

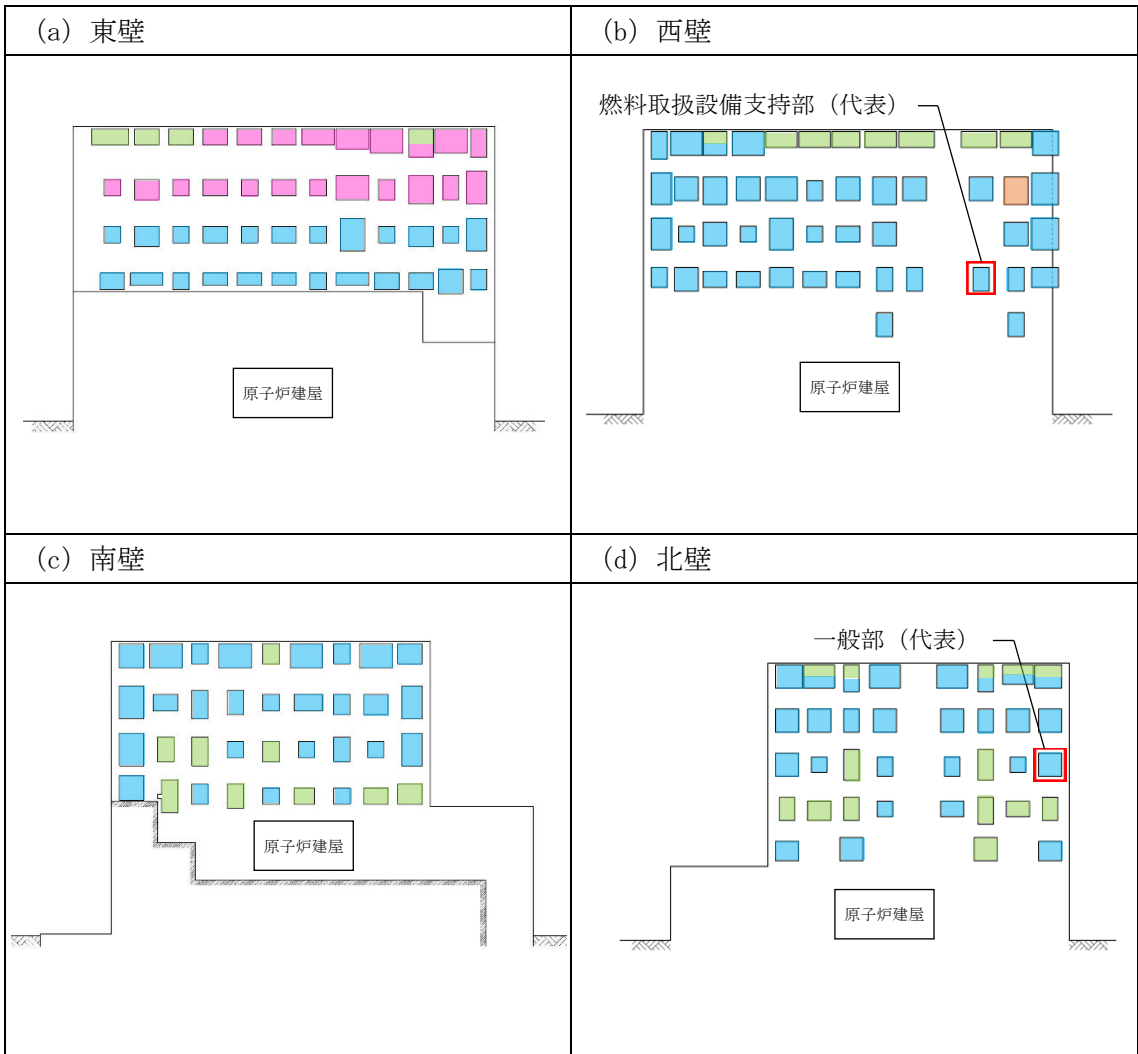
## 1号機大型カバーに係る確認事項

1号機大型カバーの工事に係る主要な確認項目を表－1に示す。

表－1 1号機大型カバーに係る確認項目

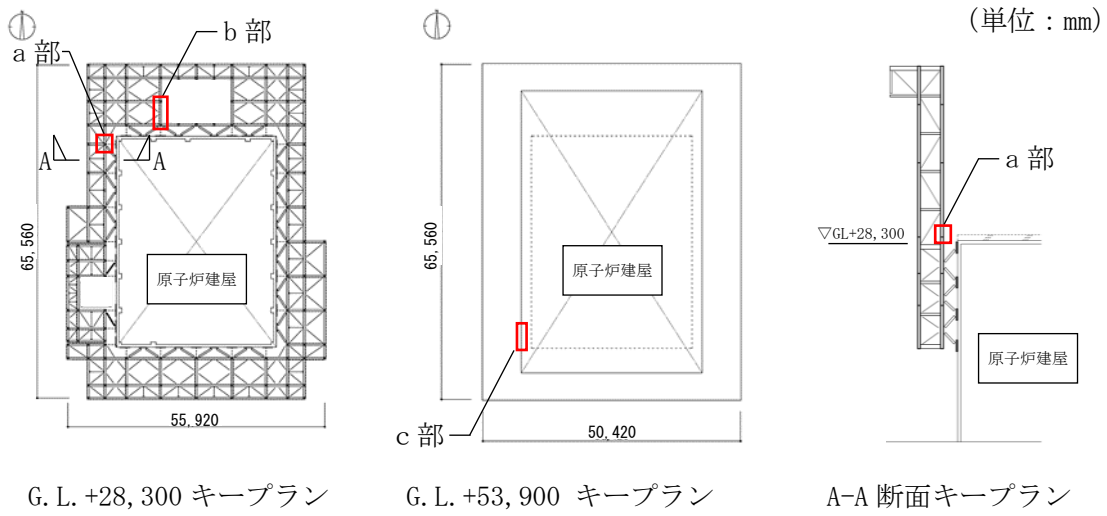
確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 および 耐震性	材料確認	鋼材の材質, 強度, 化学成分を確認する。	JIS G 3101, JIS G 3106, JIS G 3136, JIS G 3138, JIS G 3444, JIS G 3475, JIS G 4051, JIS B 1186 又は建築基準法第 37 条第二号に基づく国土交通大臣の認定に適合すること。
		トルシア型超高力ボルト (SHTB), トルシア型高力ボルト (HTB) 及び溶融亜鉛めっき高力ボルト (12G SHTB) の仕様を確認する。	建築基準法第 37 条第二号に基づく国土交通大臣の認定に適合すること。
		アンカーボルトの材質, 強度, 化学成分を確認する。	JIS G 3138 に適合すること。
		外装材の仕様を確認する。	実施計画に記載されている材料諸元に適合することを, 検査証明書, 出荷証明書又はメーカー技術資料により確認する。
	据付確認	アンカーボルトの埋め込み長さを確認する。	アンカーボルトの有効埋め込み長さが図－1 の通りであり, かつボルトの余長はナット面から突き出た長さが 3 山以上であること。
		接合部の施工状況を確認する。	高力ボルトの本数・種類が図－2 の通りであること。
		外装材の施工状況を確認する。	外装材の範囲が図－3 の通りであること。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 および 耐震性	機能検査 (外観検査)	大型カバーの外観を確認する。	機能に影響を及ぼす有意な欠陥がないこと。



- 有効埋め込み長さ：280mm 以上
- 有効埋め込み長さ：345mm 以上
- 有効埋め込み長さ：375mm 以上
- 有効埋め込み長さ：420mm 以上

図-1 アンカーボルト詳細



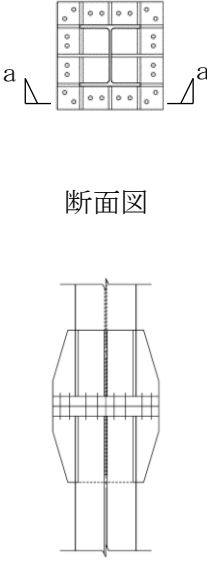

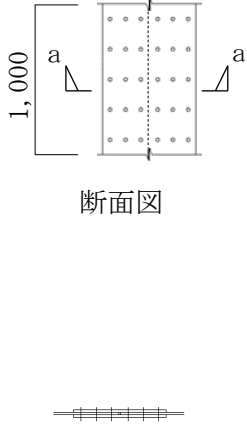
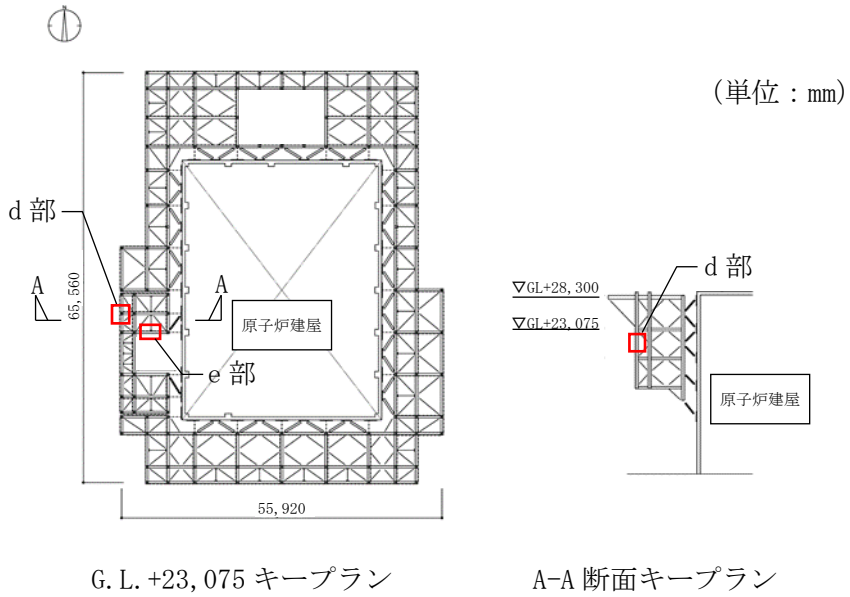
(a) 柱 材	(b) 梁 材	(c) 鋼 板
 <p style="text-align: center;">断面図</p> <p style="text-align: center;">a-a 矢視図</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ボルト種類: SHTB M24 本 数: 24 本</p> </div>	 <p style="text-align: center;">断面図</p> <p style="text-align: center;">a-a 矢視図</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ボルト種類: SHTB M24 本 数: 18 本×2</p> </div>	 <p style="text-align: center;">断面図</p> <p style="text-align: center;">a-a 矢視図</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ボルト種類: HTB M22 本 数: 15 本×2 @1,000mm</p> </div>

図-2 (1) 一般部接合部詳細



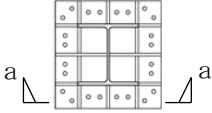
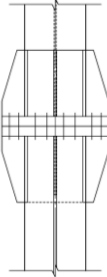
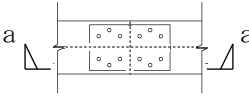
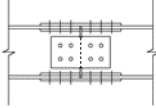
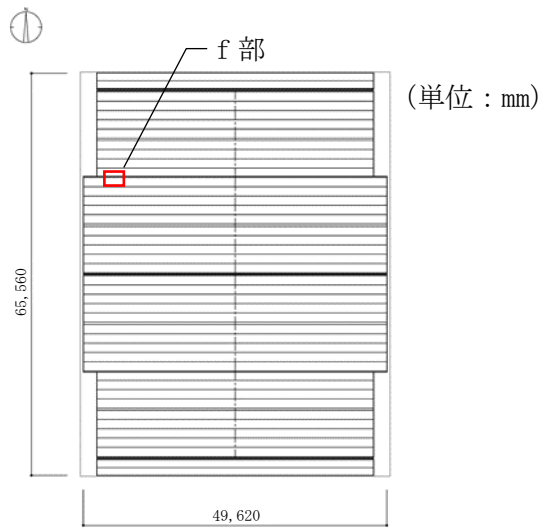
(d) 柱 材	(e) 梁 材
 <p>断面図</p>  <p>a-a 矢視図</p>	 <p>断面図</p>  <p>a-a 矢視図</p>
<p>ボルト種類 : SHTB M24 本 数 : 24 本</p>	<p>ボルト種類 : SHTB M24 本 数 : 16 本×2</p>

図-2 (2) 燃料取扱設備支持部接合部詳細



屋根伏図

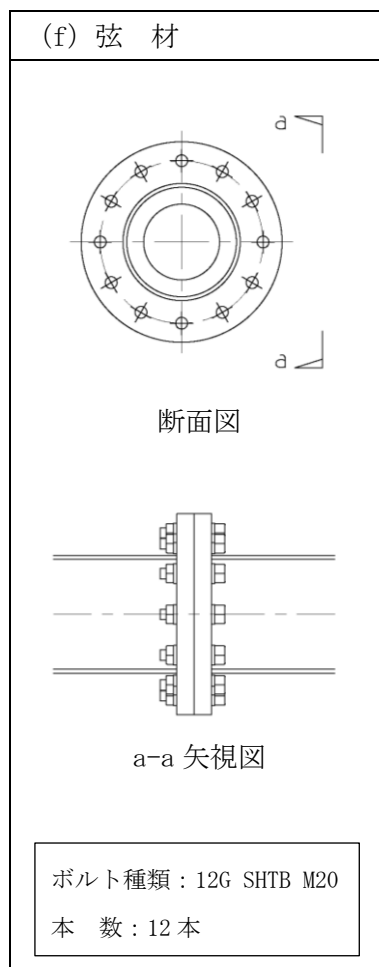
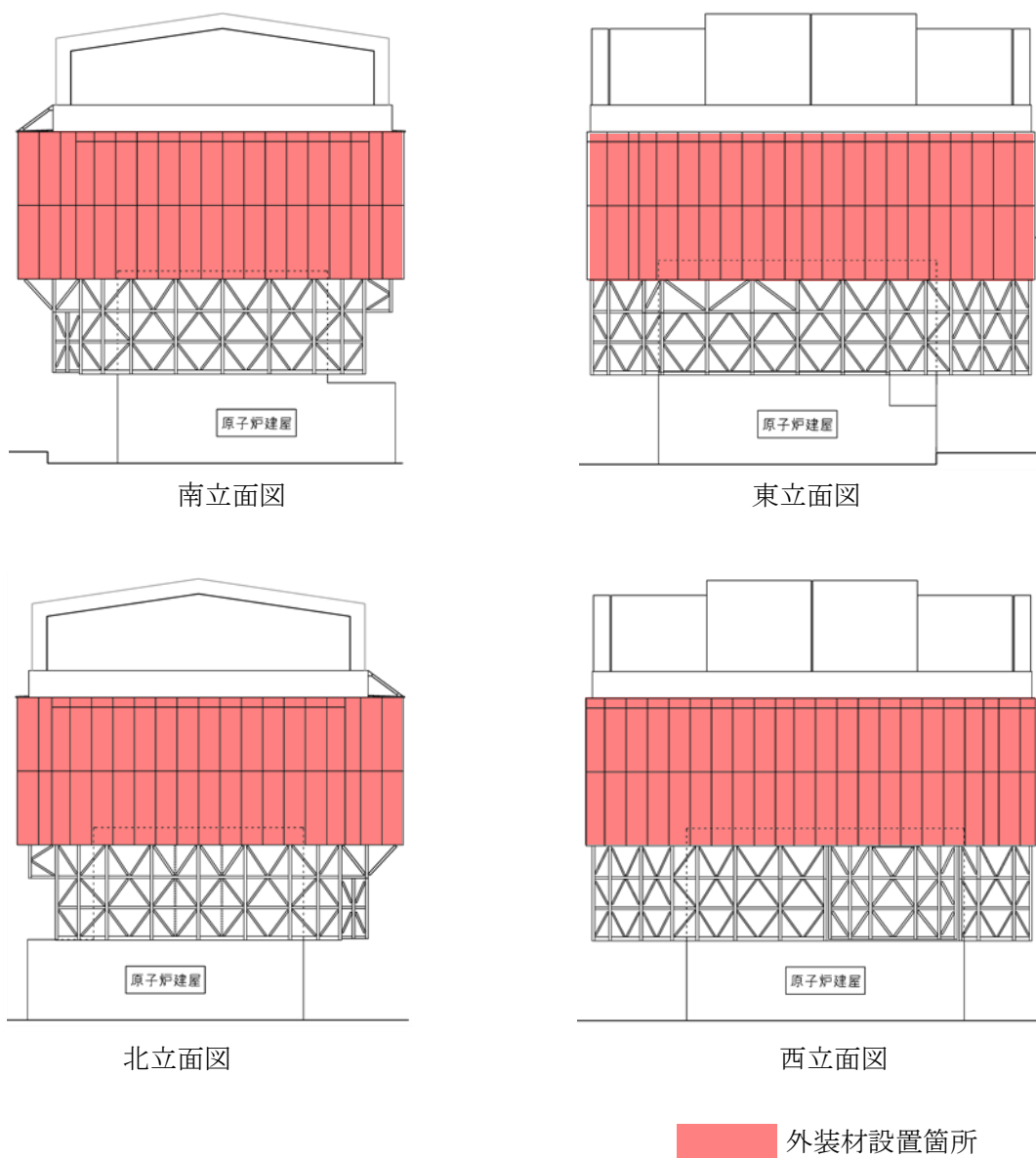


図-2 (3) 屋根部接合部詳細



図一 3 外装材設置範囲図

## 水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力時に用いる模擬地震波について

## 1. はじめに

水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による検討を行う際に、Ss900-1を用いている。

この際、水平1方向にはSs900-1を用いるが、その直交方向にはSs900-1とは位相の異なる模擬地震波を用いる。

水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による検討において、全く同じ地震動が同時に水平2方向に入力されることは現実的に考えにくいことから、Ss900-1を作成した方法と同一の方法で、目標とする応答スペクトルに適合する模擬地震波を利用する。

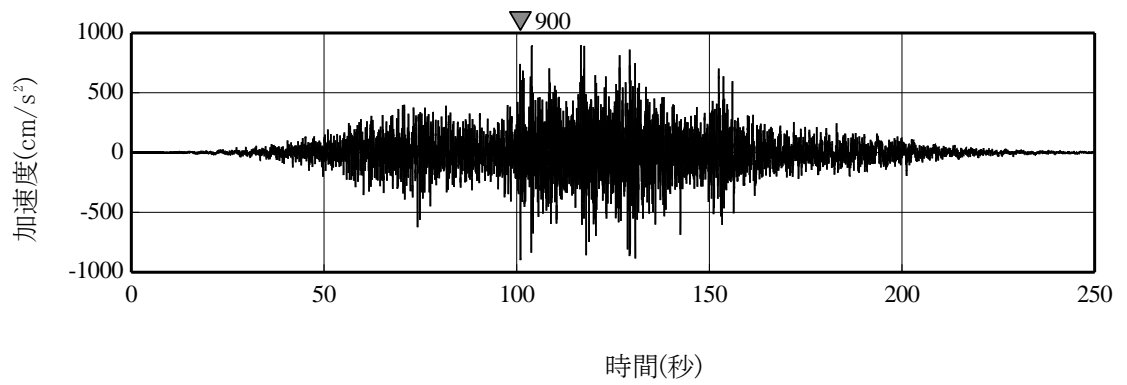
## 2. 模擬地震波の作成方針

応答スペクトル法に基づく手法によるSs900-1については、水平方向の地震動に方向性がないことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による検討を行う場合、水平2方向のうち1方向について模擬地震波を作成し入力する方法が考えられる。

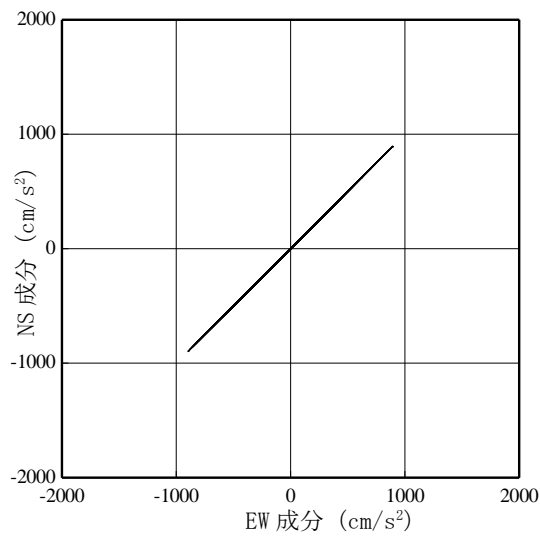
Ss900-1の位相は、2011年東北地方太平洋沖地震において福島第一原子力発電所内の地震観測記録のNS方向の位相を基に模擬地震波を作成している。そこで組み合わせる地震動は、同一の方法でNS方向と直交するEW方向の位相を基に作成した模擬地震波とする。

## 2.1 敷地で得られた観測記録による確認

自由地盤観測点における、2011年東北地方太平洋沖地震（以下、3.11地震）、2021年2月13日の福島県沖の地震（以下、2.13地震）及び2022年3月16日の福島県沖の地震（以下、3.16地震）の観測記録から、当該サイトにおいて、水平2方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として、Ss900-1を同時に水平2方向に入力したオービット（図2.1-1）と、観測記録の水平2方向のオービット（図2.1-2、図2.1-3、図2.1-4）との比較を行った。図2.2-1から、全く同じ地震動を同時に水平2方向に入力した場合、オービットは現実的に考えにくい45°方向に直線的な軌跡を示す。一方、図2.1-2、図2.1-3及び図2.1-4より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。



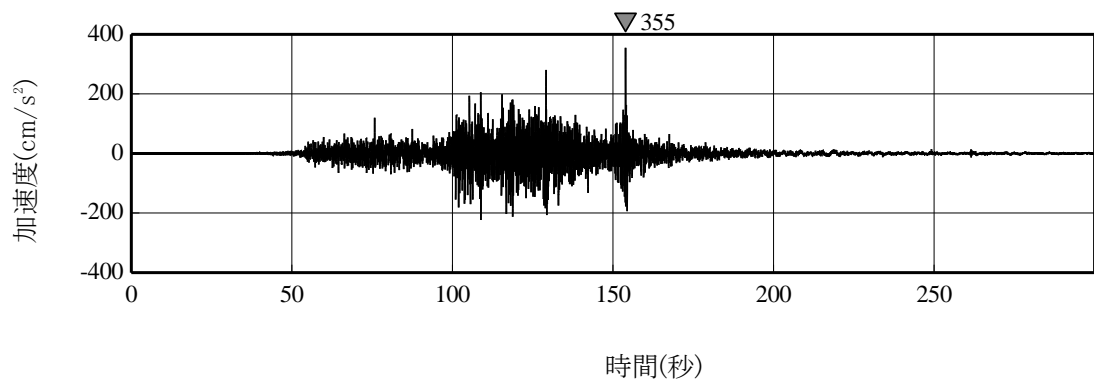
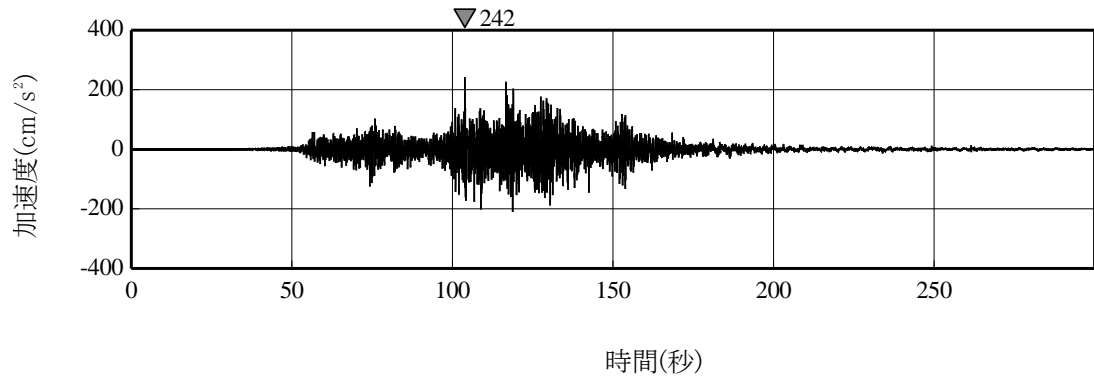
(a) 加速度時刻歴波形



