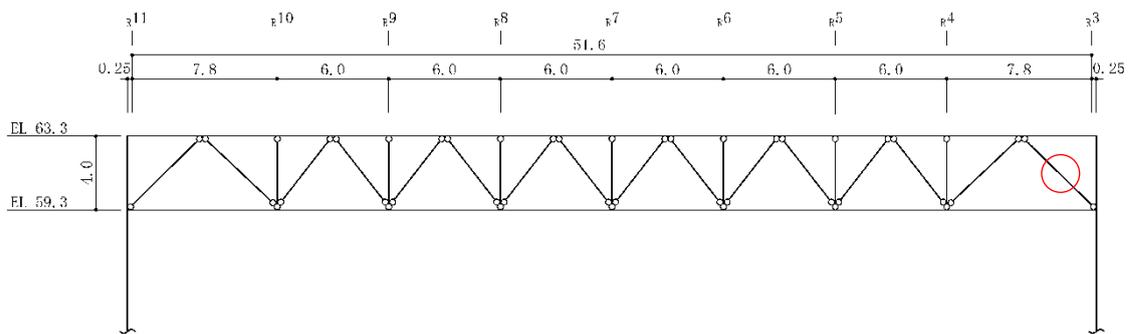


○ : 面外剛性非考慮ケースの累積塑性変形倍率が最も大きい箇所を示す。

○ : 面外剛性考慮ケースの累積塑性変形倍率が最も大きい箇所を示す。

(単位 : m)

(a) サブトラス :  $R_E$  通り+3.0m



○ : 面外剛性非考慮ケースの累積塑性変形倍率が最も大きい箇所を示す。

○ : 面外剛性考慮ケースの累積塑性変形倍率が最も大きい箇所を示す。

(単位 : m)

(b) サブトラス :  $R_F$  通り

図 2-9 評価対象箇所 (サブトラス (斜材))

表 2-8 破断評価結果

(a) 面外剛性非考慮 (R<sub>F</sub> 通り)

使用部材	位置	最大等価軸ひずみ $\epsilon_{max} (\times 10^{-3})$	累積塑性変形倍率 $\eta$	応答による繰返し回数* <sup>1</sup> $n_i$	評価基準* <sup>2</sup> (破断寿命) $N_p$	$\frac{n_i}{N_p}$	判定
2CTs-125×250×9×14 +4Ls-65×65×6 SS41 (SS400 相当), SS400	R <sub>3</sub> 通り R <sub>4</sub> 通り間	0.800	0.8406	915	1190000	0.001	可

注記\*1: ピークカウント法を用い、対象部材の軸ひずみの時刻歴波形の最大及び最小を全てカウントする。

\*2: 最大等価軸ひずみ (設定ひずみ振幅) に対応する鋼材の破断寿命を引用文献(1)より算定し、これを評価基準とする。

(b) 面外剛性考慮 (R<sub>E</sub>+3.0m 通り)

使用部材	位置	最大等価軸ひずみ $\epsilon_{max} (\times 10^{-3})$	累積塑性変形倍率 $\eta$	応答による繰返し回数* <sup>1</sup> $n_i$	評価基準* <sup>2</sup> (破断寿命) $N_p$	$\frac{n_i}{N_p}$	判定
2CTs-125×250×9×14 +4Ls-65×65×6 SS41 (SS400 相当), SS400	R <sub>3</sub> 通り R <sub>4</sub> 通り間	0.504	0.5338	967	1190000	0.001	可