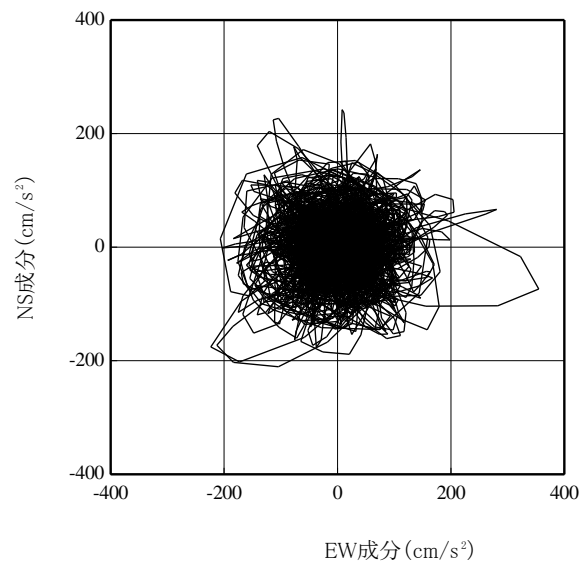
(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

図 2.1-1 Ss900-1



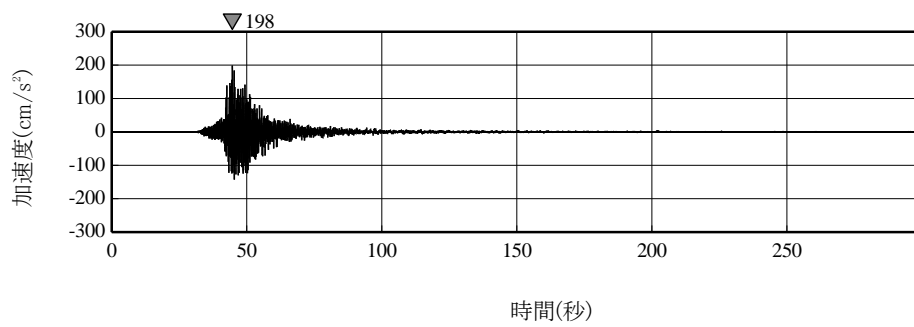
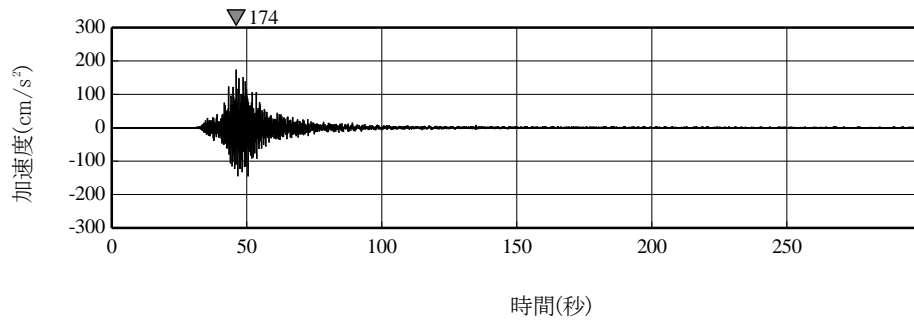


(a) 加速度時刻歴波形

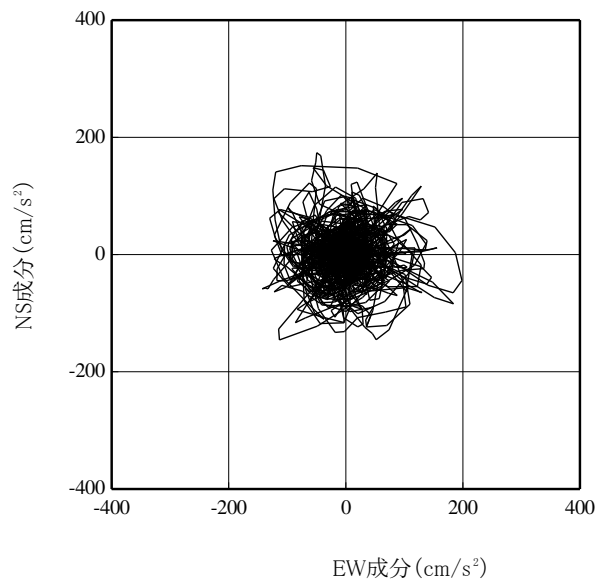


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

図 2.1-2 3.11 地震観測記録 (自由地盤観測点)

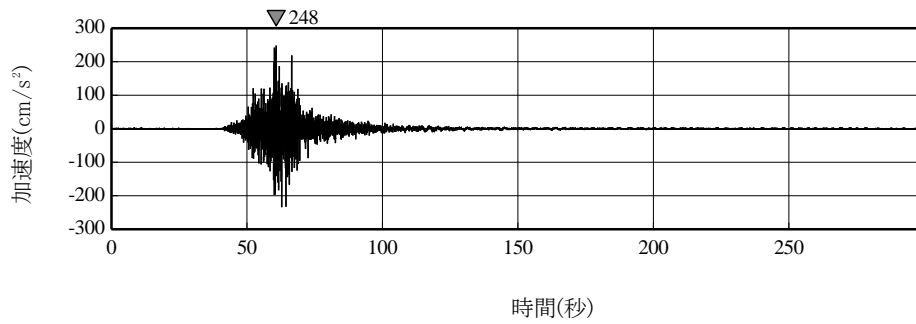


(a) 加速度時刻歴波形

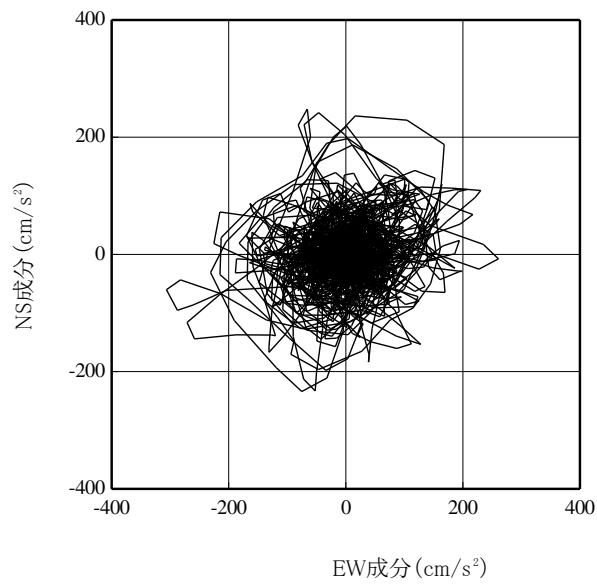


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 2.1-3 2.13 地震観測記録 (自由地盤観測点)



(a) 加速度時刻歴波形

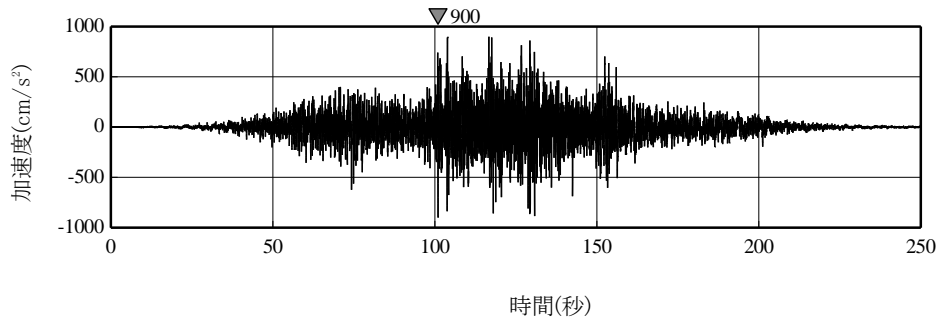


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

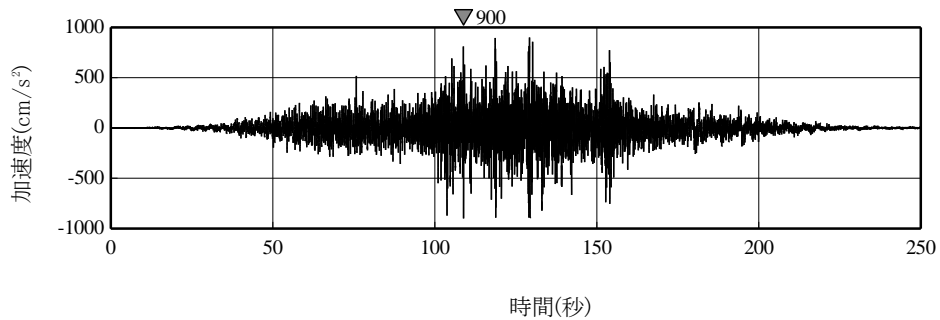
図 2.1-4 3.16 の福島県沖の地震観測記録 (自由地盤観測点)

### 3. 位相特性の異なる模擬地震波の作成結果

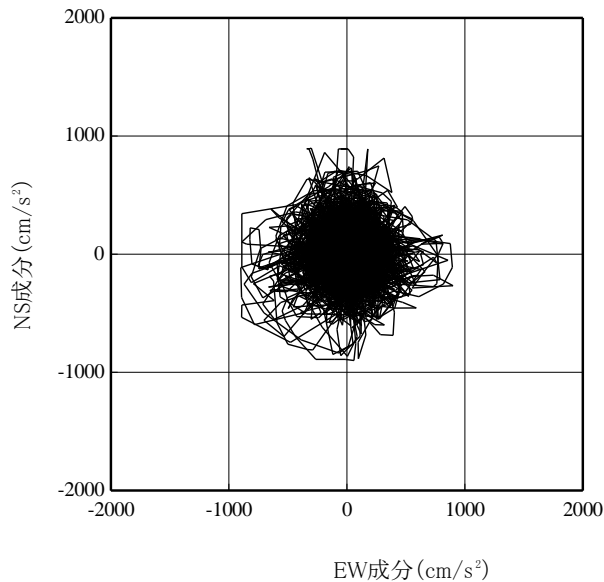
Ss900-1 及び Ss900-1 と組み合わせる模擬地震波の加速度時刻歴波形及びそれぞれの地震波を2方向入力した場合のオービット及び応答スペクトルを図 2.1-5 に示す。



(a) Ss900-1 の加速度時刻歴波形

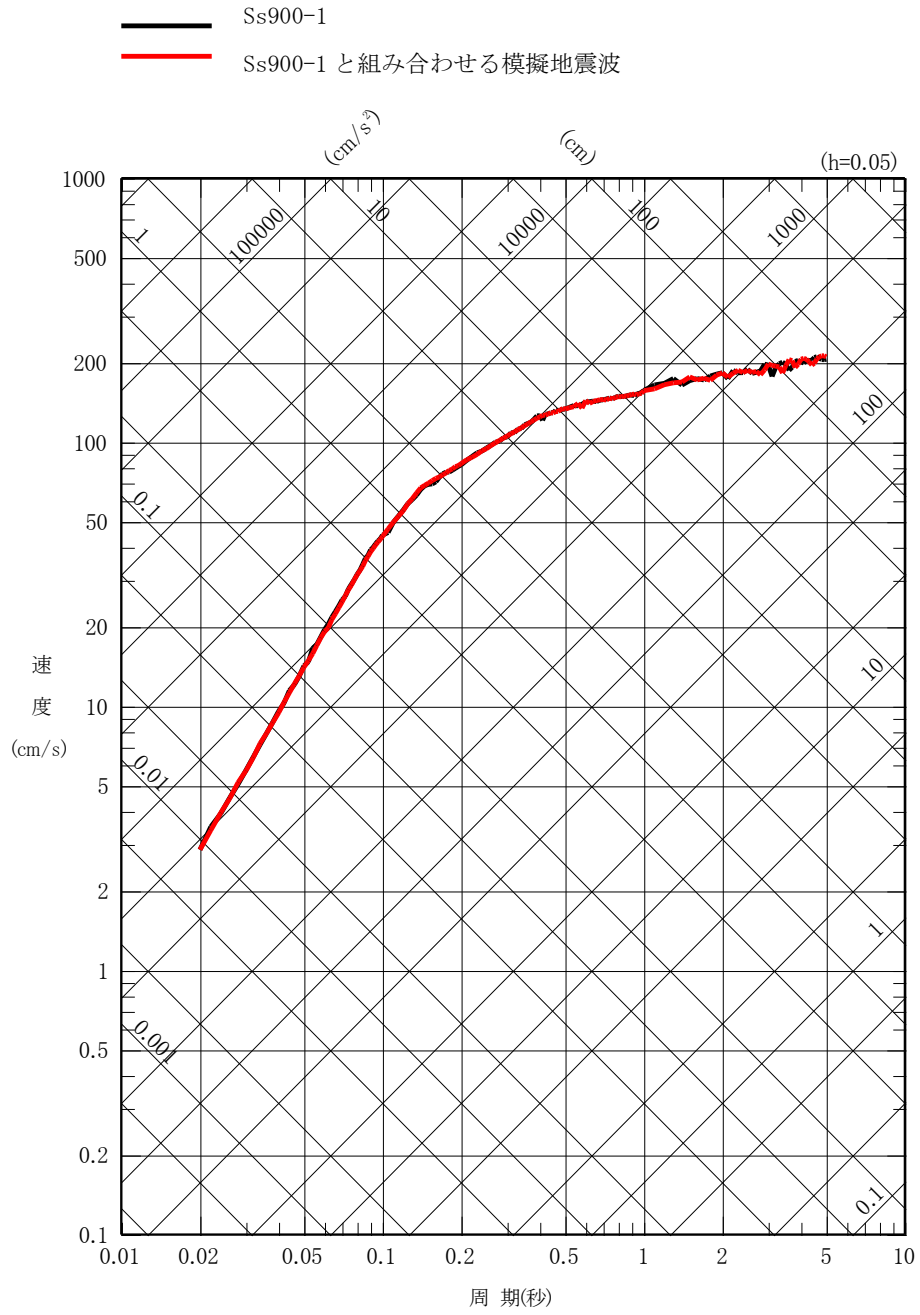


(b) Ss900-1 と組み合わせる模擬地震波の加速度時刻歴波形



(c) 水平2方向の加速度成分のオービット

図 2.1-5 Ss900-1 (1/2)



(d) 水平 2 方向の地震動の応答スペクトル  
 図 2.1-5 Ss900-1 (2/2)

1号機燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する補足説明

1. 1号機燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する補足説明

1.1 はじめに

本書は、II.2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備のうち、1号機燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性について補足するものである。

1.2 補足説明

1.2.1 Ss900 解析モデルの補足説明

建屋質点系モデルの脚部には、Ss900 地震により算定した等価地盤物性に基づくスウェイロッキングばねおよび側面地盤 Novak ばねを設けている。質点系モデルの軸方向は弾性とし、曲げとせん断に「JEAG4601-1991」に示されている非線形特性を考慮する。

3方向同時入力を実施していることから、誘発上下動は本モデルで考慮されている。

大型カバーの地震応答解析モデルにおけるカバー架構と原子炉建屋の接合部については、アンカーボルトで接続していることを考慮してモデル化している。

大型カバーと原子炉建屋を接続するアンカーボルトは、発生するせん断力が大きいことから、せん断力が生じる水平方向及び鉛直方向はバイリニアのばね要素として評価する。一方で、面外方向は発生する応力が小さいことから、剛要素として評価する。

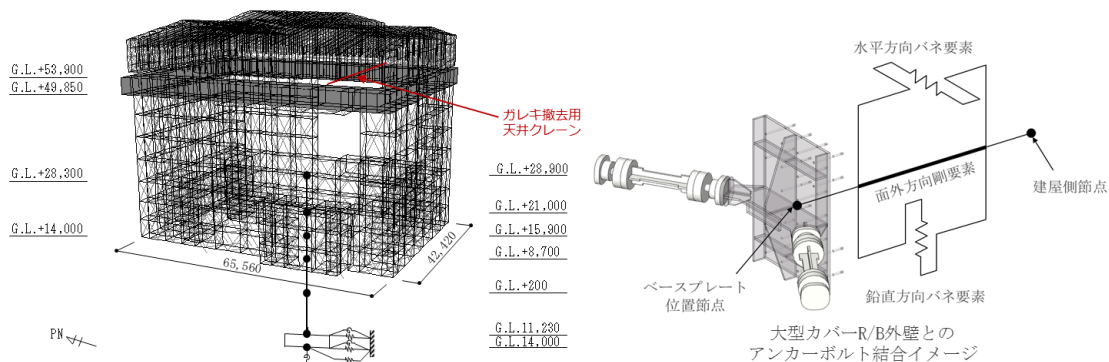


図 1.2.1-1 解析モデル

### 1.2.2 接合部の設計方法に関する補足説明

大型カバーのカバー架構の接合部については、柱・梁及びブレース等 共通で、降伏強度が十分確保されるよう以下の設計方法としている。

- ・ ボルト本数  
ボルト欠損を考慮しない母材全断面の降伏強度が確保されるよう、ボルトの短期許容で必要本数を算出している。
- ・ ガセットほか  
母材全断面の降伏強度が確保されるよう、保有耐力接合条件（安全率  $\alpha = 1.2$ ）を満足していることを確認している。

### 1.2.3 Ss900 接合部のモデル化に関する補足説明

本形式のアンカーボルトは、アンカーボルトに大きなせん断力が作用するため、せん断終局強度の75%に達すると固定度が低下するバイリニア型ばねで建屋と結合するモデルとする。なお、初期剛性はアンカーボルトの芯材のみを考慮する。

アンカーボルトのバイリニア型ばねのモデルと、参考までに今回行ったせん断実験の荷重-変位関係も併せて示す。

引張力、せん断力の組合せ応力に対して、ミーゼスの降伏条件から

$$\sigma^2 + 3\tau^2 \leq \sigma_y^2$$

$$\Rightarrow \left(\frac{A\sigma}{A\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{A\tau}{A\sigma_y/\sqrt{3}}\right)^2 \leq 1$$

$$\therefore \left(\frac{P}{P_u}\right)^2 + \left(\frac{Q}{Q_u}\right)^2 \leq 1$$

A : アンカーボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)

P<sub>u</sub> : アンカーボルトの終局引張耐力 (kN)

Q<sub>u</sub> : アンカーボルトの終局せん断耐力 (kN)

P : アンカーボルトの引張力 (kN)

Q : アンカーボルトのせん断力 (kN)

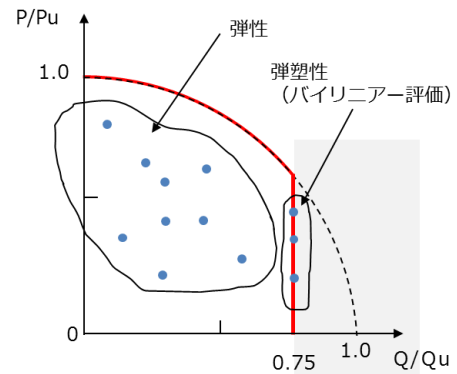


図 1.2.3-1 バイリニア評価の概要

せん断終局強度の75%を制限値とした評価としていることから、

$$\frac{Q}{Q_u} \leq 0.75$$

バイリニア評価した検定値は、上図の $\frac{Q}{Q_u}=0.75$ の直線上にあり、弾性範囲内の検定値は全て上図の赤線内側の範囲に収まっている。



設計強度に対してひび割れの有無に関わらず、20%以上の裕度（23%～53%）を実験から確認でき、これは過去のセメフォースアンカーのせん断試験結果と同様である。

せん断実験結果（荷重変位関係）より設計強度の75%程度において、せん断剛性がやや低下している。

従って、設計強度の75%程度でアンカーに作用する応力は頭打ちとなり、応力再配分が行われ、地震による慣性力と釣り合うと考え、せん断力の制限値を75%とした。

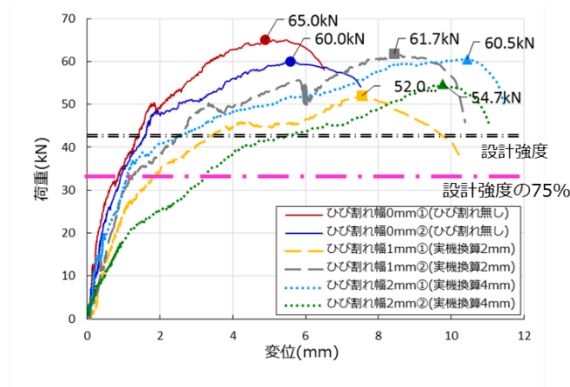


図 1.2.3-2 せん断実験結果（荷重変位関係）

アンカーボルトのせん断終局強度の75%を制限値とせずに、評価を実施した結果を下表に示す。

実験によって得られた剛性により評価した結果、最大検定比は最大でも1.17であり、先に実施した実験における裕度（23%～53%）に収まることから制限値を考慮しない場合であってもアンカーは損傷に至らない。

表 1.2.3-1 せん断強度の制限による評価結果

		せん断耐力に対する検定比		
		0.75以上 1.0未満のBPL箇所数	1.0以上のBPL 箇所数	最大 検定比
せん断終局強度 を制限する	ガレキ撤去時	なし	なし	0.75
	燃料取り出し時	なし	なし	0.75
せん断終局強度 を制限しない	ガレキ撤去時	54箇所※	4箇所※	1.08
	燃料取り出し時	58箇所※	7箇所※	1.17

※ベースプレート全168箇所に対する箇所数

アンカー部の剛性について、アンカー実験の剛性値を初期剛性としたケースについて、パラスタを実施した。

最大層間変形角は1/30を超えないことを表 1.2.3-2、表 1.2.3-3 により確認するとともに、基本ケースと大きな違いなく、大型カバー全体の応答への影響がないことを確認した。

表 1.2.3-2 最大応答層間変形角（ガレキ撤去時）

方向	地震条件	検討箇所	最大層間変形角	許容限界	判定
南北方向	Ss900 (+NS+EW+UD)	G. L. +53.9 (m) ～+28.3 (m) h=25.6 (m)	1/83	1/30	0. K.
東西方向	Ss900 (+NS+EW+UD)	G. L. +53.9 (m) ～+28.3 (m) h=25.6 (m)	1/82	1/30	0. K.

表 1.2.3-3 最大応答層間変形角（燃料取り出し時時）

方向	地震条件	検討箇所	最大層間変形角	許容限界	判定
南北方向	Ss900 (+NS+EW+UD)	G. L. +53.9 (m) ～+28.3 (m) h=25.6 (m)	1/83	1/30	0. K.
東西方向	Ss900 (+NS+EW+UD)	G. L. +53.9 (m) ～+28.3 (m) h=25.6 (m)	1/82	1/30	0. K.

アンカーボルト部における検定比は下表に示す通りとなり、大型カバーの構造成立性に影響を与えるものではない。

表 1.2.3-4 アンカーボルト検討結果（一般部，ガレキ撤去時）

部位 (アンカー本数)	地震条件		最大反力		終局強度		耐力比	判定
			引張力 (kN)	せん断力 (kN)	引張 (kN)	せん断 (kN)		
アンカーボルト (20)	Ss900	+NS+EW+UD	2726	2895	5620	3860	0.82	0.K.

表 1.2.3-5 アンカーボルト検討結果（一般部，燃料取り出し時）

部位 (アンカー本数)	地震条件		最大反力		終局強度		耐力比	判定
			引張力 (kN)	せん断力 (kN)	引張 (kN)	せん断 (kN)		
アンカーボルト (36)	Ss900	+NS+EW+UD	3456	5211	7128	6948	0.82	0.K.

表 1.2.3-6 アンカーボルト検討結果（燃料取扱設備支持部，ガレキ撤去時）

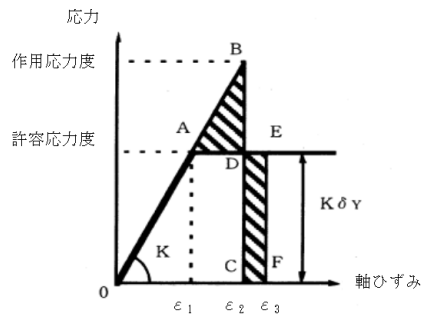
部位 (アンカー本数)	地震条件		最大反力		終局強度		耐力比	判定
			引張力 (kN)	せん断力 (kN)	引張 (kN)	せん断 (kN)		
アンカーボルト (16)	Ss900	+NS+EW+UD	1427	1837	4448	3088	0.60	0.K.

表 1.2.3-7 アンカーボルト検討結果（燃料取扱設備支持部，燃料取り出し時）

部位 (アンカー本数)	地震条件		最大反力		終局強度		耐力比	判定
			引張力 (kN)	せん断力 (kN)	引張 (kN)	せん断 (kN)		
アンカーボルト (32)	Ss900	+NS+EW+UD	5988	4094	8576	6176	0.94	0.K.

#### 1.2.4 エネルギー一定則に関する補足説明

一部の部材の弾性応答値が弾性限界強度をわずかに上回った場合、周辺の弾性応答部材への応力再配分が期待できるため、エネルギー一定則の考え方に基づき相当する塑性率を算定する。



エネルギー一定則を利用して、塑性率を  $\varepsilon_3/\varepsilon_1$  (エネルギー一定則を利用した軸ひずみ/許容応力度における軸ひずみ) により算出し、許容値以下となることを確認する。

図 1.2.4-1 部材の応力-ひずみ関係

柱及び梁の弾性部材のうち、検定比が1を超える部材は図に示すとおり、全体の1%程度とごくわずかである。このため、カバー全体の变形に影響を与えるほど柱、梁は塑性化しておらず、カバーの層間変形角に影響を与えるものではない。

また、塑性化を許容しているブレース材のうち、塑性率が5を超える部材は図に示すとおり、全体の4%程度である。このため、カバー全体の变形に影響を与えるほど塑性化していない。

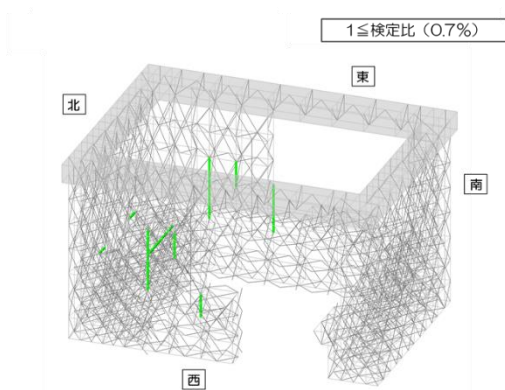


図 1.2.4-2

柱梁部材検定比1を超える割合図

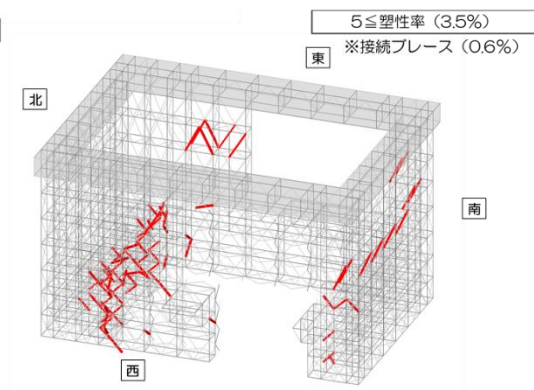


図 1.2.4-3

ブレース材塑性率5を超える割合図

### 1.2.5 破断寿命評価に関する補足説明

対象部材に対して、応答解析より求まる最大等価軸ひずみ（設定歪振幅）を算定する。

対象部材の最大等価軸ひずみに対応する鋼材の破断寿命を中込ほか<sup>1</sup>より算出し、これを評価基準とする。

対象部材の軸ひずみ時刻歴波形より、降伏ひずみ及び座屈ひずみを超え、勾配の正負が切り替わる全点（波形のピーク）を数え上げ、それを繰り返し回数とする。

ガレキ撤去時の破断寿命に対する繰り返し回数の算定を示す。

表 1.2.5-1 破断寿命に対する繰り返し回数の算定（ガレキ撤去時）

部位 (使用部材)	部材	最大等価 軸ひずみ $\epsilon_{max}$ ( $\times 10^{-3}$ )	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
接続部ブレース 十字PL-210x28 (SN490B)	鉛直ブ レース	1.49	197	544	0.37	OK

※1: 対象部材の軸ひずみ時刻歴波形をカウントする。

※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より算定する（参考表）。破断寿命は、参考表 の設定ひずみより求める。

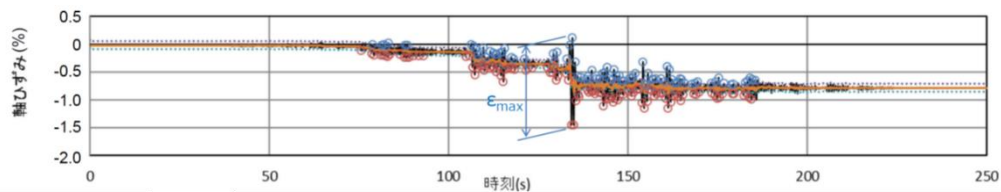


図 1.2.5-1 軸ひずみ時刻歴波形

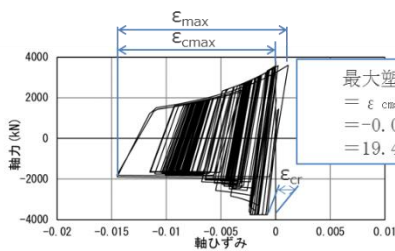


表 1.2.5-2 設定ひずみ振幅と疲労寿命

設定歪振幅	亀裂発生寿命	破断寿命
10.00%	3	$1.8 \times 10$
7.00%	$1.0 \times 10$	$3.9 \times 10$
5.00%	$2.6 \times 10$	$6.7 \times 10$
3.50%	$3.5 \times 10$	$1.02 \times 10^2$
2.00%	$1.70 \times 10^2$	$2.99 \times 10^2$
1.00%	$4.40 \times 10^2$	$9.66 \times 10^2$
0.90%	$8.00 \times 10^2$	$1.29 \times 10^3$
0.70%	$1.45 \times 10^3$	$2.76 \times 10^3$

図 1.2.5-2 軸ひずみ-軸力時刻歴

<sup>1</sup> [中込他, 繰返し力を受ける SM490 鋼の疲労性に関する研究, 1995 年 3 月]

### 1.2.6 屋根の補足説明

大型カバーの屋根は可動式とし、通常時は動かないように固定ピンで固定する。屋根を開閉する際は、固定ピンを外し南北方向に動かす。この際、逸走防止受けが落下防止材として働くことにより屋根の落下を防止する。

移動時など、逸走防止と固結（固定ピンが挿入されていない）されていなかった場合に、逸走防止受け自体が落下防止材として働くようにする。

片側の逸走防止受け柱脚（片側8箇所）に作用するせん断力は、柱脚アンカーボルトのせん断耐力以下となっている。

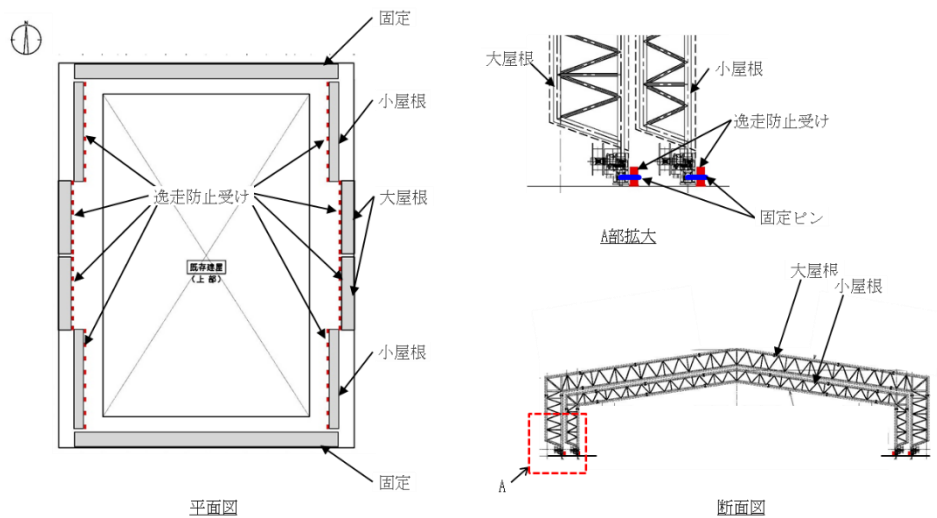


図 1.2.6-1 屋根部の逸走防止受けの概要

せん断力Q (kN)	せん断耐力Qu (kN)	検定比	判定
675	2710	0.25	0. K.

$$Q = W \cdot K_H / 8$$

$$Q_u = n \cdot F_{qu}$$

- Q : 逸走防止受け1箇所あたりに作用するせん断力 (kN)
- Qu : 柱脚アンカーボルトのせん断耐力 (kN)
- W : 大屋根の全重量 (900kN)
- K<sub>H</sub> : EW方向水平震度  
(屋根頂部加速度より安全側に6Gと設定)
- n : ボルトの本数 (10本)
- F<sub>qu</sub> : ボルトの最大せん断耐力 (271kN)  
(HTB M24最大せん断耐力 (一面))

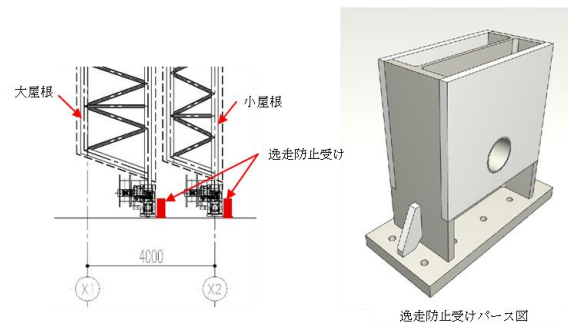


図 1.2.6-2 落下防止の検討

### 1.2.7 ガレキ撤去用天井クレーンに関する補足説明

ガレキ撤去用天井クレーン（以下、天井クレーンと言う。）は大型カバー頂部に設置され、クレーンガーダ2本の上をトロリが移動する。Ss900 に対する波及的影響の評価にあたっては、以下を考慮する。

- ・ 天井クレーン端部に2.3mの水平かかり代を設け、地震時の天井クレーン落下を回避する。万が一レールから脱輪して、さらに回転したとしても、クレーンガーダ端部のハンチ部がカバー架構頂部に当たる形状であることから、物理的に落下しない。
- ・ 天井クレーン不使用時はカバー北側に駐機する。
- ・ 電源喪失時に電磁ブレーキにより揚重状態を保持する。
- ・ フックには外れ止めを装備する。
- ・ トロリ部には脱落防止材を設置し、地震時のトロリ落下を回避する。

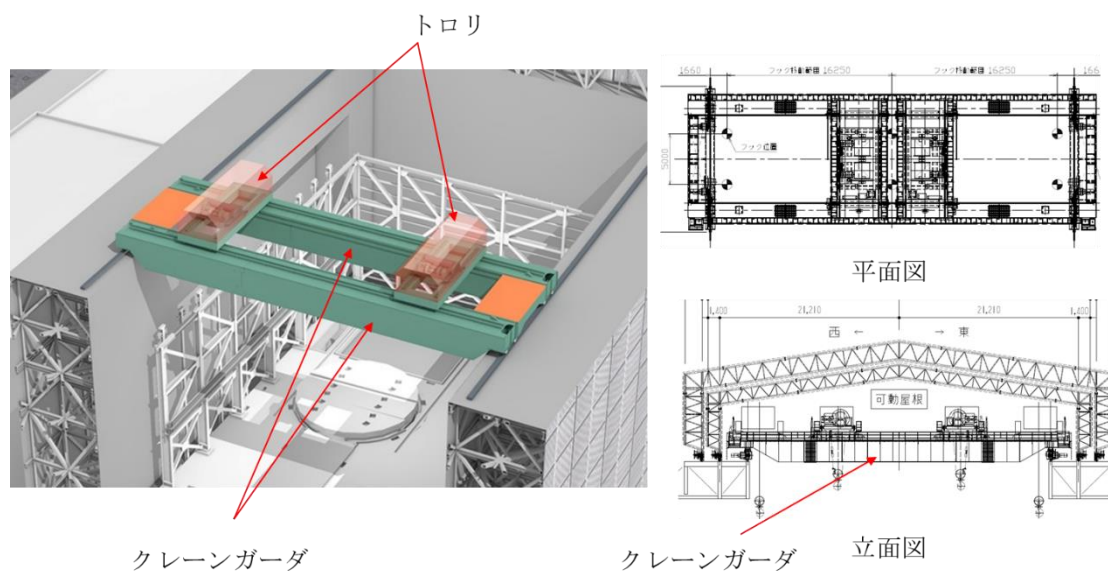


図 1.2.7-1 天井クレーンの概要図



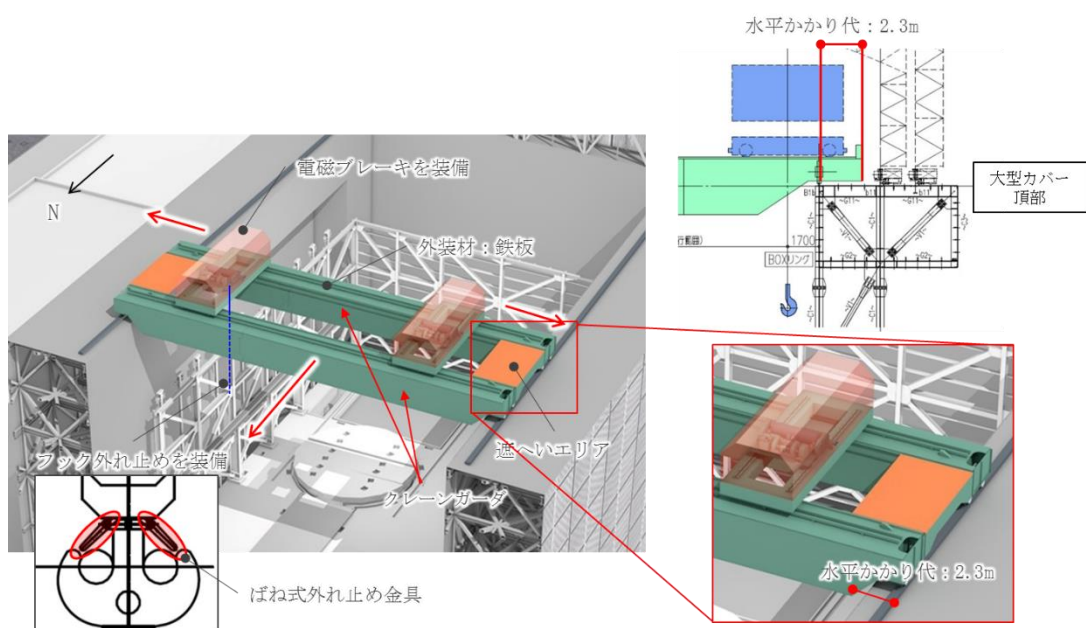
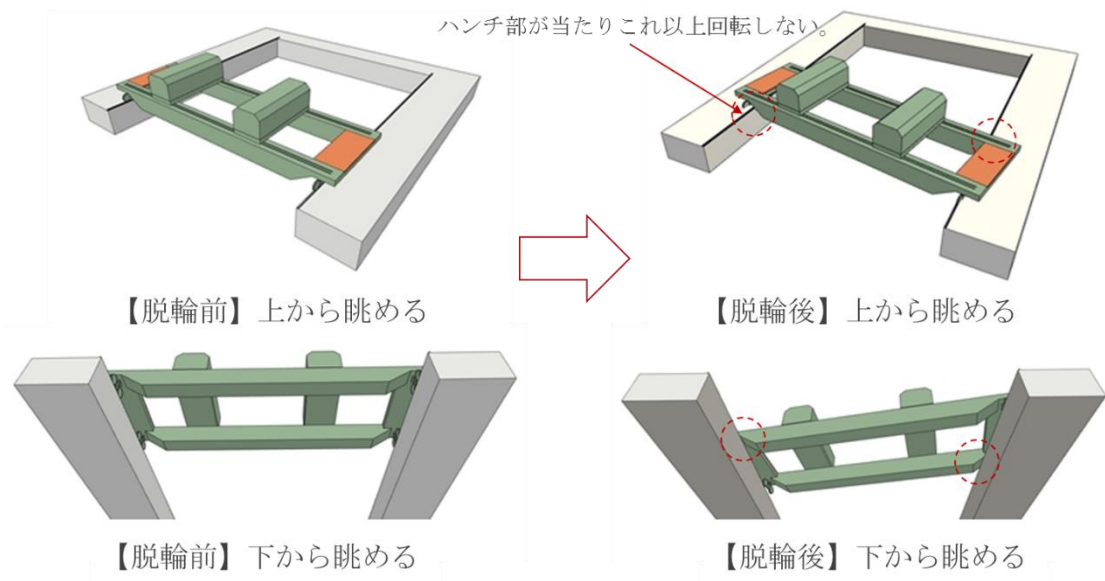
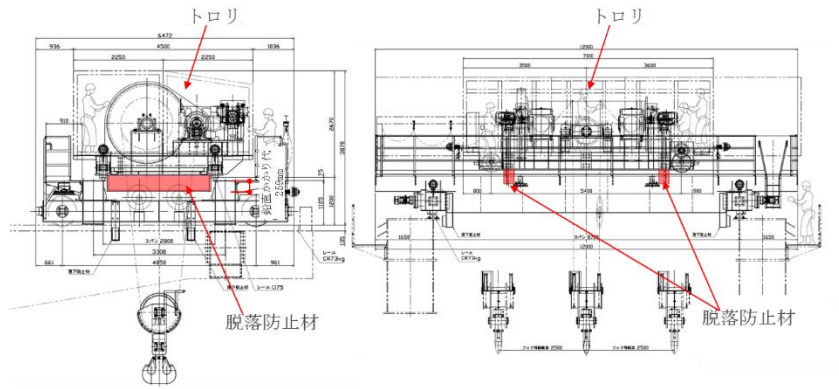


図 1.2.7-2 天井クレーン安全対策の概要図



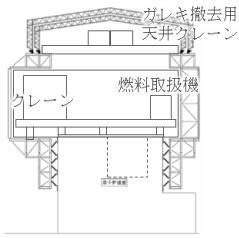
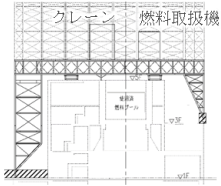
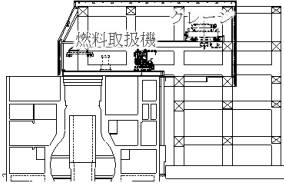


トロリの脱落防止材（赤色部：H-900×300×16×28(SS400)）

図 1.2.7-3 トロリの脱落防止材の概要

1.2.8 3,4号機との比較に関する補足説明

3,4号機との主要な比較項目を表に示す。

号機	1号機	3号機	4号機
イメージ図			
構造	鉄骨造，トラス構造	鉄骨造，トラス構造	鉄骨造，ラーメン構造
カバーの支持	原子炉建屋外壁に支持	原子炉建屋1階，3階及び5階に支持	地盤，原子炉建屋外壁及びシェル壁に支持
屋根	可動式	可動しない	可動しない
外装材	屋根：膜材 外壁：金属製外装材	金属製外装材	金属製外装材
カバーに支持する主要設備	ガレキ撤去用天井クレーン（一般部に設置） 燃料取扱機，クレーン（原子炉建屋及び燃料取扱設備支持部に設置）	燃料取扱機，クレーン	燃料取扱機，クレーン

## 1号機原子炉建屋外壁の3次元FEM解析による耐震安全性評価

## 1. 1号機原子炉建屋外壁の3次元FEM解析による耐震安全性評価

## 1.1 はじめに

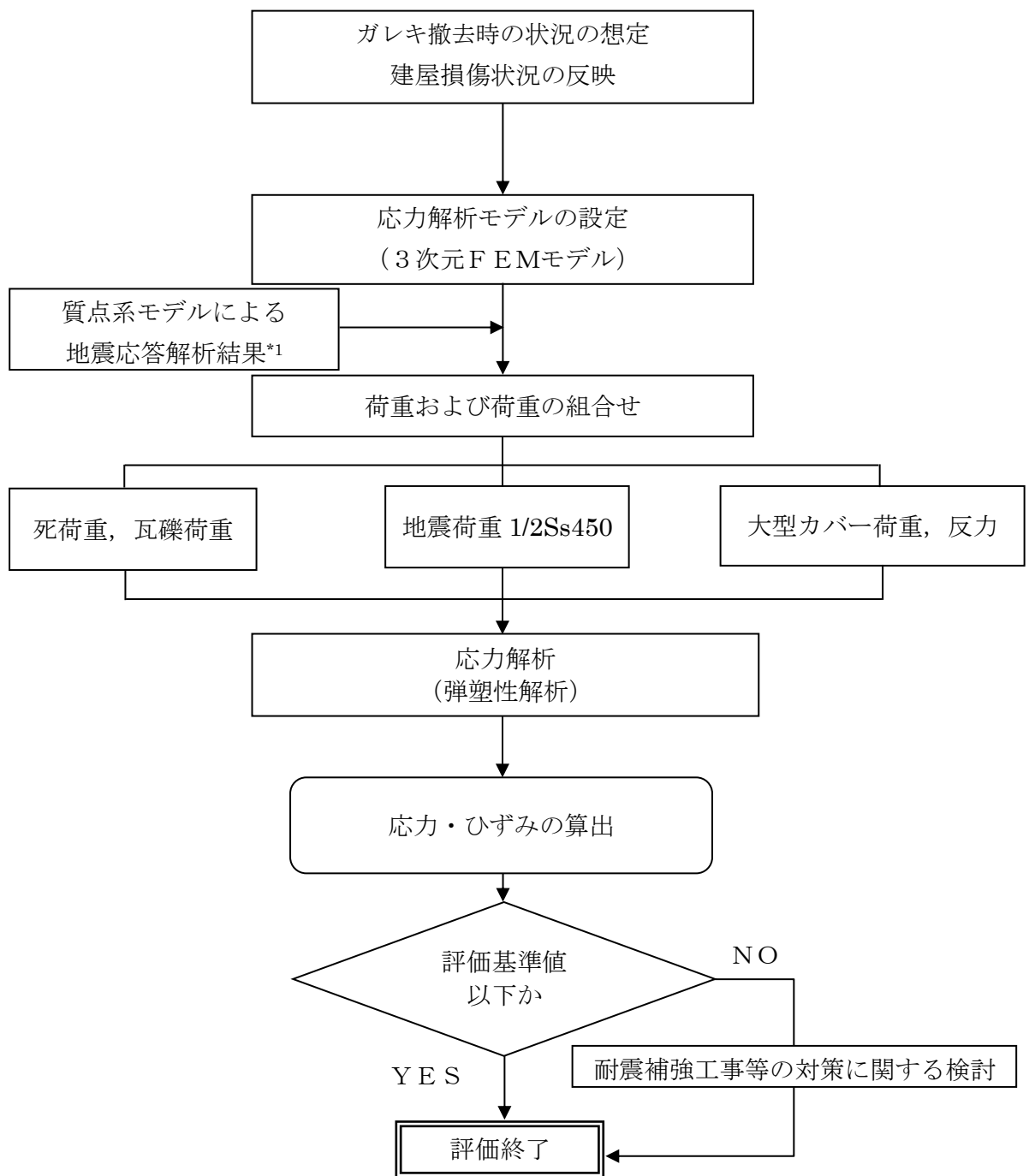
大型カバーは、原子炉建屋の外壁面に支持されており、原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない設計としている。本章では、事前の外壁調査結果やその他損傷状況を反映し、かつ瓦礫撤去時の荷重状態を想定した原子炉建屋の1/2Ss450に対する3次元FEM解析により、原子炉建屋外壁の耐震安全性評価を実施する。

## 1.2 3次元FEM解析による耐震安全性評価

## 1.2.1 解析方針

耐震安全性評価は、図-1.1のフローに示すように以下の手順で行う。

- ・ 1階壁から5階オペレーティングフロア（以降5階オペフロ床と略す）の外壁を含む原子炉建屋の地上部について、3次元FEM解析モデルを作成する。
- ・ 死荷重、瓦礫荷重・大型カバー荷重、地震応答解析結果にもとづく地震荷重、地震時の大型カバー反力及び荷重組合せの条件を設定する。
- ・ 応力解析として鉄筋コンクリート部材の塑性化を考慮した弾塑性解析を行い、大型カバーが取り付く建屋外壁に発生する応力及びひずみを算出する。
- ・ 評価基準値と比較し、耐震安全性を評価する。