注記\*1: ピークカウント法を用い、対象部材の軸ひずみの時刻歴波形の最大及び最小を全てカウントする。

\*2: 最大等価軸ひずみ (設定ひずみ振幅) に対応する鋼材の破断寿命を引用文献(1)より算定し、これを評価基準とする。

### 2.3.2 屋根スラブ

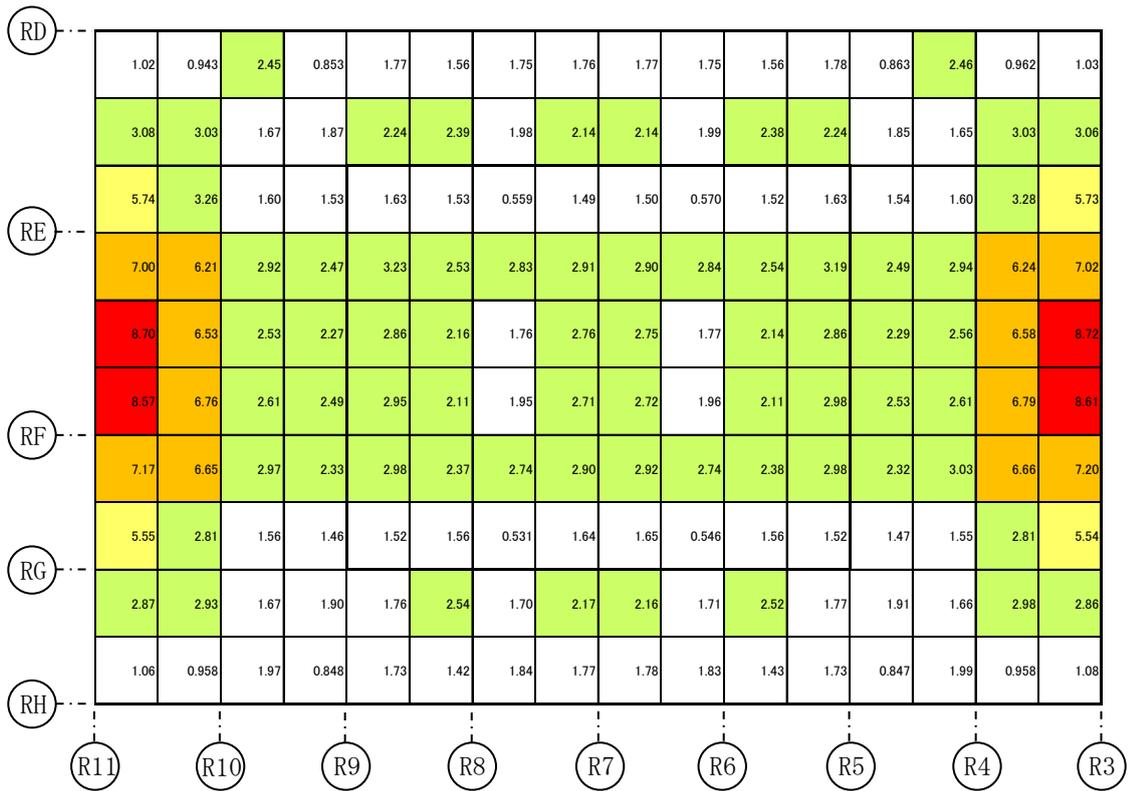
#### (1) 面外応力の検討

屋根スラブの面外剛性を考慮した場合に屋根スラブに発生する最大応答面外曲げモーメントを図 2-10 に、最大応答面外せん断力を図 2-11 に示す。

これらの発生応力に対する屋根スラブの断面の評価を実施する。なお、断面の評価方法については、VI-2-9-3-1「原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」で示した方法と同じである。

評価対象箇所は、各断面の検定値が最も大きい箇所とする。評価対象箇所を図 2-12 に示す。また、評価結果を表 2-9 に示す。

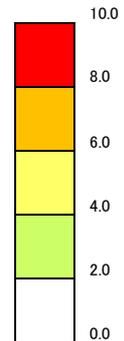
屋根スラブについて、屋根スラブの面外剛性を考慮した場合においても、曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。



Y (N S 方向)