\*1 : 「Ⅱ-2-11 添付資料-4-2 燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する説明書」中の1号機のガレキ撤去時の状態を考慮した地震応答解析結果にもとづく。

図-1.1 耐震安全性評価フロー

### 1.2.2 応力解析モデルの設定

鉄筋コンクリート部材の塑性化を考慮した弾塑性解析を実施し、建屋外壁に発生する応力及びひずみを算定する。1階壁から5階オペフロ床までの鉄筋コンクリート部材を有限要素の集合体としてモデル化した。

外壁については、事前の外壁調査において、ひび割れや浮きが認められたものの、局所的であり、耐震壁としての性能を保持していると評価し、剛性低下は行わない。一方、5階オペフロ床の北西部の一部については、崩落が確認されており、当該床の要素を削除する。

解析モデルに使用する板要素は、鉄筋層をモデル化した積層シェル要素を用いた。各要素には、板の軸力と曲げ応力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮した。使用計算機コードは「ABAQUS」である。

図-1.2に解析モデル概要図を、図-1.3に解析モデルの境界条件を、図-1.4にコンクリートと鉄筋の構成則を示す。

※外壁は「Ⅲ-3-1-3 添付資料-2 福島第一原子力発電所の原子炉建屋の現状の耐震安全性及び補強等に関する検討に係る報告書（その1）（東京電力株式会社，平成23年5月28日）」同様に損傷がないものとして評価。床については2014年3月27日に実施した1号機建屋内現場調査時に4階床面より見上げて5階オペフロ床の北西部の一部の崩落が確認できたため、「Ⅲ-3-1-3 添付資料-2 福島第一原子力発電所の原子炉建屋の現状の耐震安全性及び補強等に関する検討に係る報告書（その1）（東京電力株式会社，平成23年5月28日）」から変更している。

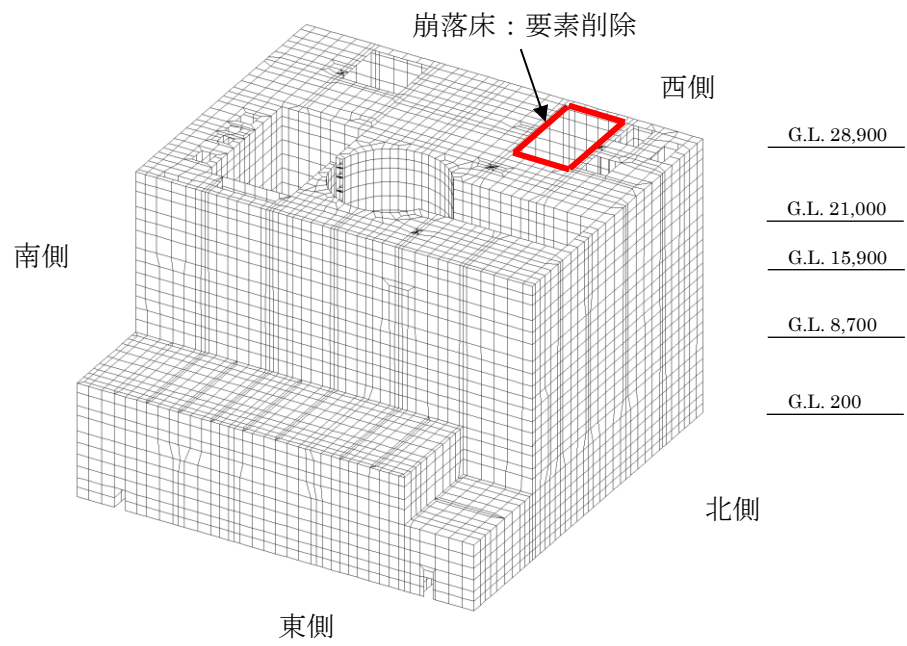


図-1.2 解析モデル概要図

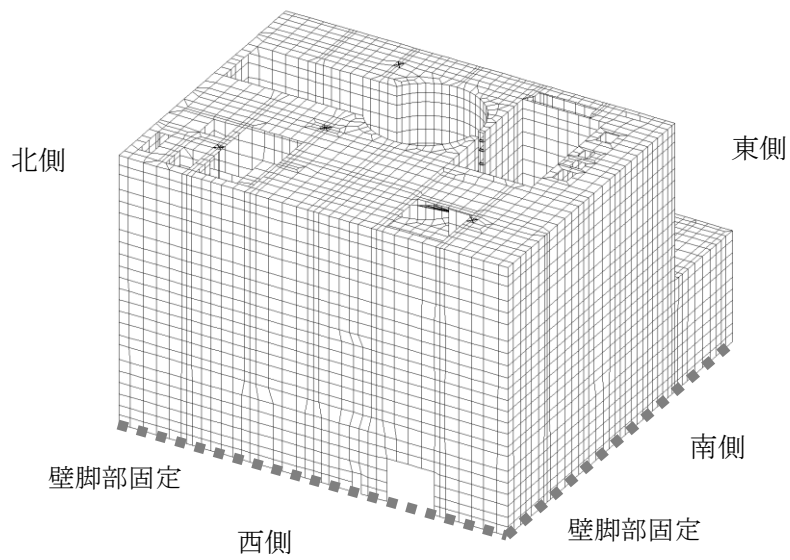
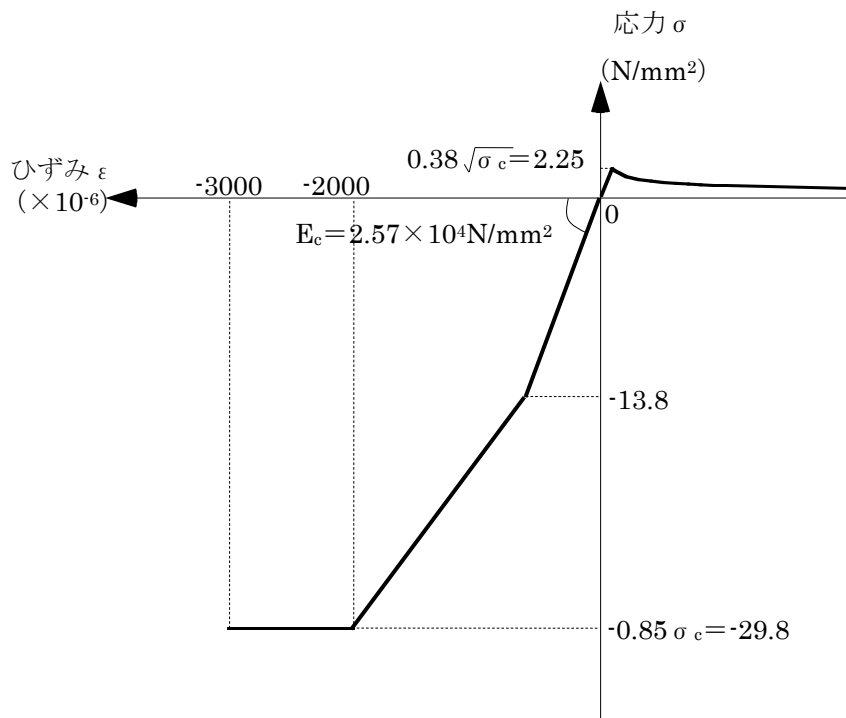
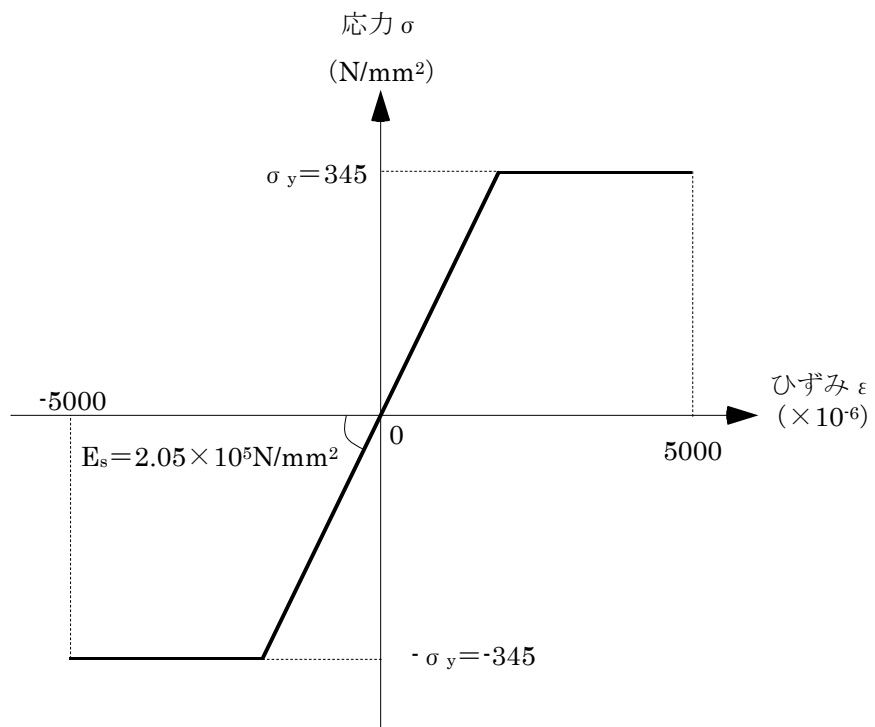


図-1.3 解析モデルの境界条件



(a) コンクリートの応力-ひずみ関係 (コンクリート強度  $\sigma_c = 35$  N/mm<sup>2</sup>)



(b) 鉄筋の応力-ひずみ関係 (鉄筋降伏点  $\sigma_y = 345$  N/mm<sup>2</sup>)

図-1.4 コンクリートと鉄筋の構成則

### 1.2.3 荷重及び荷重の組合せ

#### (1) 死荷重及び瓦礫荷重 DL

解析モデルに付与する死荷重は、モデル化範囲の建屋躯体の自重に加え、機器・配管・その他の重量は床に一様に積載されているものとする。また、瓦礫荷重は、外部への落下分を無視し崩れた屋根や鉄骨重量が全て5階オペフロ床に一様に積載されているものとする。

#### (2) 大型カバー荷重 DF

大型カバー重量を、外壁面支持位置に考慮する。

#### (3) 地震荷重 K

質点系モデルによる1/2Ss450地震動に対する地震応答解析結果にもとづき、水平方向及び鉛直方向の地震荷重を設定する。

#### (4) 大型カバー反力 KF

地震時に生じる大型カバーからの反力を考慮する。

#### (5) 荷重の組合せ

表-1.1 に荷重の組合せを示す。水平2方向及び鉛直方向の地震動の組合せは、組合せ係数法に基づく。(水平のいずれかを1.0とし、±を考慮し合計16ケース)

表-1.1 荷重の組合せ

荷重時名称	荷重の組合せ
Ss 地震時	DL + DF + K + KF

ここに、DL：死荷重及び瓦礫荷重、DF：大型カバー荷重、K：地震荷重（1/2Ss450地震動）、KF：大型カバー反力



#### 1.2.4 評価結果

配筋諸元等にもとづき構造検討を行い、耐震安全性を評価する。評価においては、応力解析より求まる応力及びひずみが、評価基準値以下となることを確認した。評価基準値はコンクリート並びに鉄筋のひずみについては日本機械学会「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」にもとづき設定した。表-1.2 にひずみの評価基準値の値を示す。なお、許容面外せん断力については「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・解説」に基づき以下の式から算定する。

$$Q_d = bj\alpha f_s$$

$$\text{ただし, } \alpha = \frac{4}{\frac{M}{Q_d} + 1} \quad \text{かつ } 1 \leq \alpha \leq 2$$

ここで、

- $Q_d$  : 短期許容面外せん断力
- $b$  : 断面の幅
- $j$  : 断面の応力中心間距離で有効せいの(7/8)倍の値とすることができる
- $\alpha$  : せん断スパン比  $M/(Qd)$ による割増係数
- $f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度
- $M$  : 設計する壁の短期荷重による最大曲げモーメント
- $Q$  : 設計する壁の短期荷重による最大せん断力
- $d$  : 有効せい

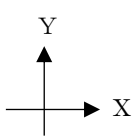
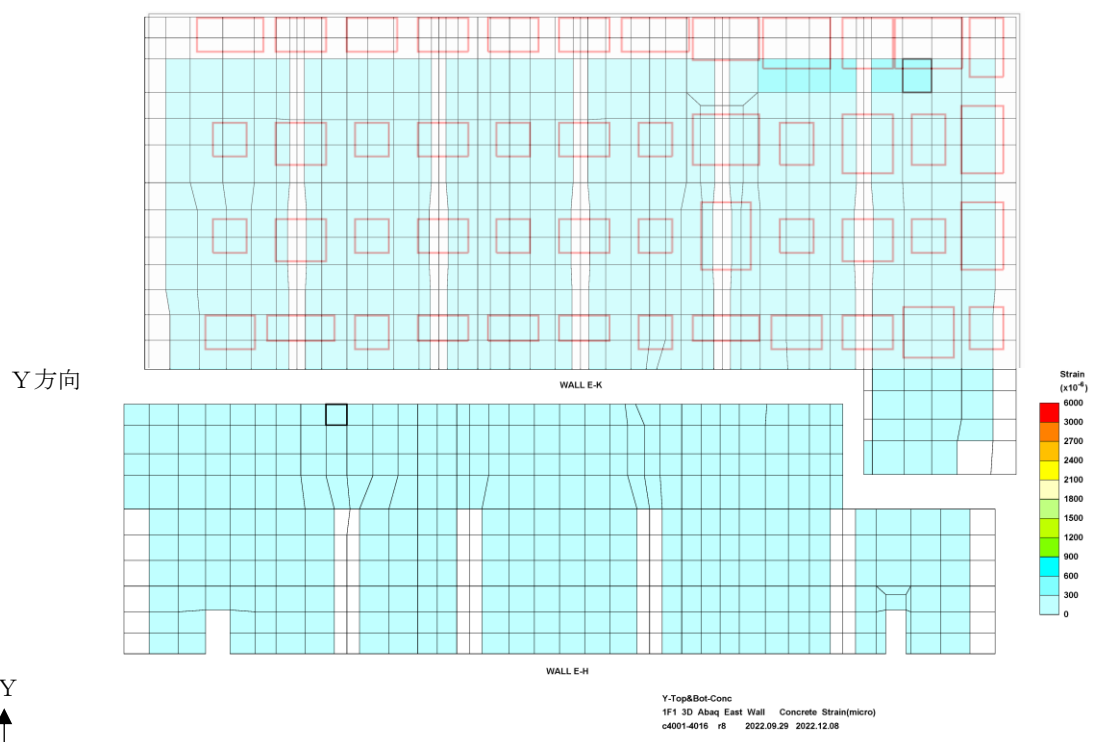
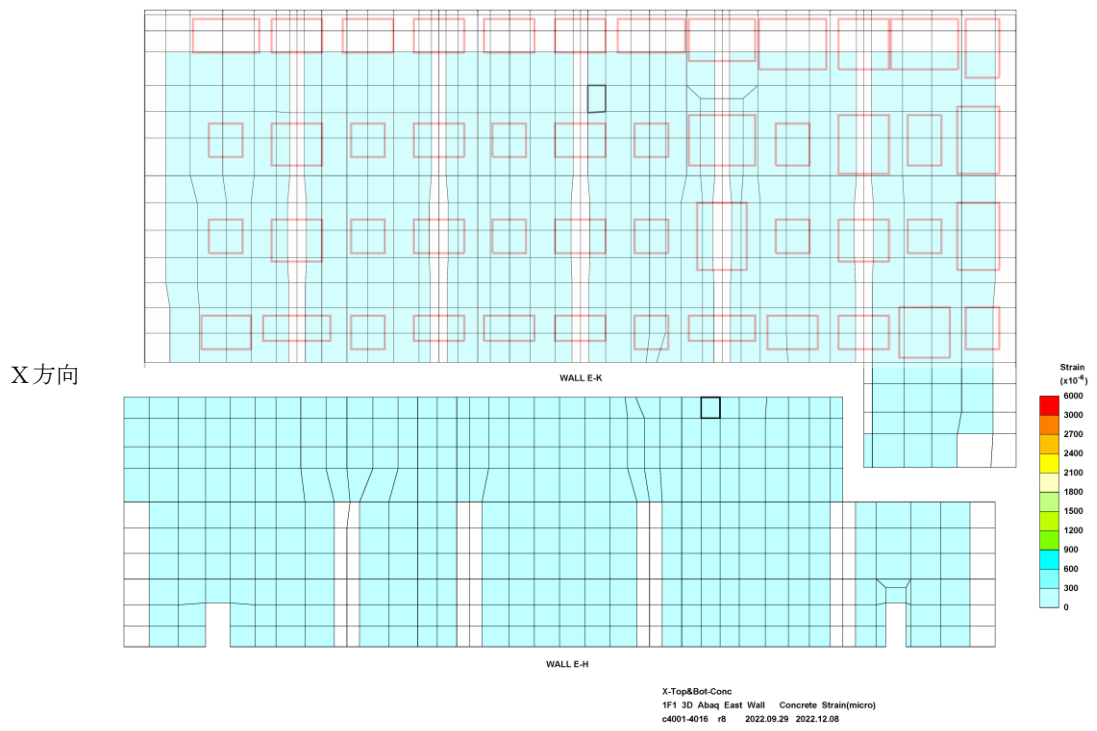
発生ひずみ及び面外せん断力の発生応力と評価基準値の比(検定比。1以下で評価基準値を満足する。)を示した結果を図-1.5～図-1.16に、各面の最大値一覧を表-1.3に示す。いずれの箇所においても発生ひずみ及び面外せん断力は許容限界以内であり、評価基準値を十分に下回っている。このことから、瓦礫撤去時の状況において、大型カバーが取りつく建屋外壁は、耐震安全性を有しているものと評価した。

表-1.2 ひずみの評価基準値

評価対象	評価基準値 $\epsilon_a$ ( $\times 10^{-6}$ )
コンクリート	-3000
鉄筋	$\pm 5000$

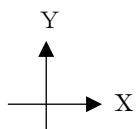
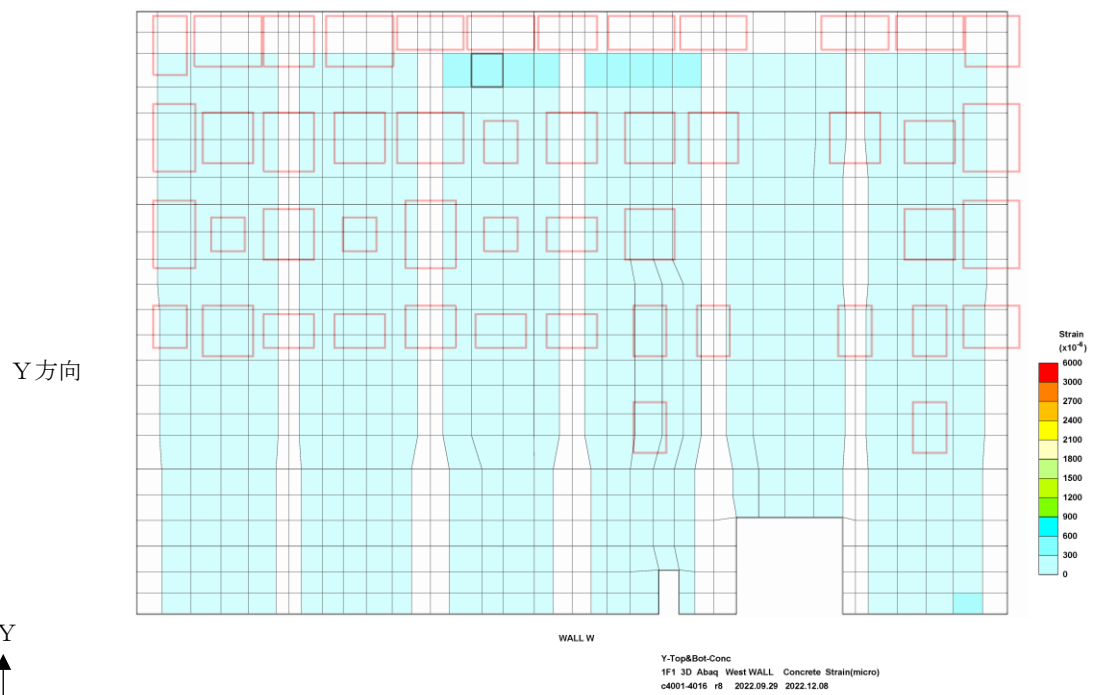
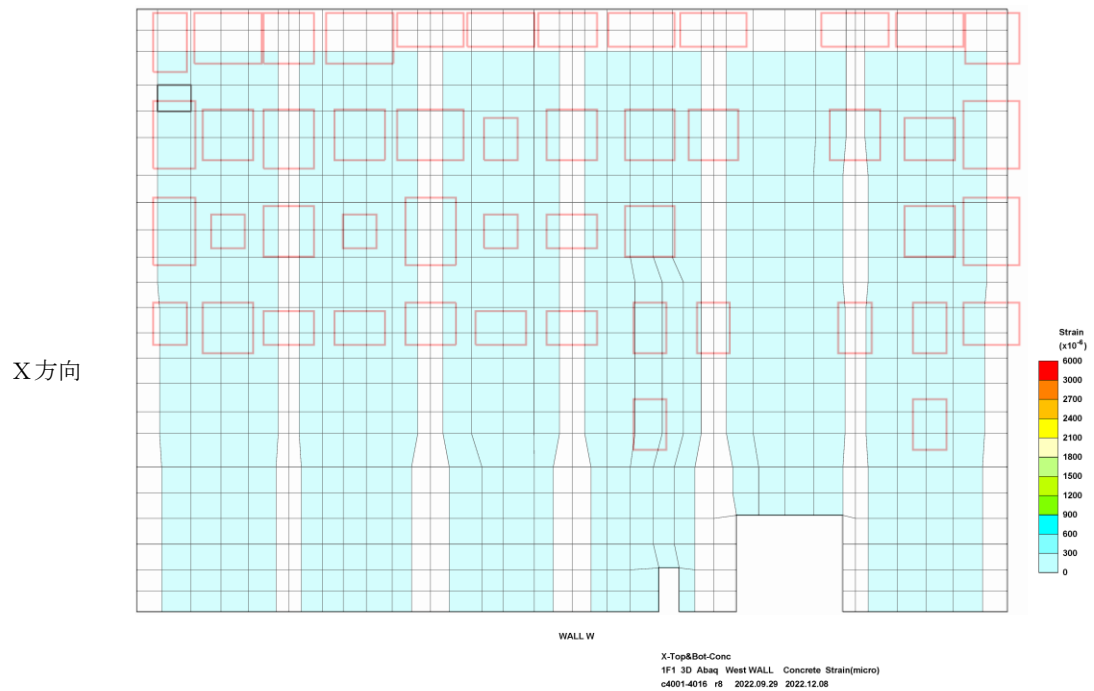
表-1.3 外壁各面の最大値一覧

部位	コンクリート ひずみ( $\times 10^{-6}$ )	鉄筋ひずみ ( $\times 10^{-6}$ )	面外せん断力 検定比
東壁	-389	367	0.703
西壁	-383	429	0.722
南壁	-359	470	0.656
北壁	-317	670	0.797