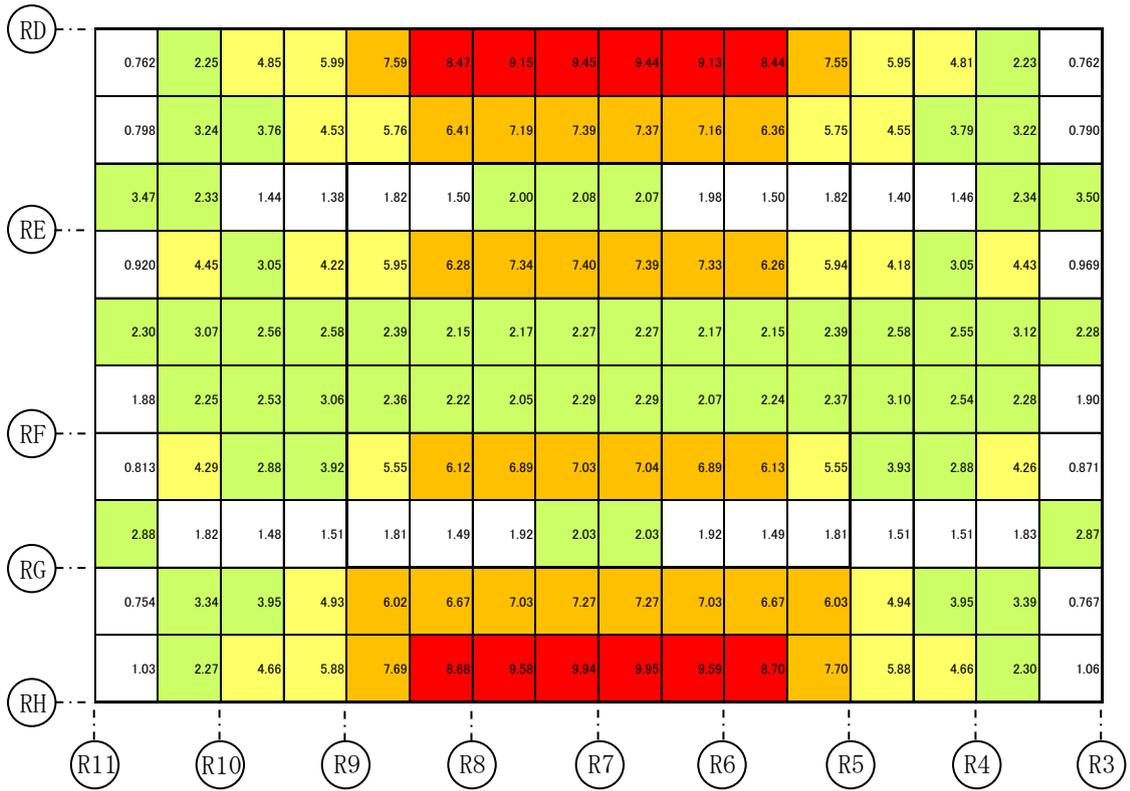


X (E W 方向)

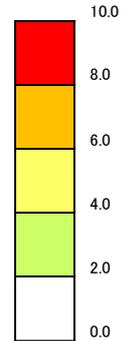


(単位 : kNm/m)

図 2-10(1) 最大応答面外曲げモーメント ( $M_x$ )



Y (N S 方向)



(単位 : kNm/m)

図 2-10(2) 最大応答面外曲げモーメント (My)

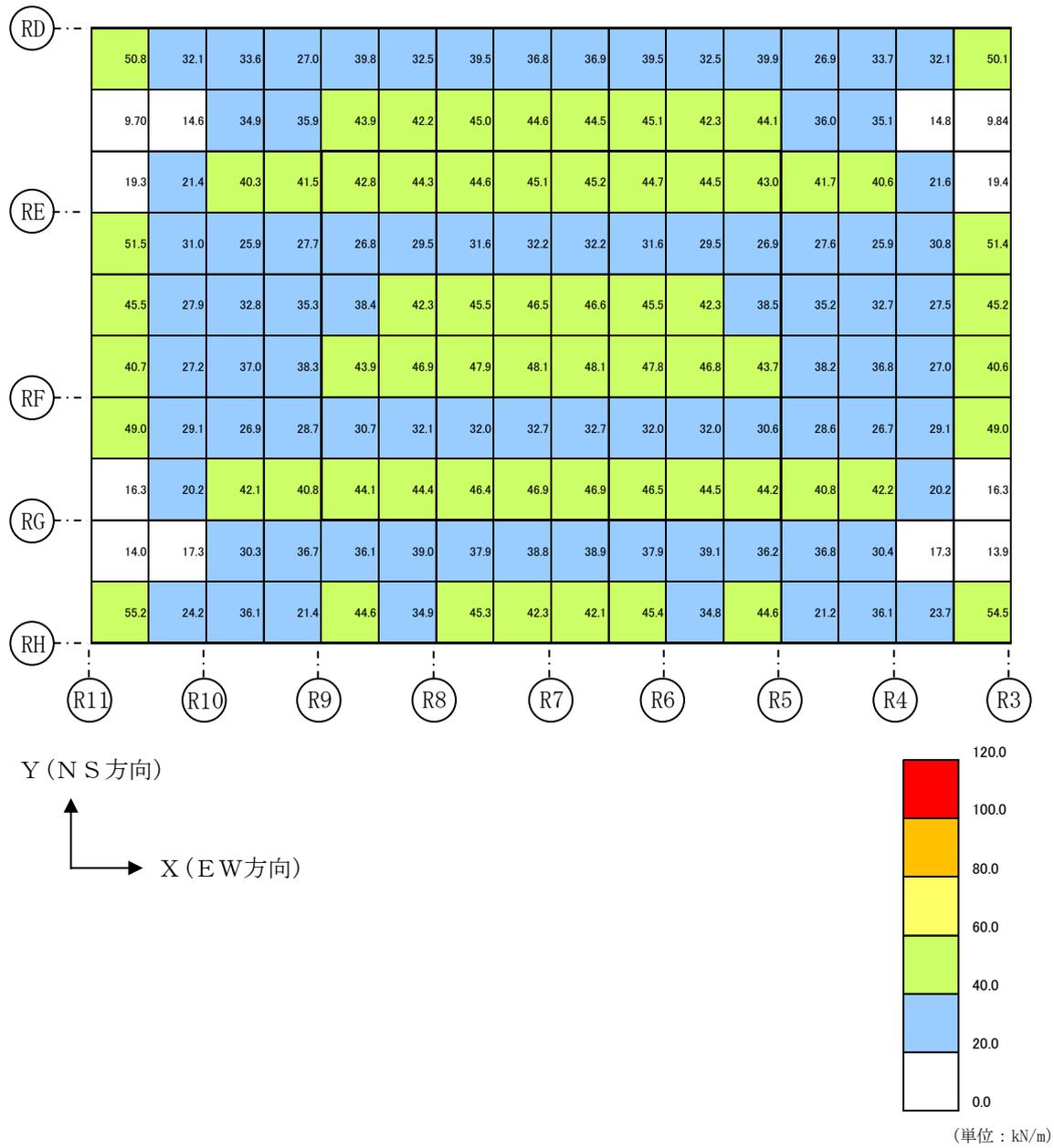


図 2-11(1) 最大応答面外せん断力 ( $Q_x$ )