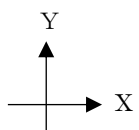
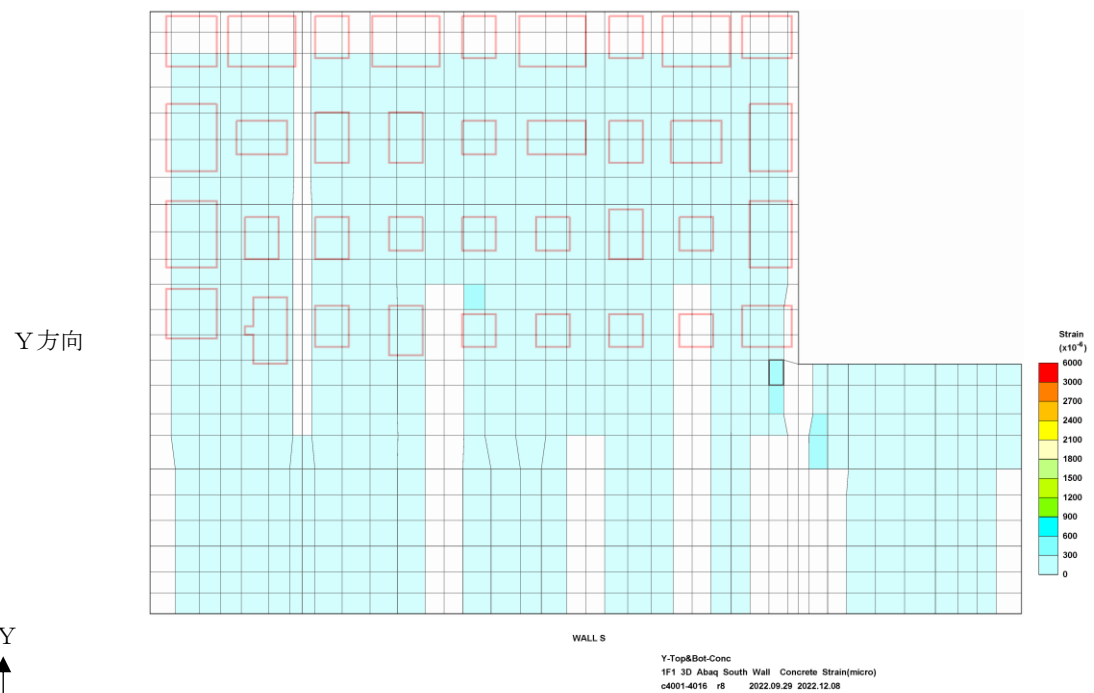
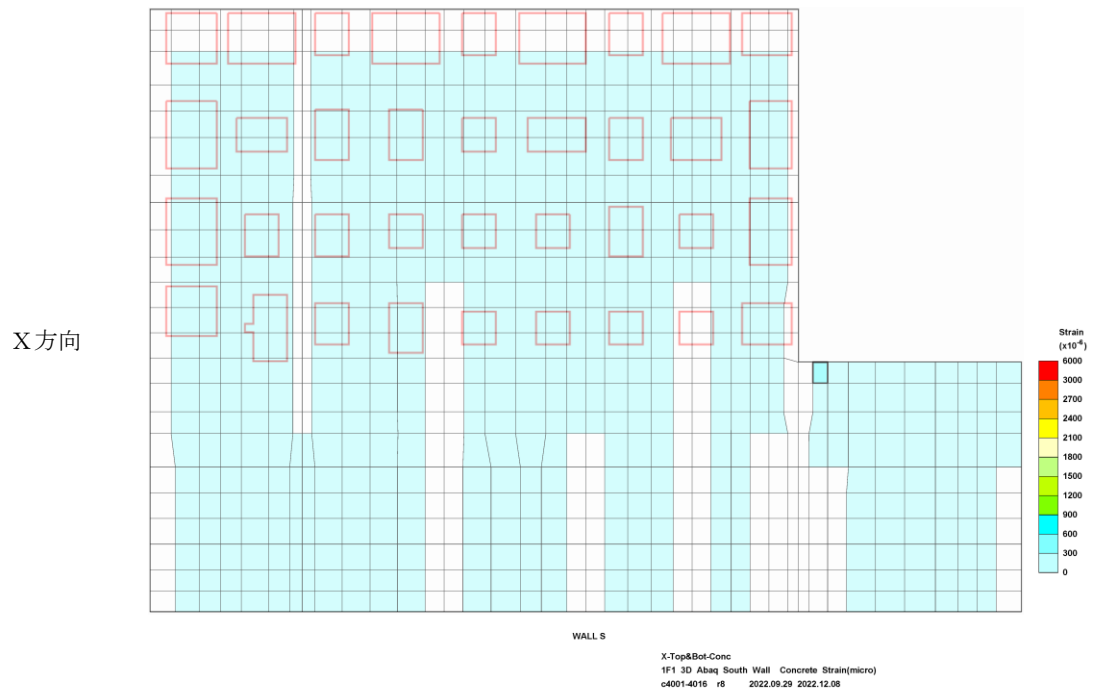
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.5 コンクリート圧縮ひずみの検定比 (建屋外壁東面)



(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

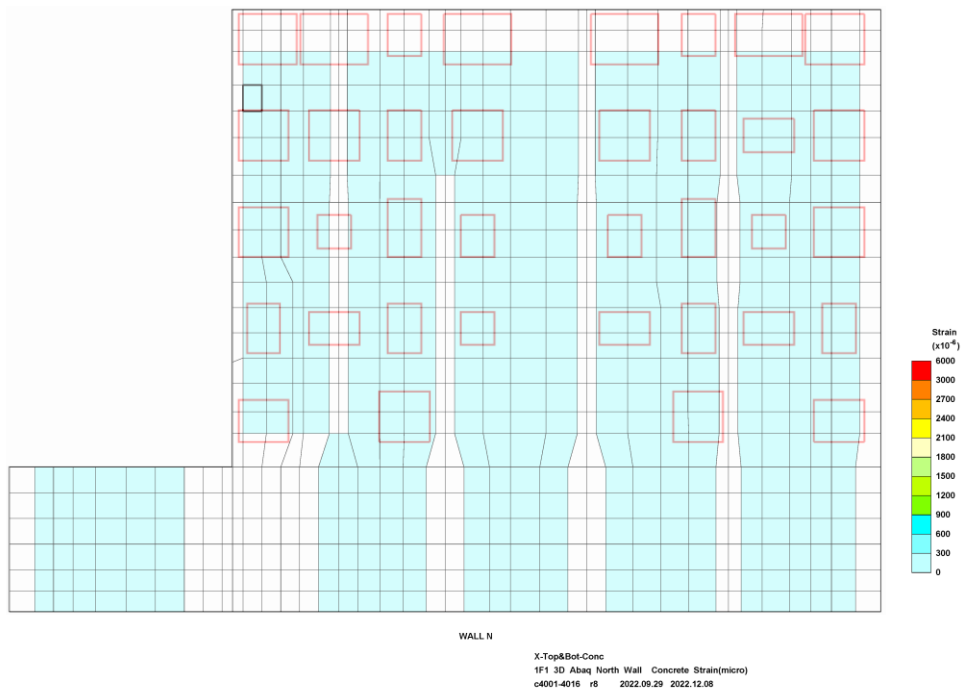
図-1.6 コンクリート圧縮ひずみの検定比 (建屋外壁西面)



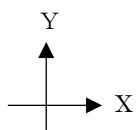
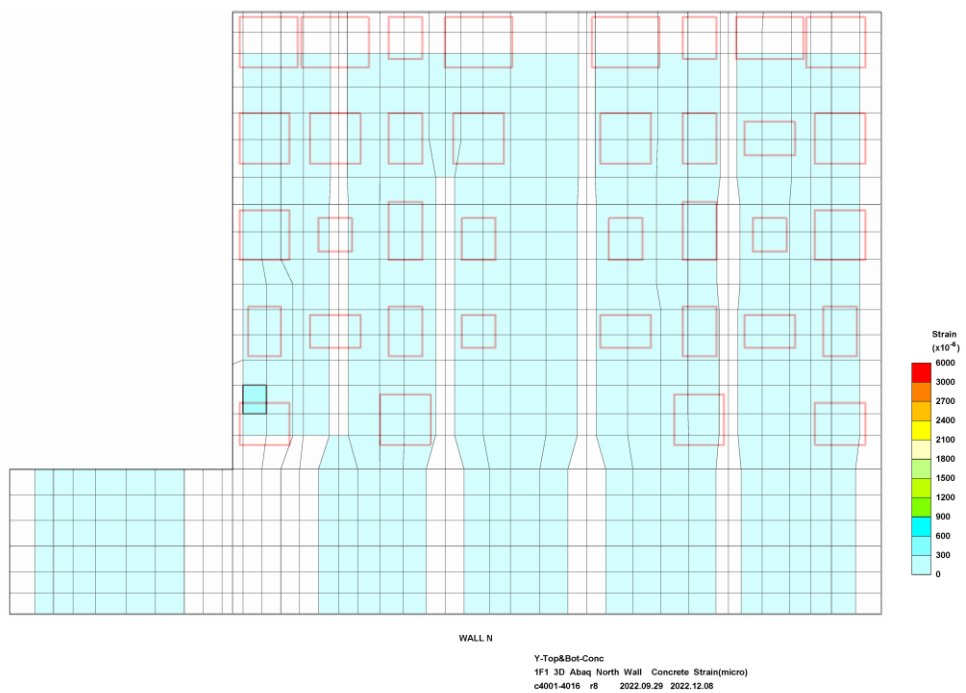
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.7 コンクリート圧縮ひずみの検定比 (建屋外壁南面)

X方向

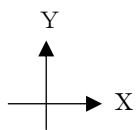
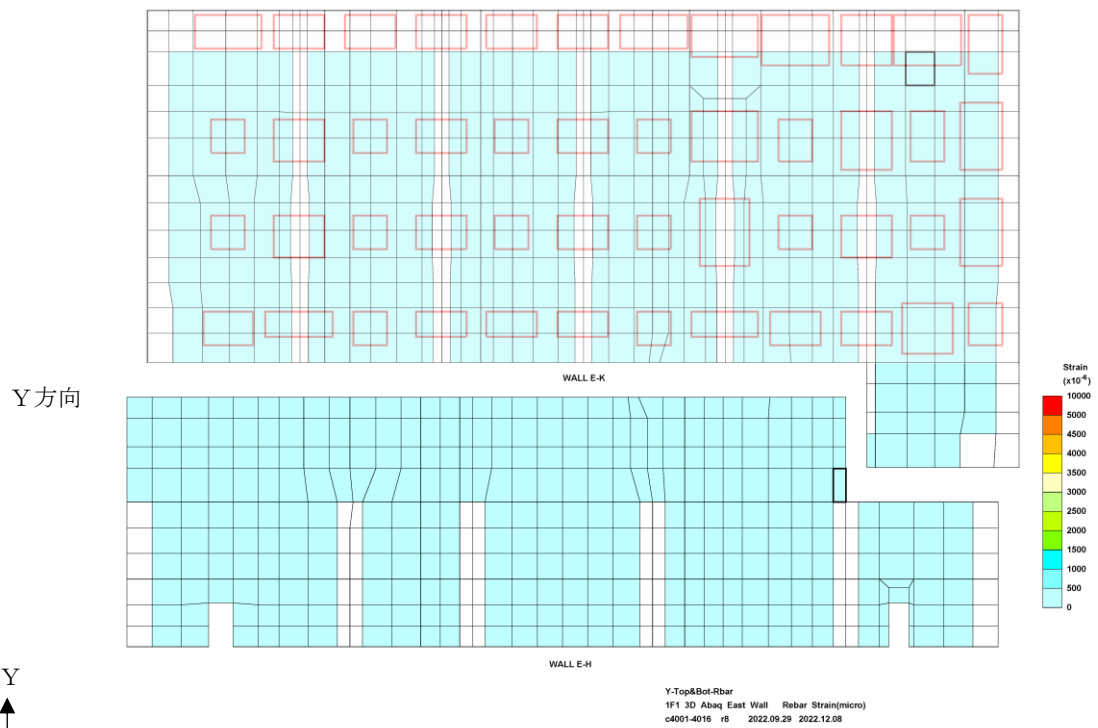
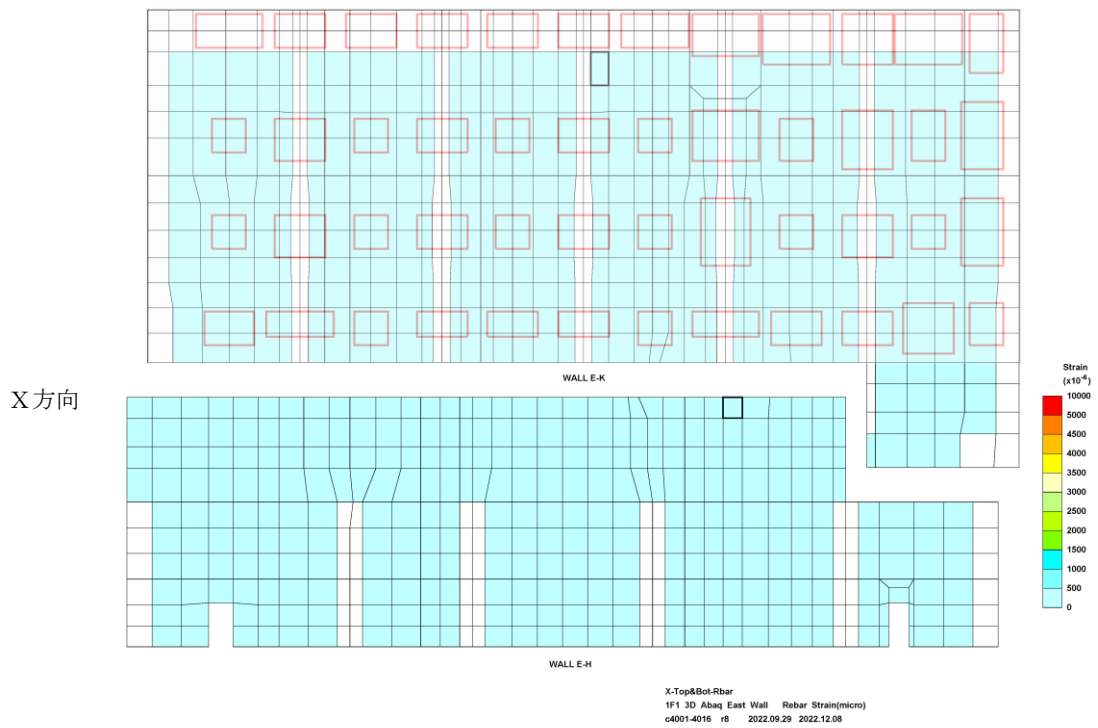


Y方向



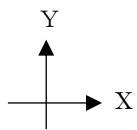
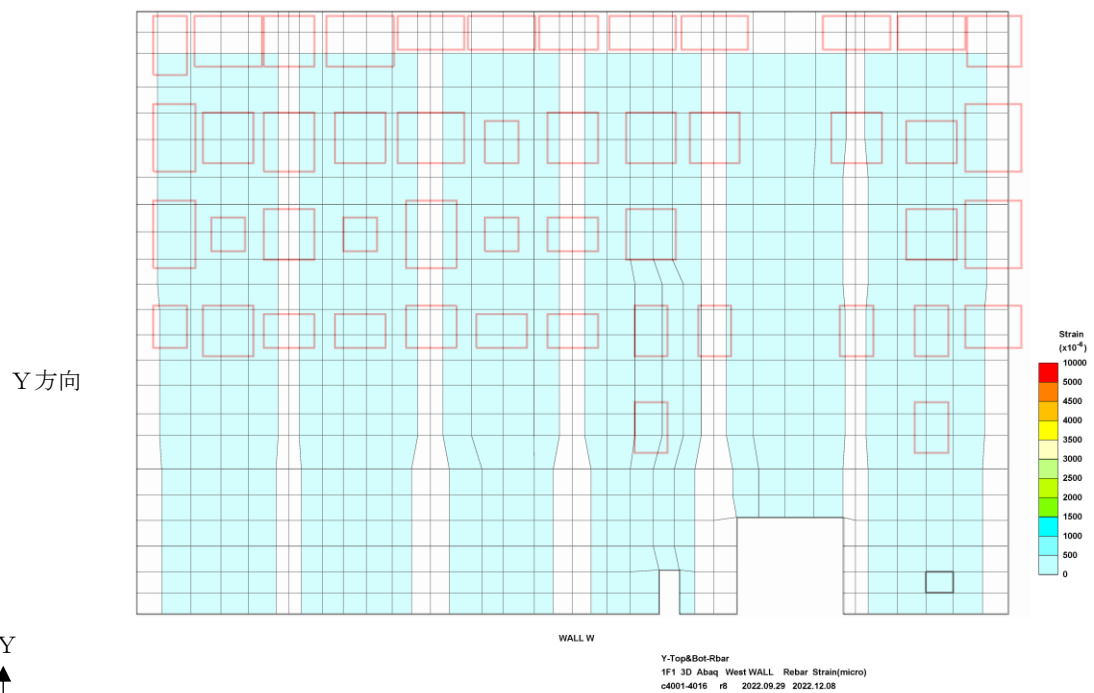
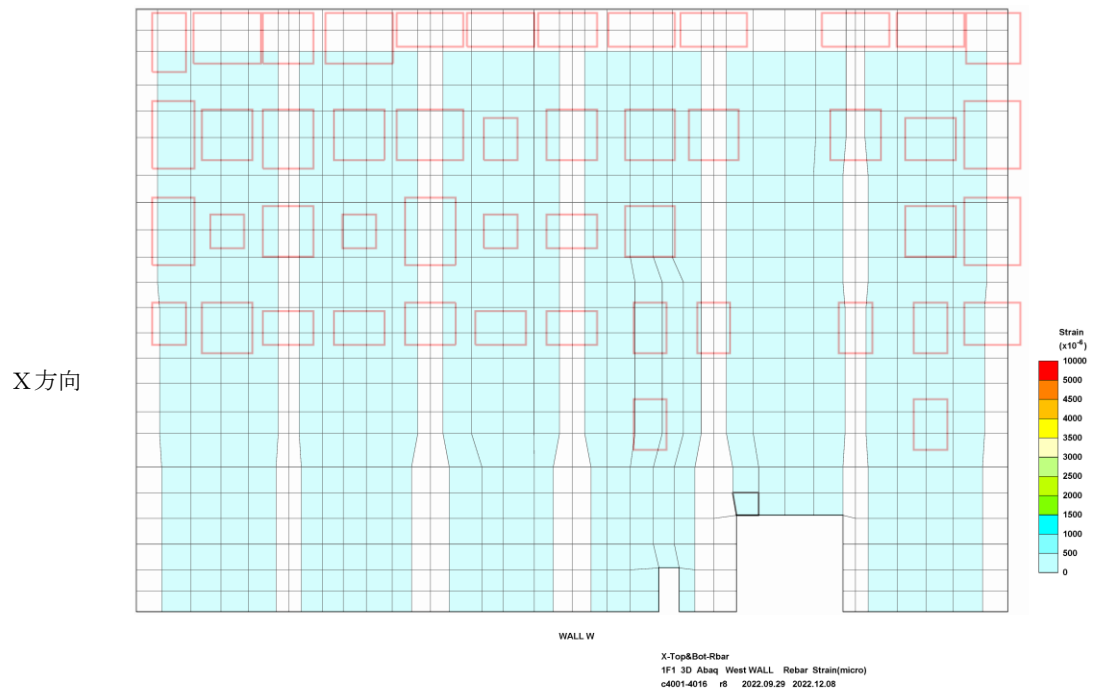
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.8 コンクリート圧縮ひずみの検定比 (建屋外壁北面)



(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

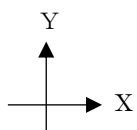
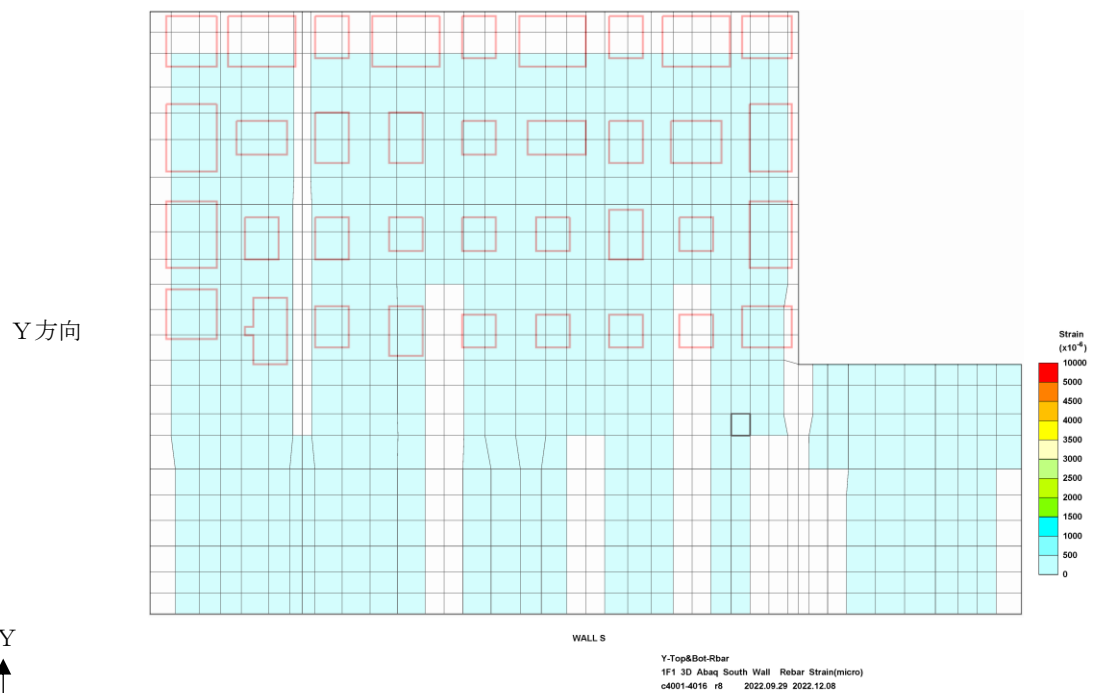
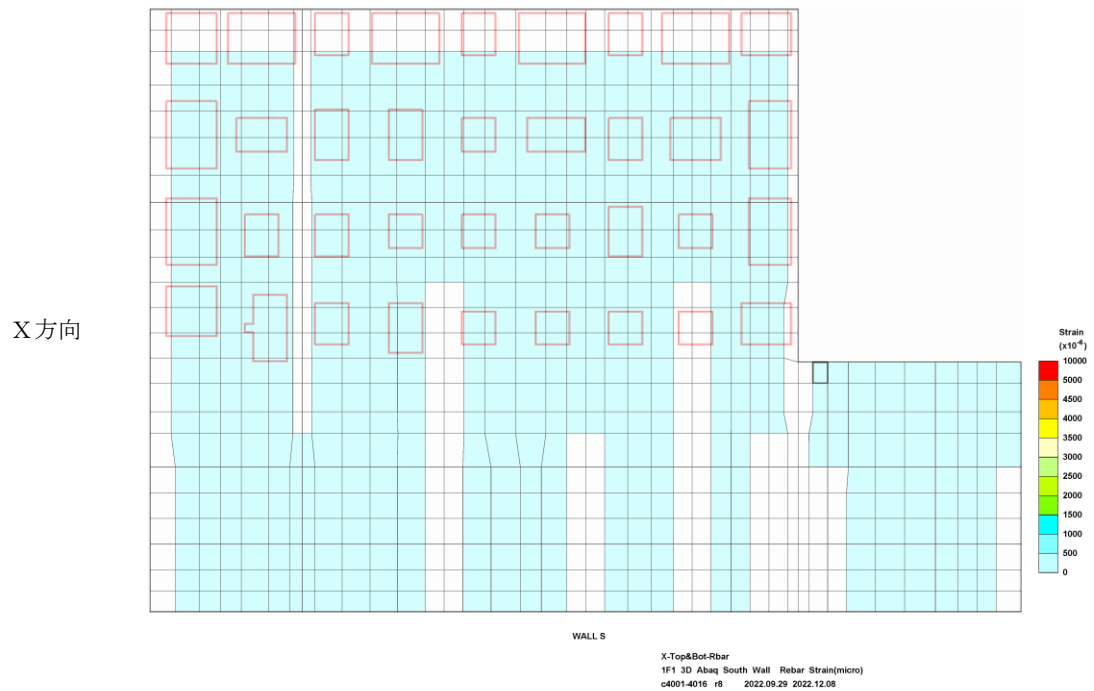
図-1.9 鉄筋ひずみの検定比 (建屋外壁東面)