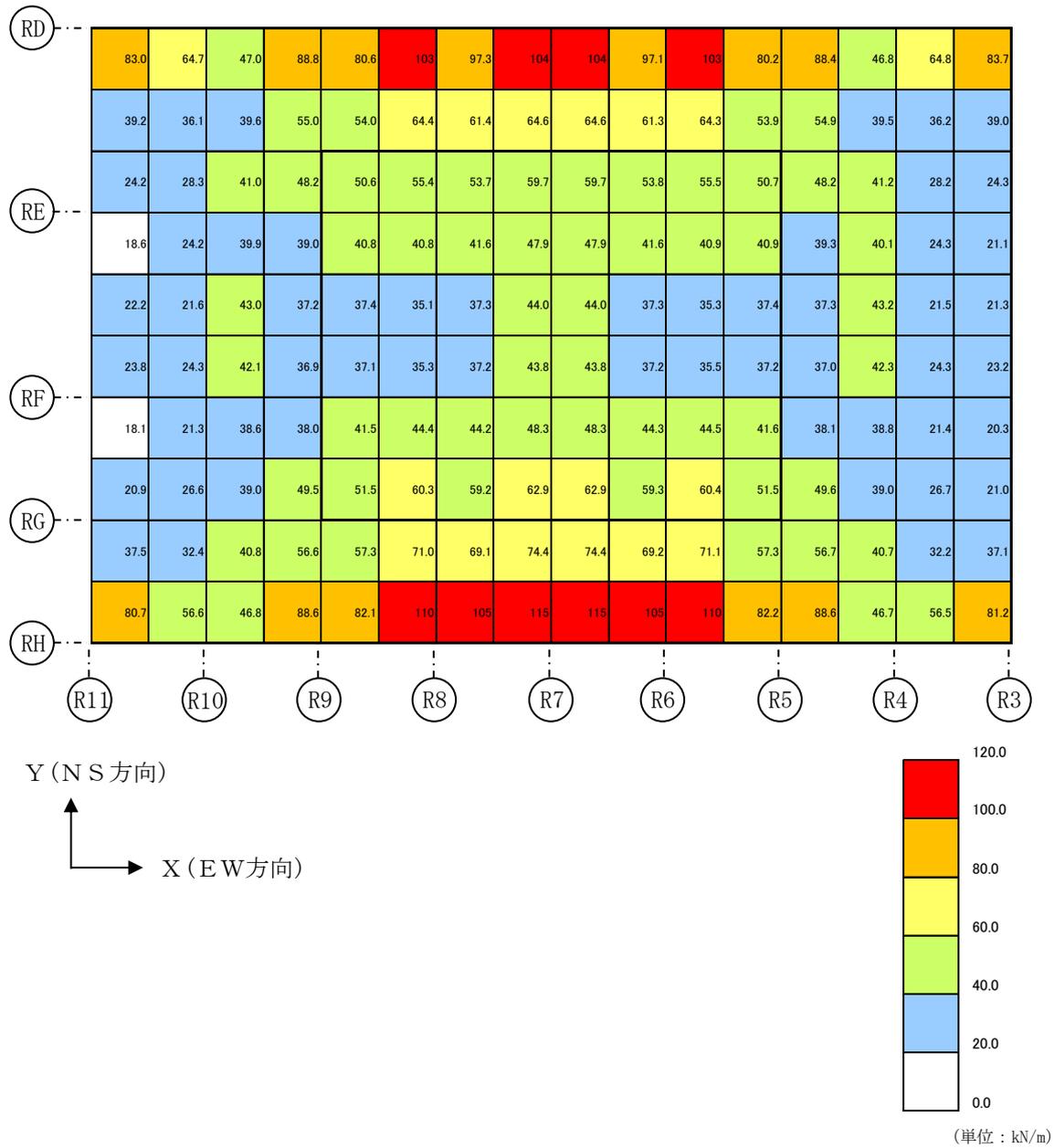
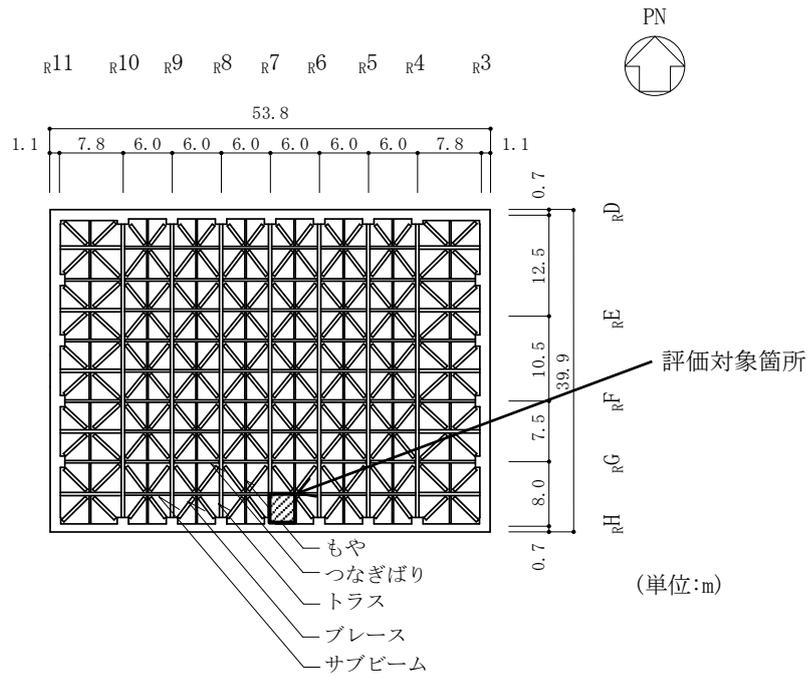


図 2-11(2) 最大応答面外せん断力 ( $Q_y$ )



注：評価対象箇所は、各断面の検定値が最も大きい箇所とする。

図 2-12 面外応力に対する評価対象箇所（屋根スラブ）

表 2-9 評価結果 (屋根スラブ) (評価対象箇所)

方向		短辺 (EW) 方向	長辺 (NS) 方向
EL (m)		63.5	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D13@100 (1270 mm <sup>2</sup> /m)	D13@100 (1270 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D13@100 (1270 mm <sup>2</sup> /m)	D13@100 (1270 mm <sup>2</sup> /m)
曲げ モー メント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	1.78	9.95
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	13.3	99.4
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345	345
	検定値	0.04 (<1.0)	0.29 (<1.0)
面外 せん 断力	発生せん断力 Q (kN/m)	42.1	115
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	2.00	2.00
	許容限界 (kN/m)	226.8	170.2
	検定値	0.19 (<1.0)	0.68 (<1.0)
判定		可	可