(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

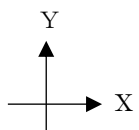
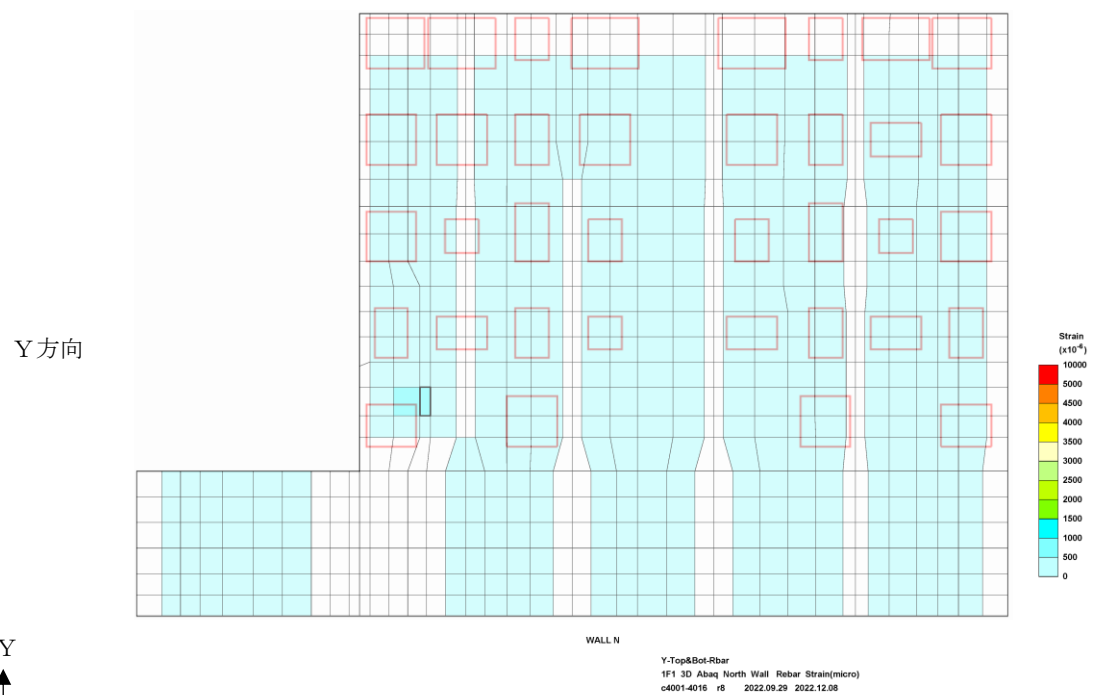
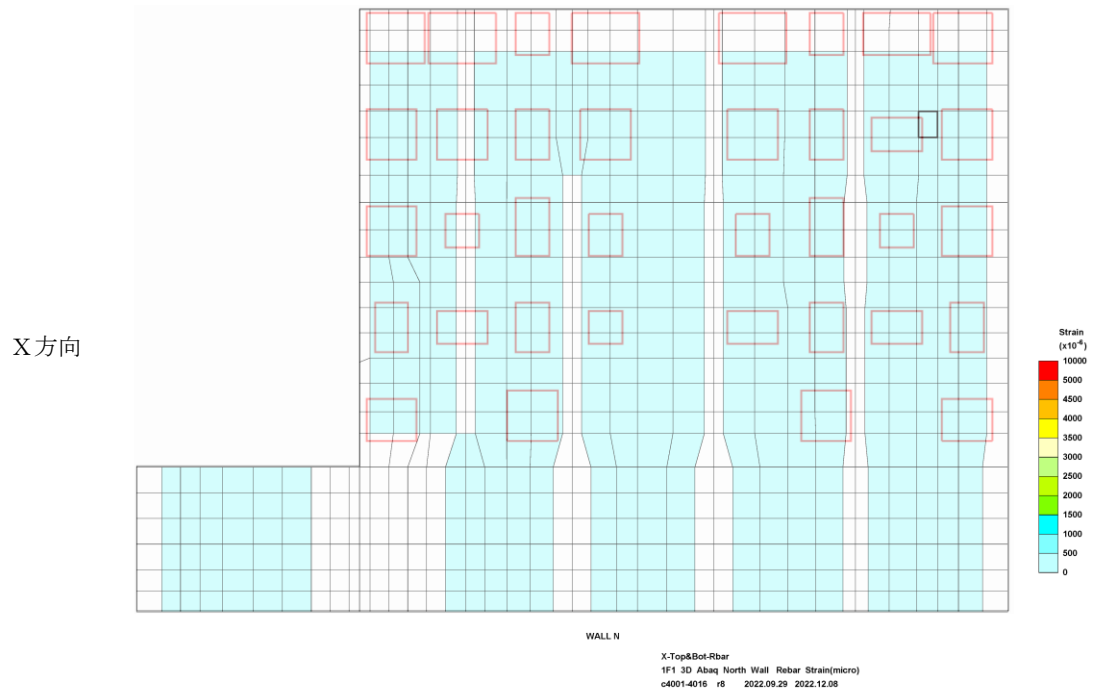
図-1.10 鉄筋ひずみの検定比 (建屋外壁西面)





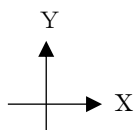
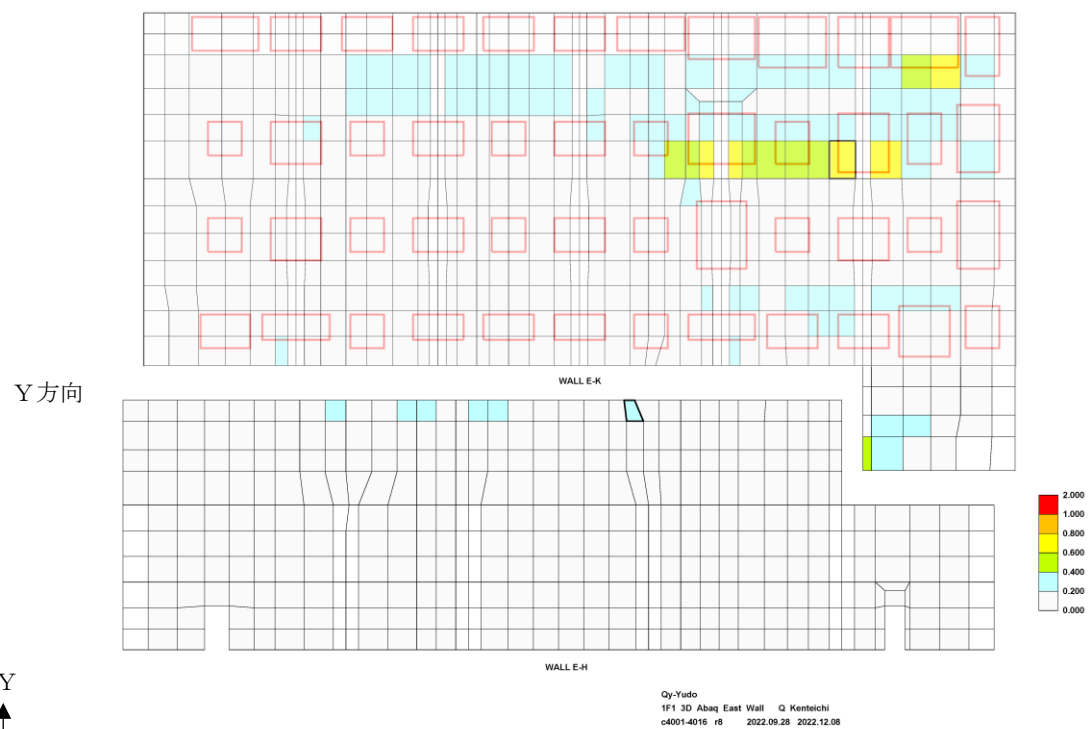
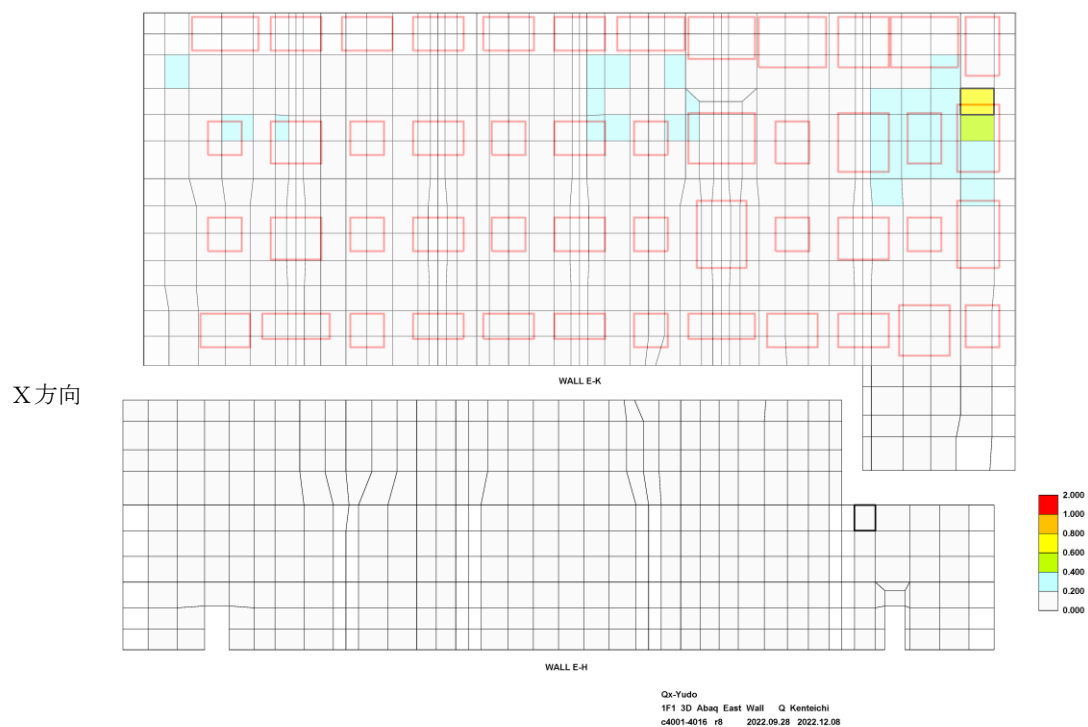
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.11 鉄筋ひずみの検定比 (建屋外壁南面)



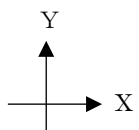
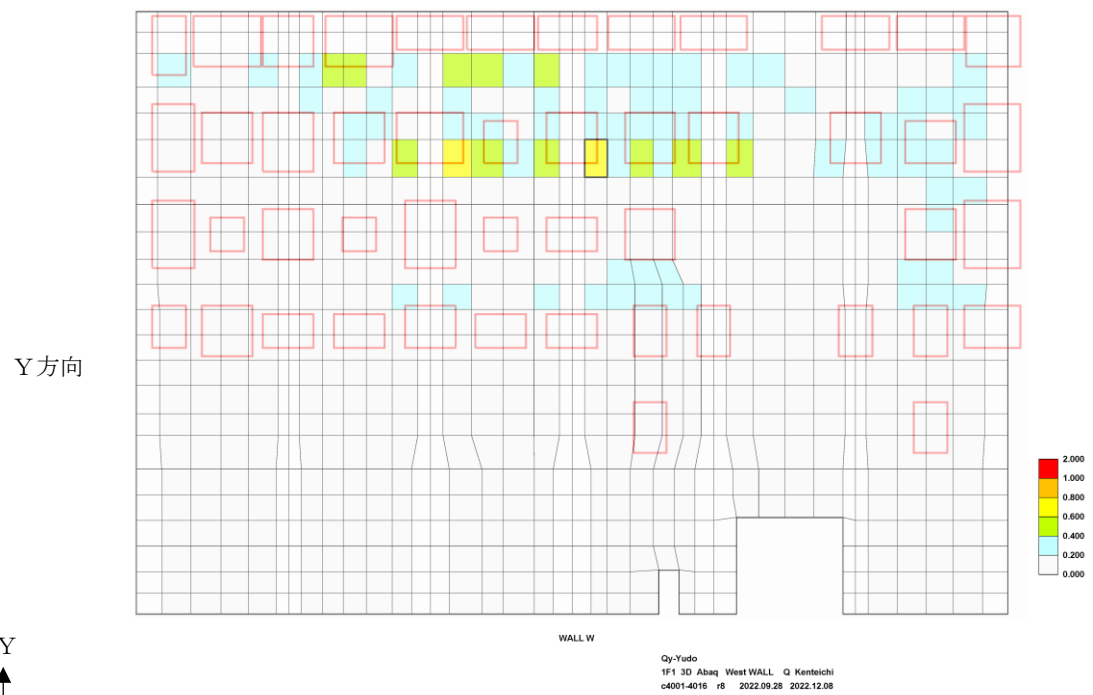
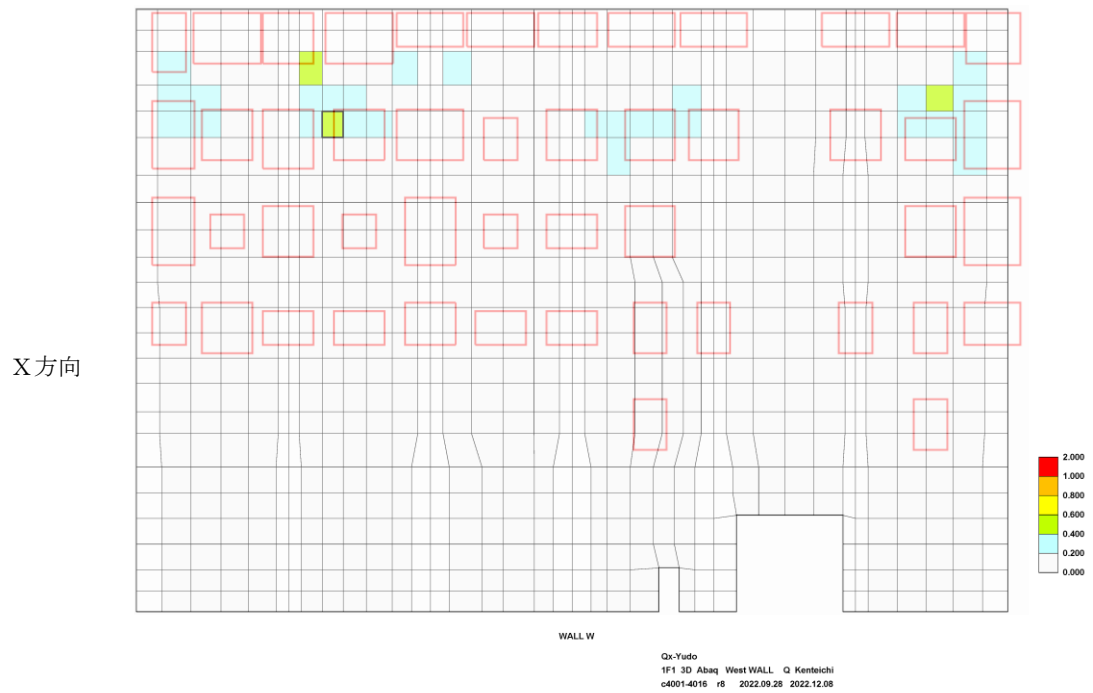
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.12 鉄筋ひずみの検定比 (建屋外壁北面)



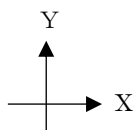
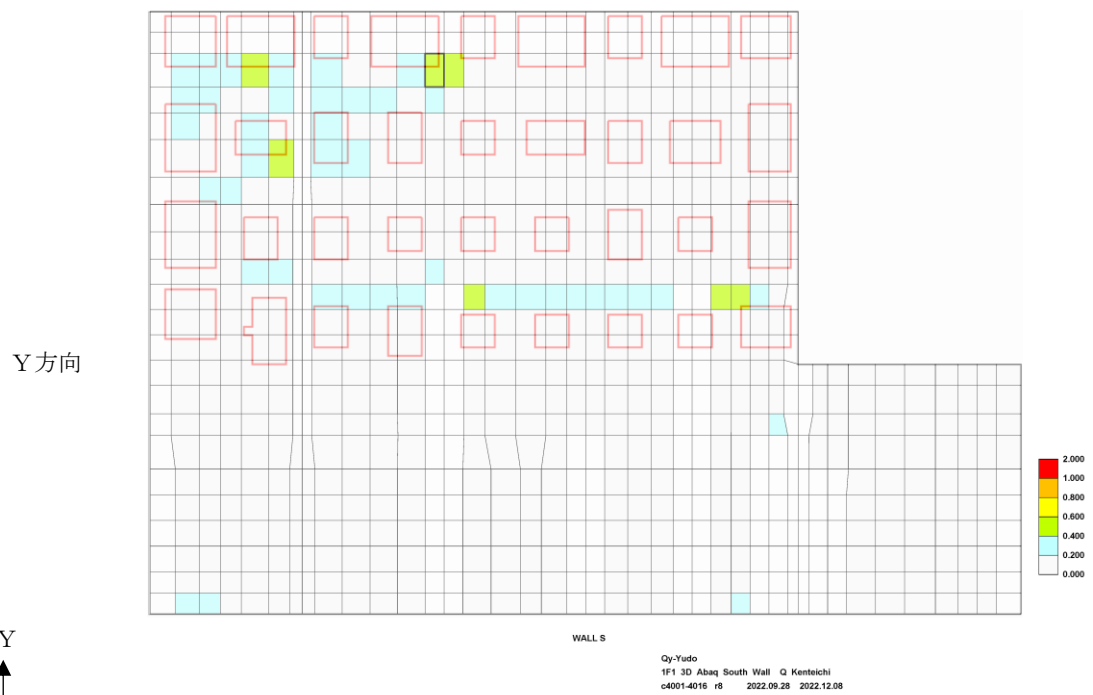
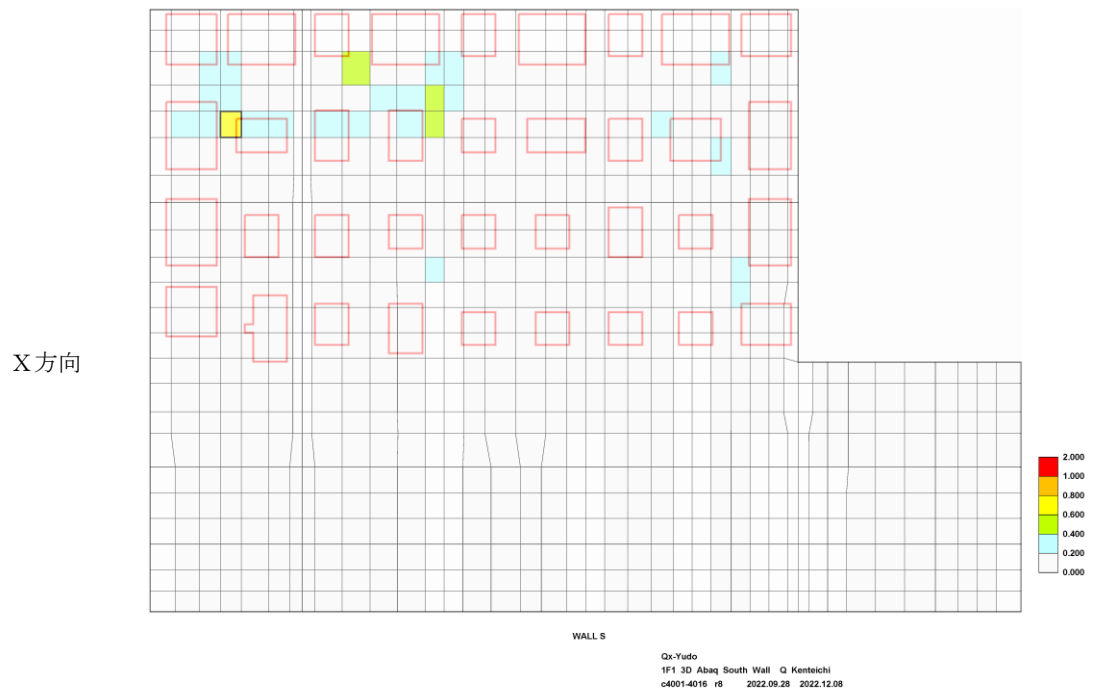
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.13 面外せん断力の検定比 (建屋外壁東面)



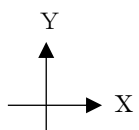
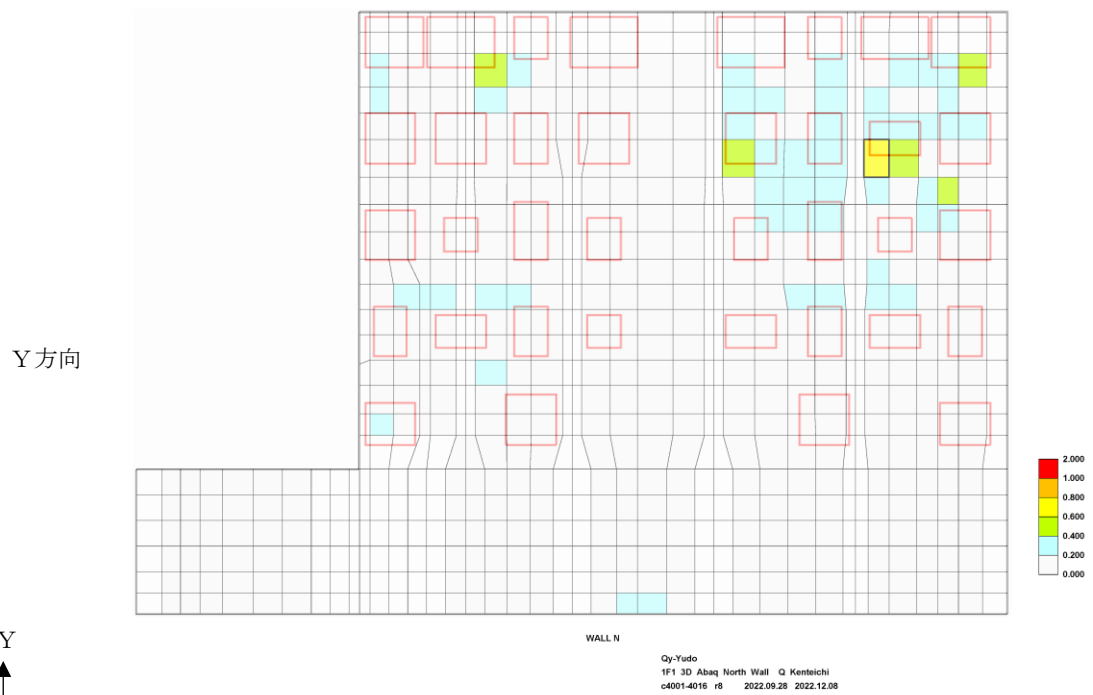
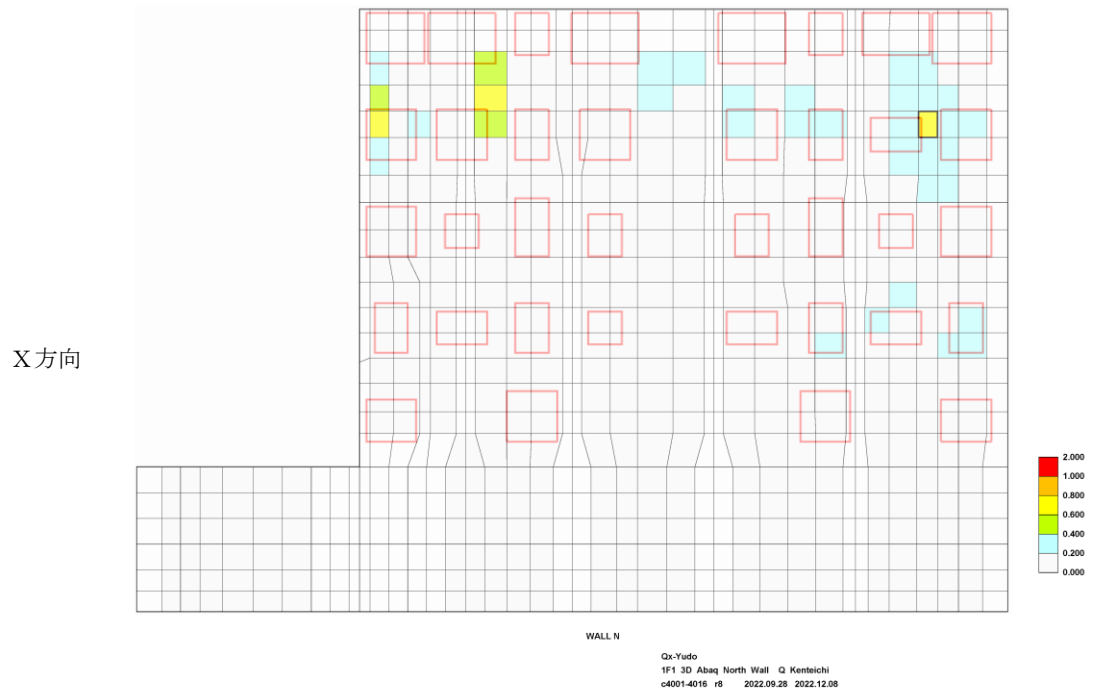
(図中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.14 面外せん断力の検定比 (建屋外壁西面)