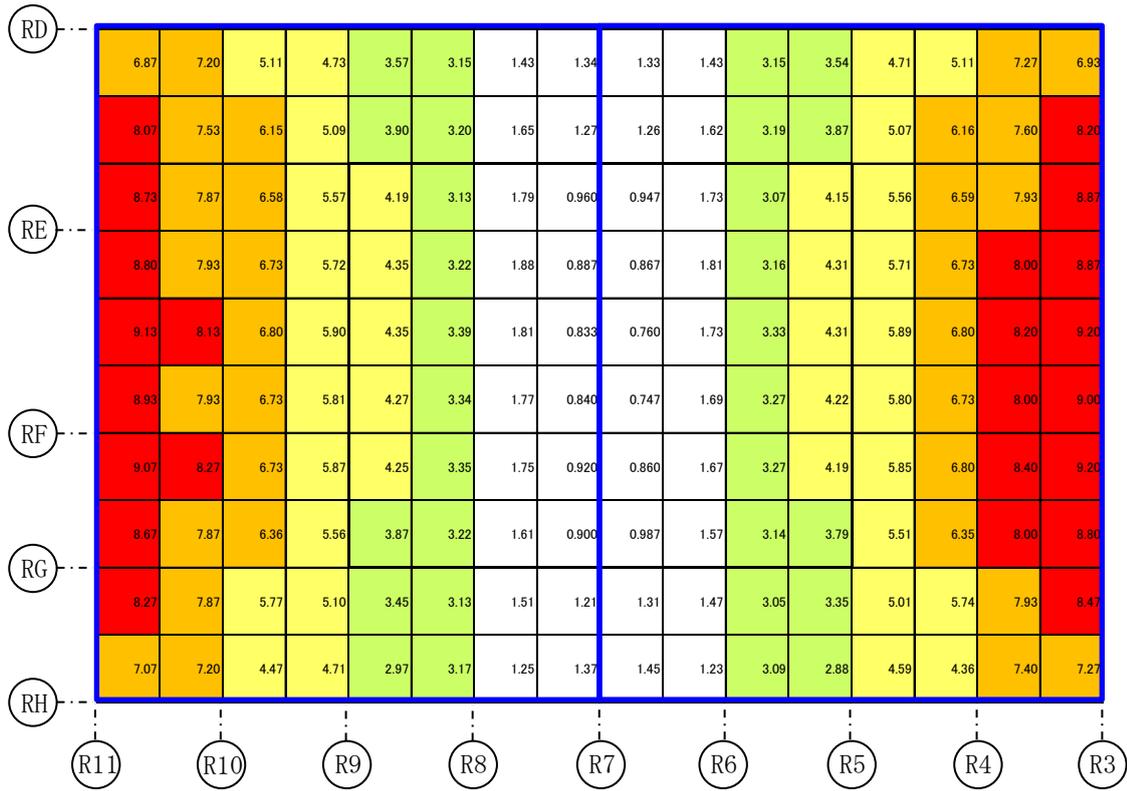
## (2) 面内応力の検討

屋根スラブの面外剛性を考慮した場合に屋根スラブに発生する最大応答面内せん断応力度を図 2-13 に示す。また、屋根トラスの固有値解析結果を表 2-10 に、NS 方向 1 次における屋根スラブの変形モードを図 2-14 に示す。

屋根スラブの最大応答面内せん断応力度を図 2-15 のようにエネルギー一定則を用いて屋根スラブの面内せん断スケルトン曲線上の応答値に換算し、屋根スラブの最大応答面内せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) 以下であることを確認する。なお、図 2-13 に示す最大応答面内せん断応力度の分布は、R7 通りを中心軸として概ね EW 方向に対称であり、屋根スラブ全体の面内変形モードは、図 2-14 に示すように NS 方向 1 次モードが卓越すると考えられることから、屋根スラブ全体としての最大応答面内せん断応力度は、R7 通りから東側の範囲と西側の範囲において要素面積で重み付け平均した値とする。また、屋根スラブの面内せん断スケルトンは、「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)」に基づき、軸応力度を考慮せずに算定する。

評価対象範囲は、最大応答面内せん断ひずみの平均値が最も大きい範囲とする。評価対象範囲を図 2-16 に示す。また、最大応答面内せん断ひずみを表 2-11 に示す。

屋根スラブの面外剛性を考慮した場合には、屋根スラブが負担する応力が大きくなると考えられるが、屋根スラブの平均的な最大応答面内せん断ひずみは  $0.766 \times 10^{-3}$  であり、許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えていないため、屋根スラブが原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) として気密性を維持することを確認した。



Y (N S 方向)



X (E W 方向)