(図中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.15 面外せん断力の検定比 (建屋外壁南面)



(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.16 面外せん断力の検定比 (建屋外壁北面)

### 1.3 Ss900 地震動に対する影響検討

#### 1.3.1 検討概要

大型カバーを支持する原子炉建屋の外壁面について、Ss900 地震動に対する影響検討を行う。1/2Ss450 地震動に対する耐震安全性評価の検定値が最も厳しいケース（-1.0NS+0.4EW-0.4UD）を対象に、1/2Ss450 と同じ解析モデルと評価基準値を用いて Ss900 地震動に対する影響を評価する。

なお、作用する地震力が 1/2Ss450 に比べ大きくなり外壁部の変形が進むため、図-1.3 に示す解析モデル壁脚部の境界条件をピンとする。また、外壁面に作用する大型カバーからの反力荷重が大きい箇所については、ベースプレートからの荷重分散性を考慮することとし、図-1.17 に示すように反力荷重を外壁厚分拡幅した範囲に作用させる。

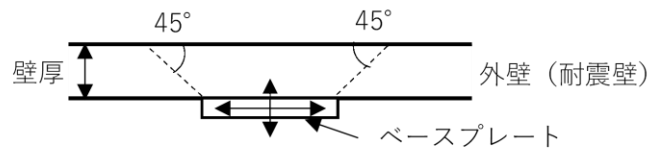


図-1.17 荷重分散範囲

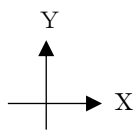
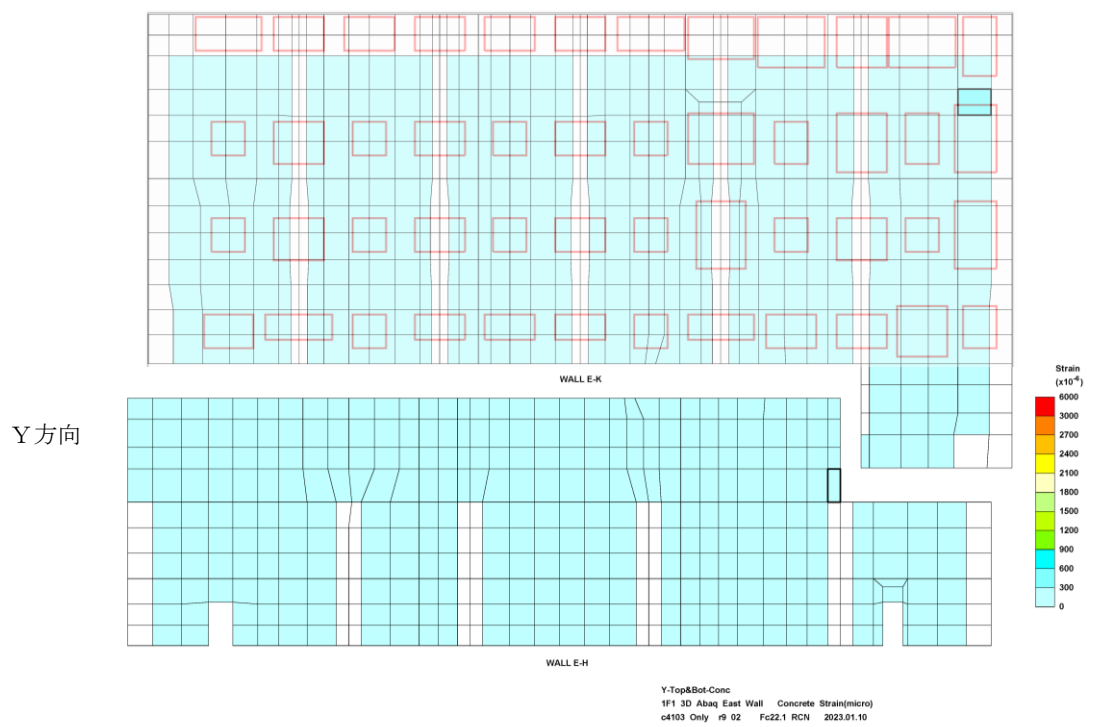
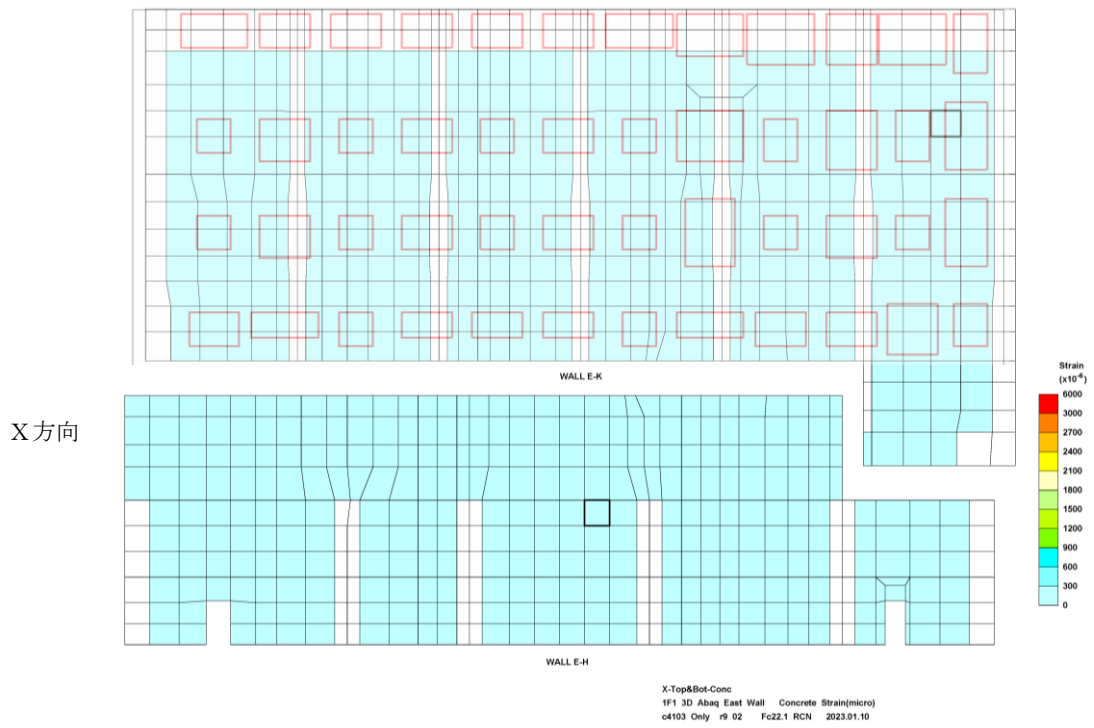
#### 1.3.2 検討結果

発生ひずみ及び面外せん断力と評価基準値の比（検定比。1 以下で評価基準値を満足する。）を示した結果を図-1.18～図-1.29 に、各面の最大値一覧を表-1.4 に示す。いずれの箇所においても発生ひずみ並びに面外せん断力は許容限界以内であり、Ss900 地震動を入力した場合であっても躯体の健全性が確保されることを確認した。

なお、壁脚部に固定条件を仮定しても、許容限界以内にあり壁全体の崩壊系につながらないことを確認している。

表-1.4 外壁各面の最大値一覧

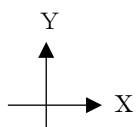
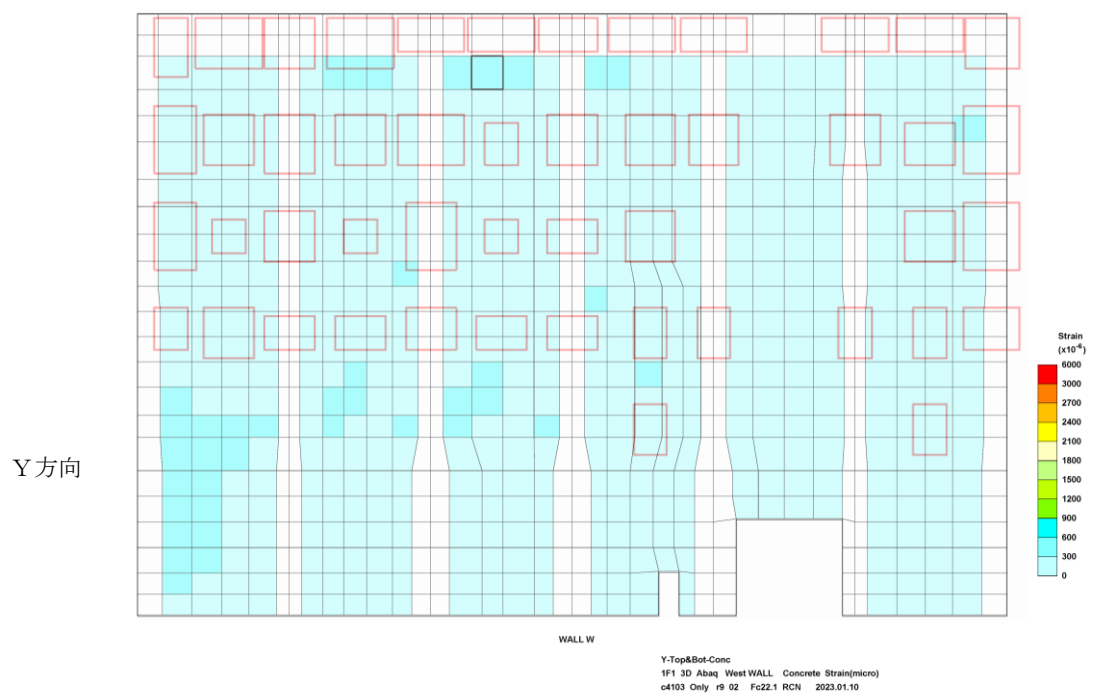
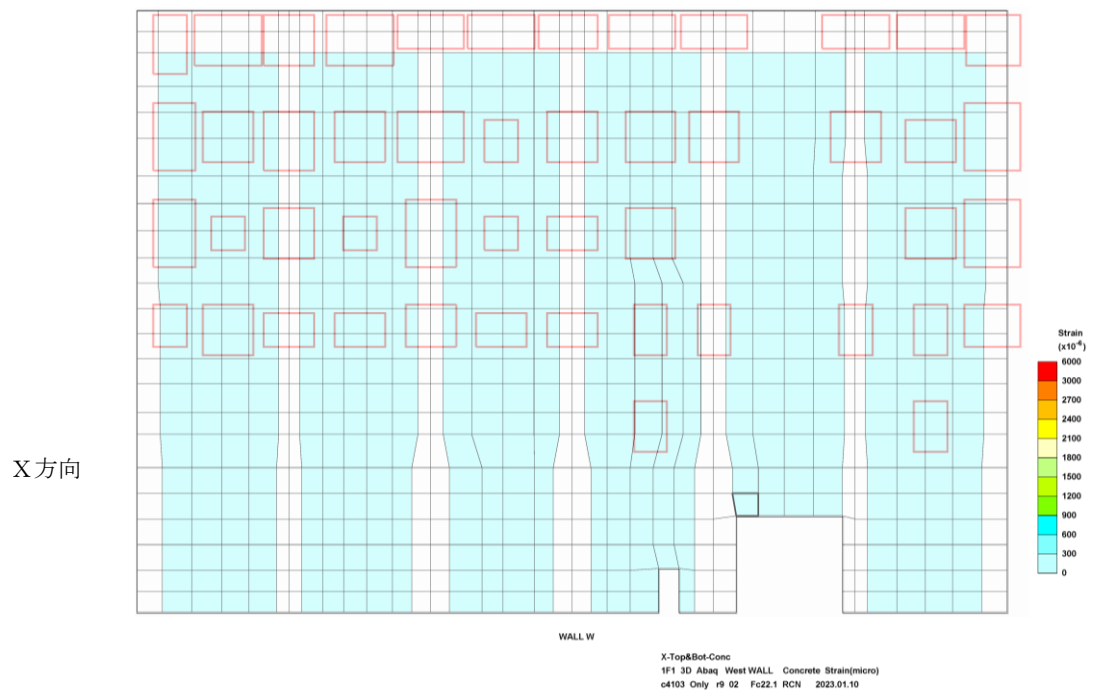
部位	コンクリート ひずみ( $\times 10^{-6}$ )	鉄筋ひずみ ( $\times 10^{-6}$ )	面外せん断力 検定比
東壁	-306	983	0.533
西壁	-442	821	0.695
南壁	-279	873	0.967
北壁	-603	848	0.953



(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

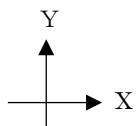
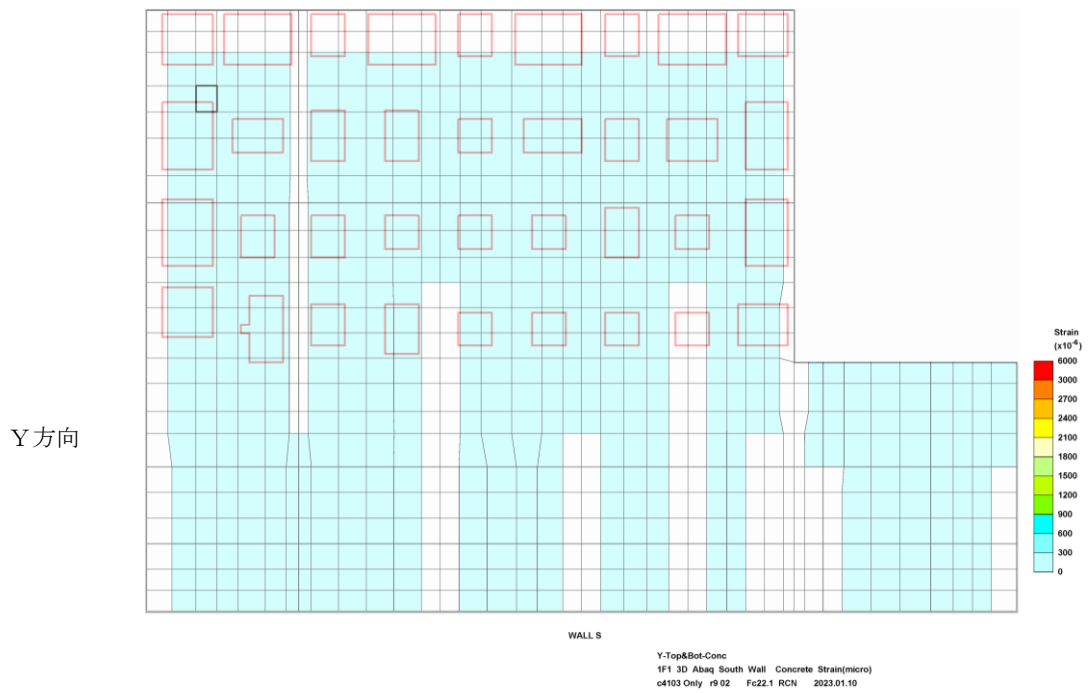
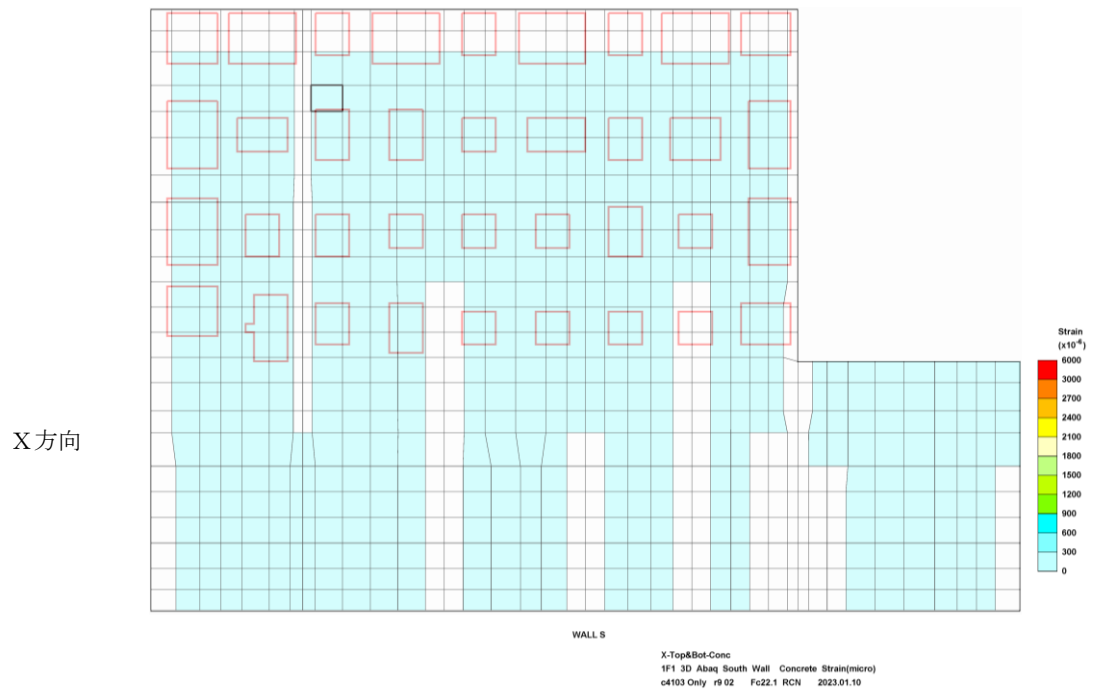
図-1.18 コンクリート圧縮ひずみの検定比（建屋外壁東面）





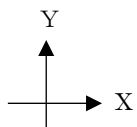
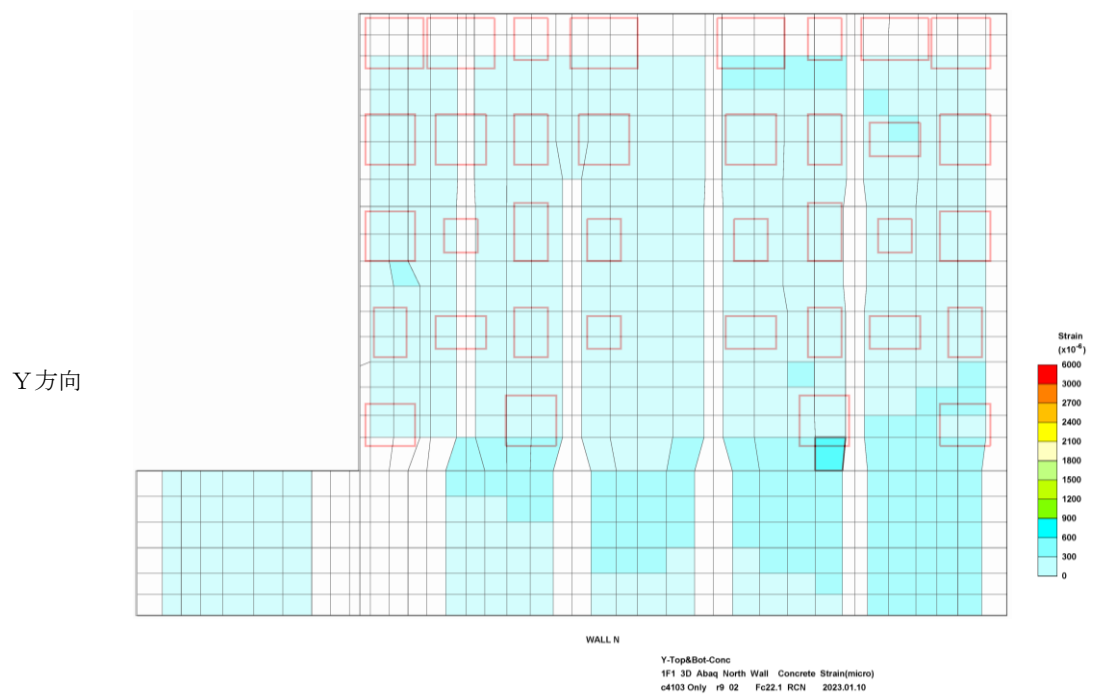
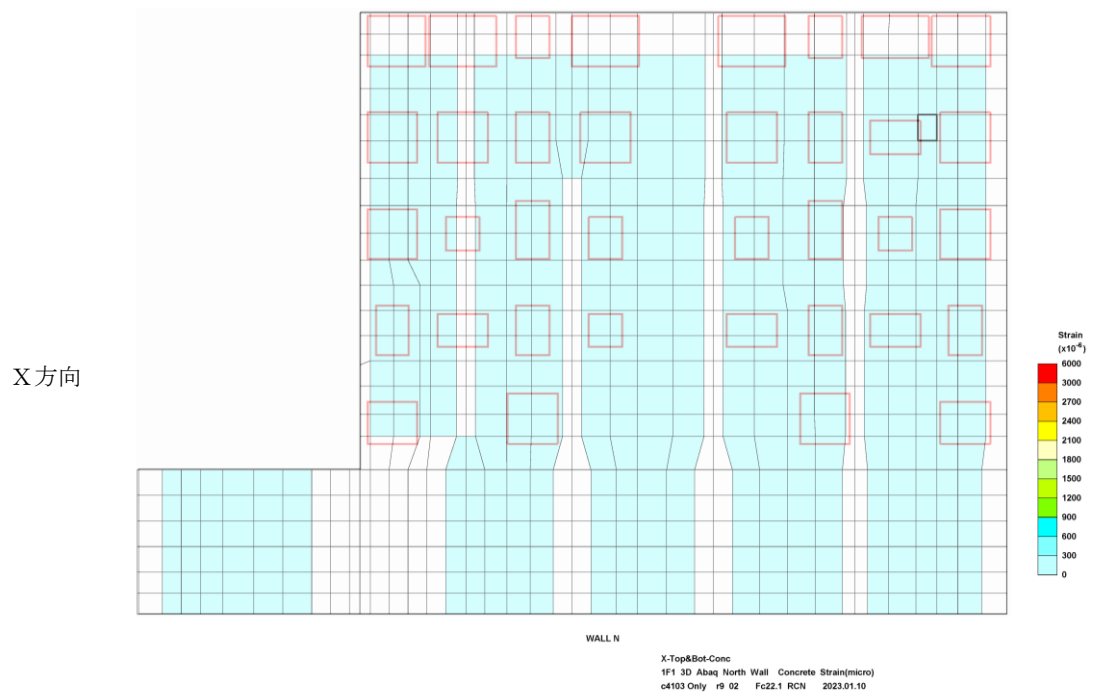
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.19 コンクリート圧縮ひずみの検定比 (建屋外壁西面)



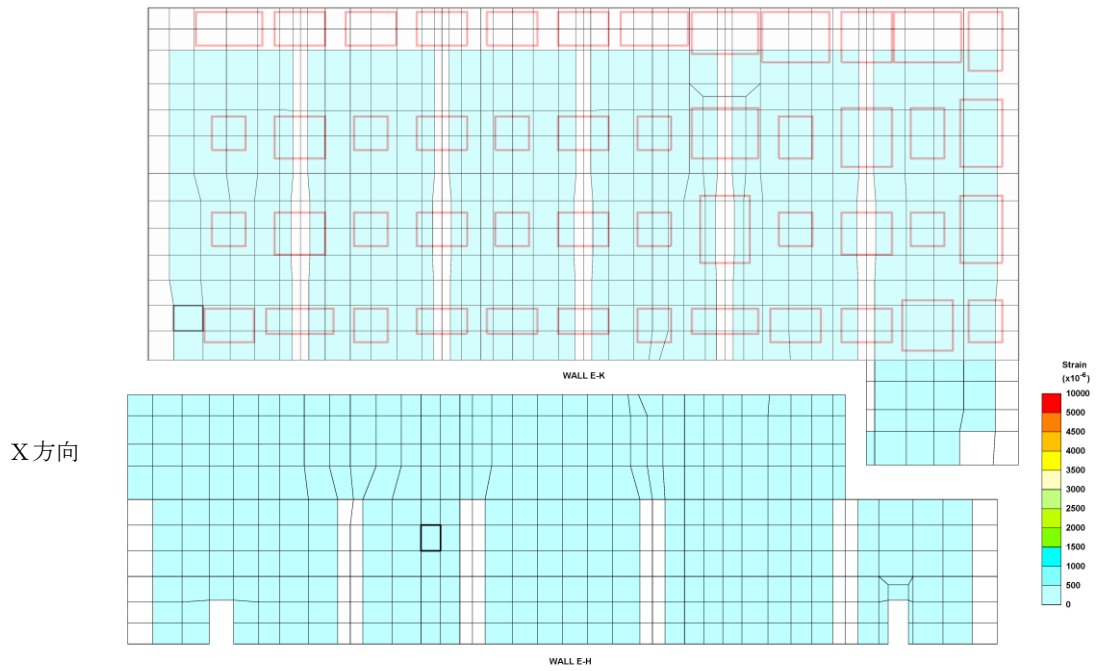
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.20 コンクリート圧縮ひずみの検定比 (建屋外壁南面)