注：青太線は最大応答面内せん断応力度を平均する範囲を示す。

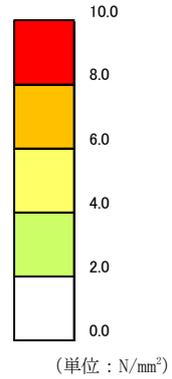
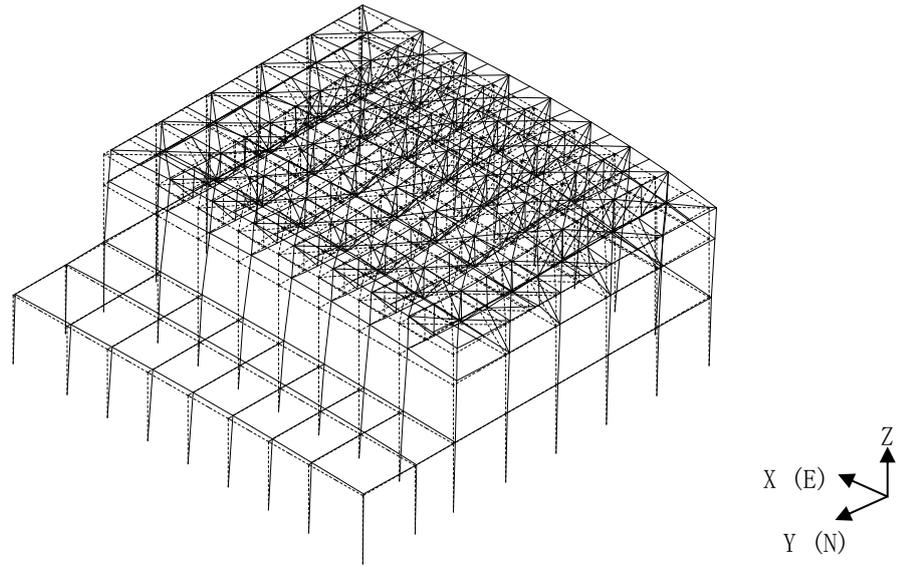


図 2-13 最大応答面内せん断応力度 (τ)

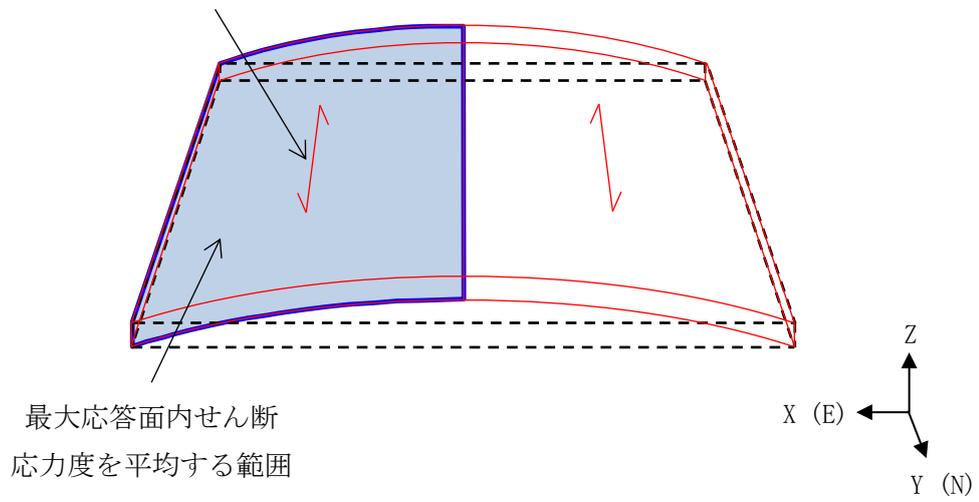
表 2-10 固有値解析結果 (面外剛性考慮モデル)

次数	振動数 (Hz)	周期 (s)	刺激係数			備考
			水平方向 (N S)	水平方向 (E W)	鉛直方向 (U D)	
1	4.60	0.218	0.085	-0.003	1.706	鉛直方向 1 次
2	6.25	0.160	-0.004	-0.042	-0.001	
3	7.80	0.128	-1.712	0.015	0.002	N S 方向 1 次
4	8.06	0.124	-0.012	-1.971	0.005	E W 方向 1 次



(a) 鳥瞰図

屋根スラブ全体としての  
最大応答面内せん断応力度



(b) 概略変形図

図 2-14 屋根スラブの変形モード (面外剛性考慮モデル, NS方向1次)

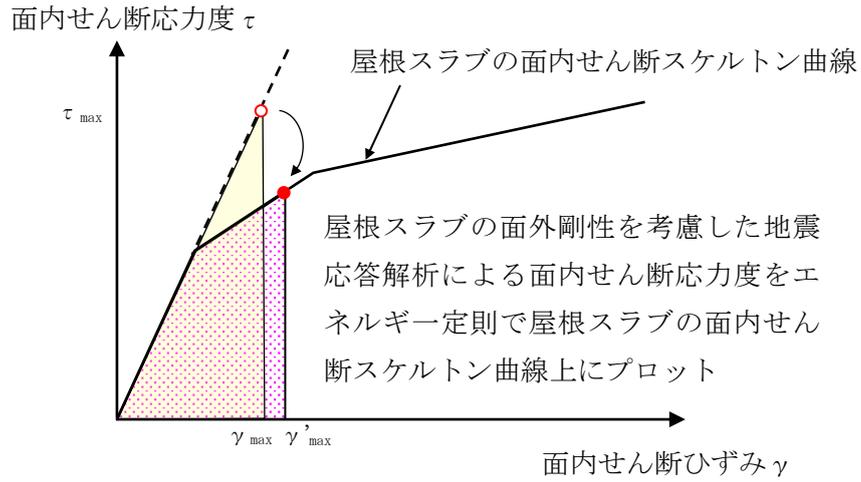
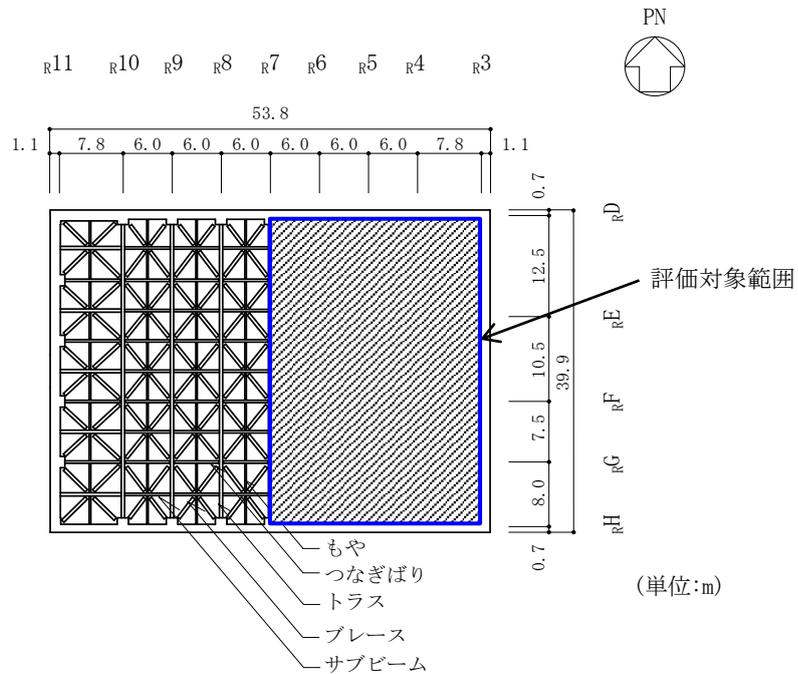


図 2-15 エネルギー一定則に基づく屋根スラブの面内せん断ひずみの評価方法



注：評価対象範囲は、最大応答面内せん断ひずみの平均値が最も大きい範囲とする。

図 2-16 面内応力に対する評価対象箇所（屋根スラブ）

表 2-11 屋根スラブの最大応答面内せん断ひずみ

位置	平均 最大応答面内 せん断応力度* <sup>1</sup> $\tau_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	平均 最大応答面内 せん断ひずみ* <sup>1</sup> $\gamma_{max}$ ( $\times 10^{-3}$ )	等価平均 最大応答面内 せん断ひずみ* <sup>2</sup> $\gamma'_{max}$ ( $\times 10^{-3}$ )
R <sub>D</sub> 通り R <sub>H</sub> 通り間 (R <sub>3</sub> 通り R <sub>7</sub> 通り間)	4.96	0.529	0.766

注記\*1：屋根スラブの最大応答面内せん断応力度分布及び変形モードを考慮して設定した範囲において要素面積で重み付け平均した値。

\*2：エネルギー一定則を適用し、面内せん断スケルトン曲線上にプロットした値。

3. 引用文献

- (1) 中込ほか「繰返し力を受ける SM490 鋼の疲労性に関する研究」(日本建築学会構造系論文集, 第 469 号, pp. 127-136, 1995 年 3 月)