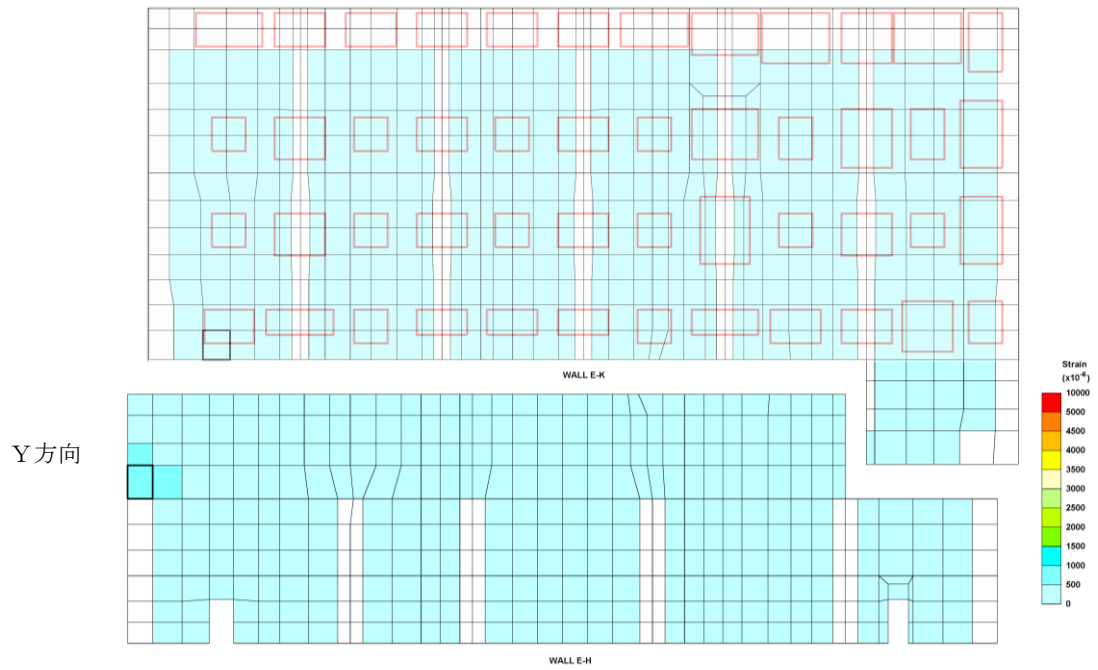


(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

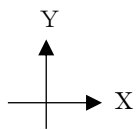
図-1.21 コンクリート圧縮ひずみの検定比 (建屋外壁北面)



X-Top&Bot-Rbar  
1F1 3D Abaq East Wall Rebar Strain(micro)  
c4103 Only r# 02 Fc22.1 RCN 2023.01.10

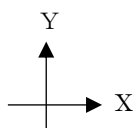
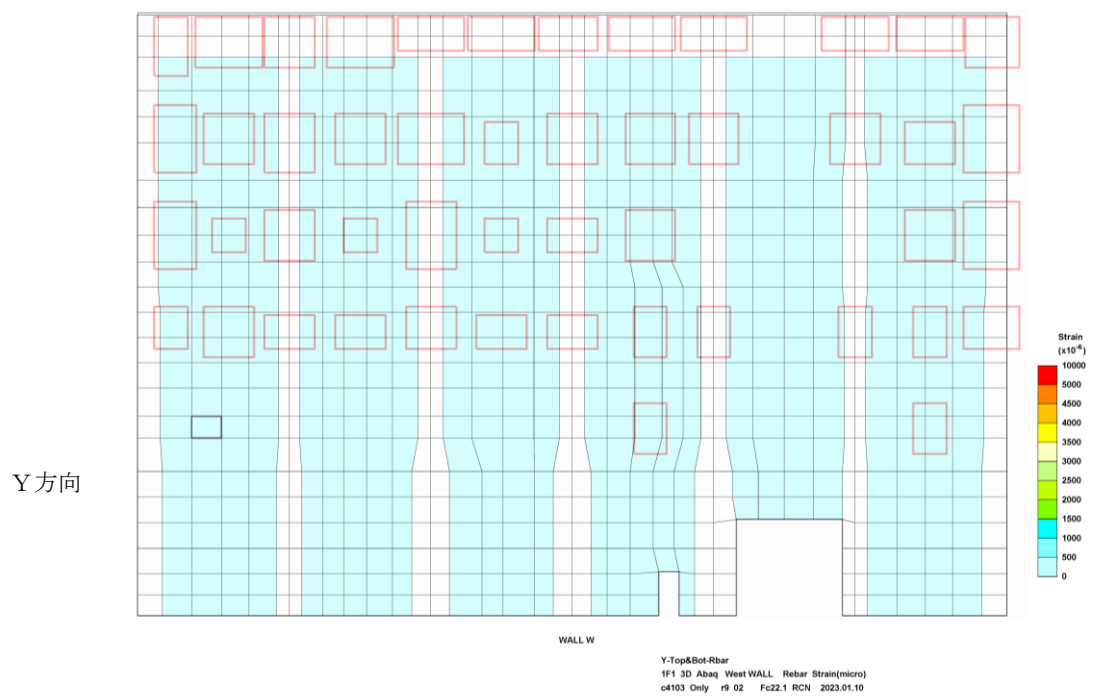
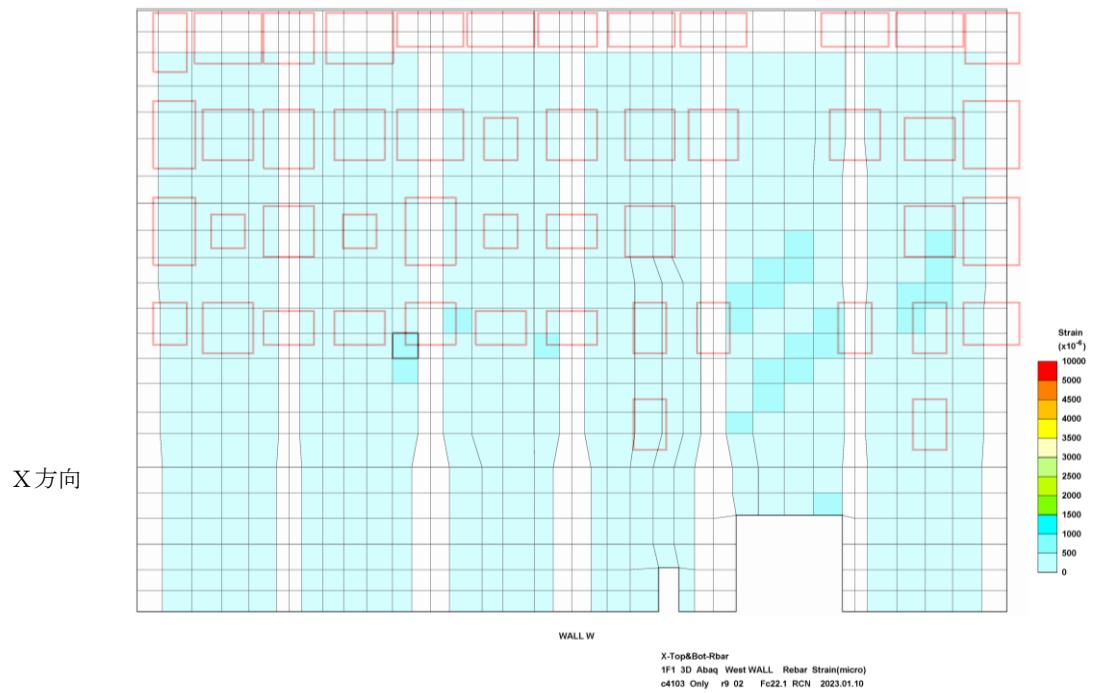


Y-Top&Bot-Rbar  
1F1 3D Abaq East Wall Rebar Strain(micro)  
c4103 Only r# 02 Fc22.1 RCN 2023.01.10



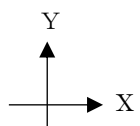
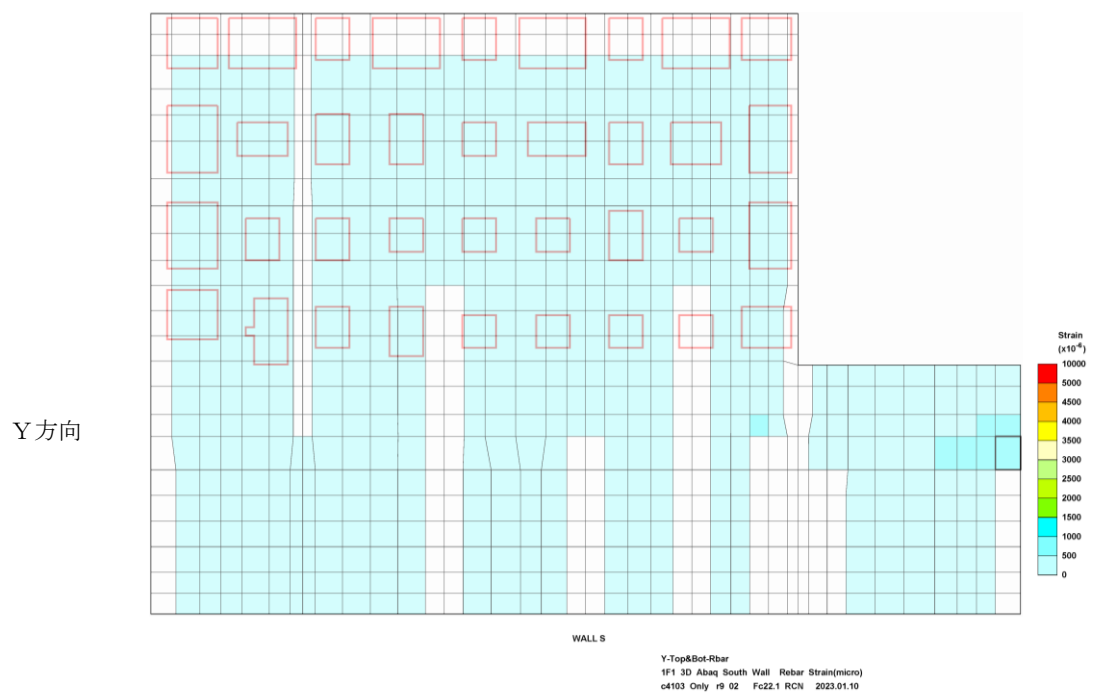
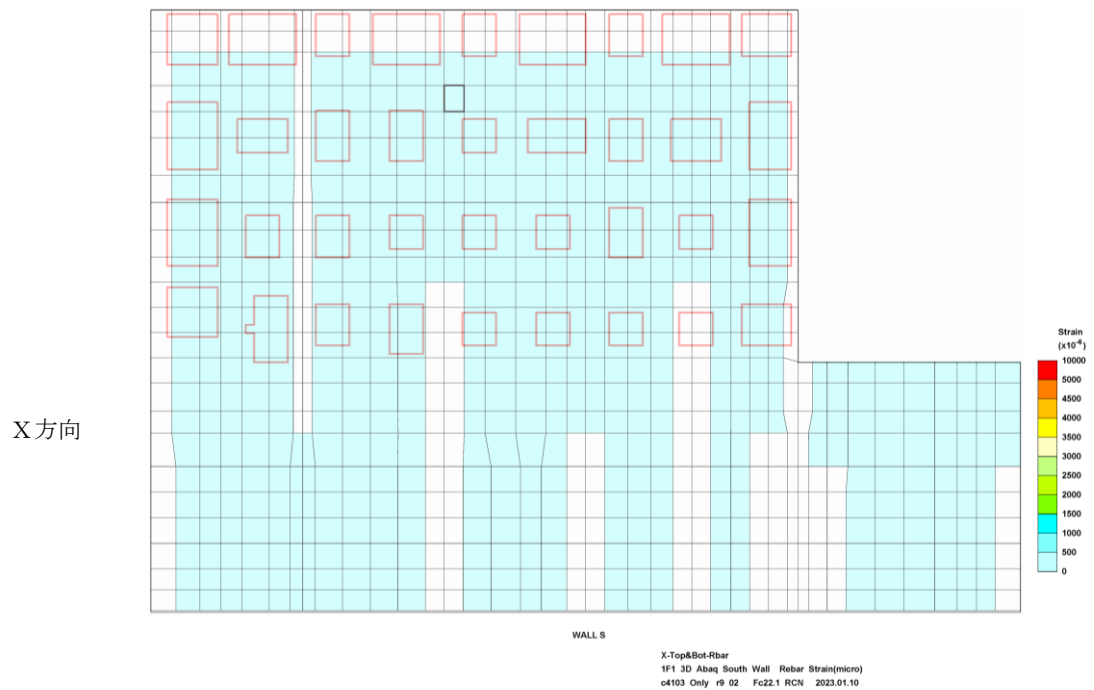
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.22 鉄筋ひずみの検定比 (建屋外壁東面)



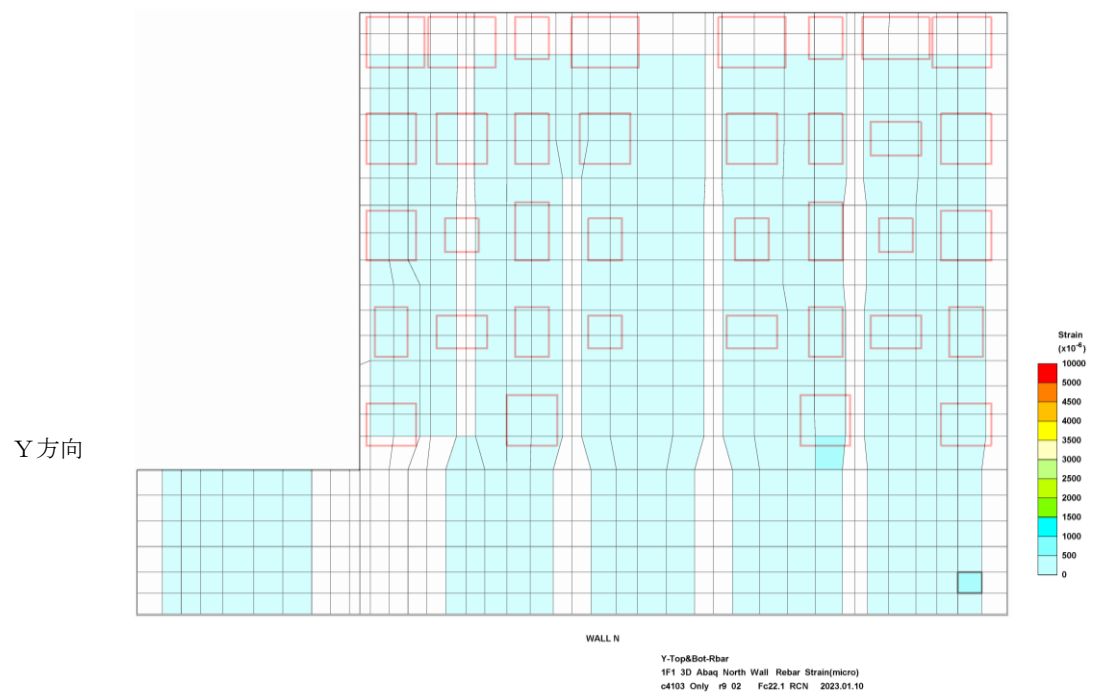
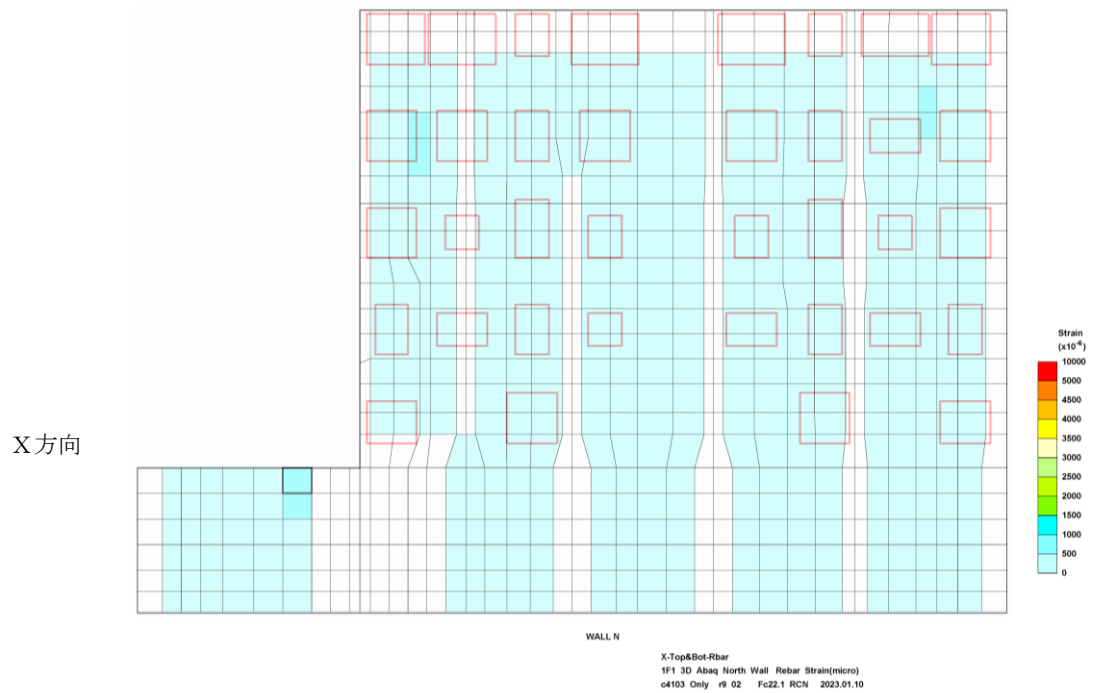
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.23 鉄筋ひずみの検定比 (建屋外壁西面)



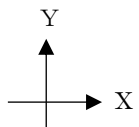
(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

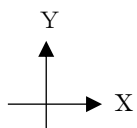
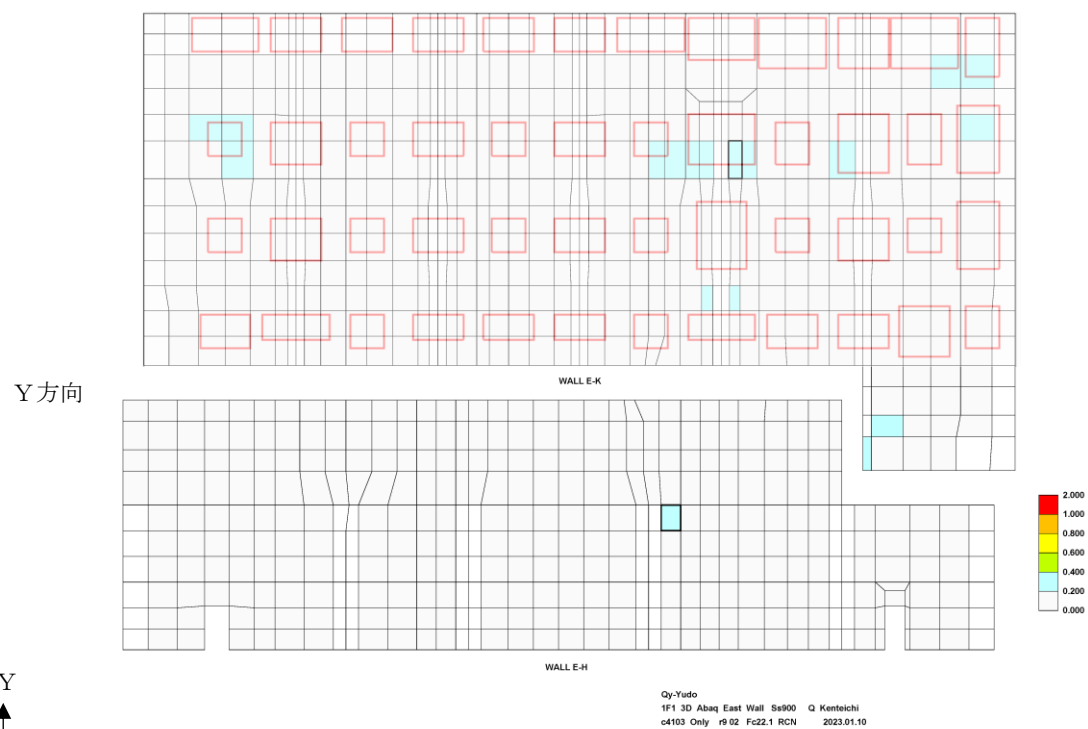
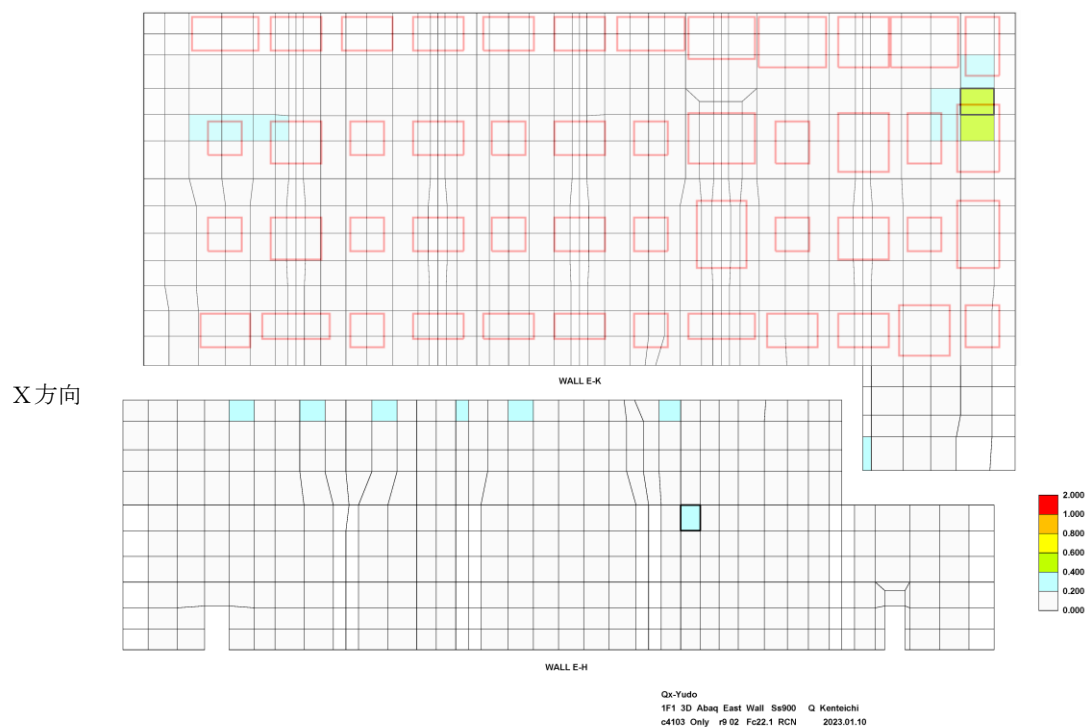
図-1.24 鉄筋ひずみの検定比 (建屋外壁南面)



(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.25 鉄筋ひずみの検定比 (建屋外壁北面)

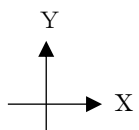
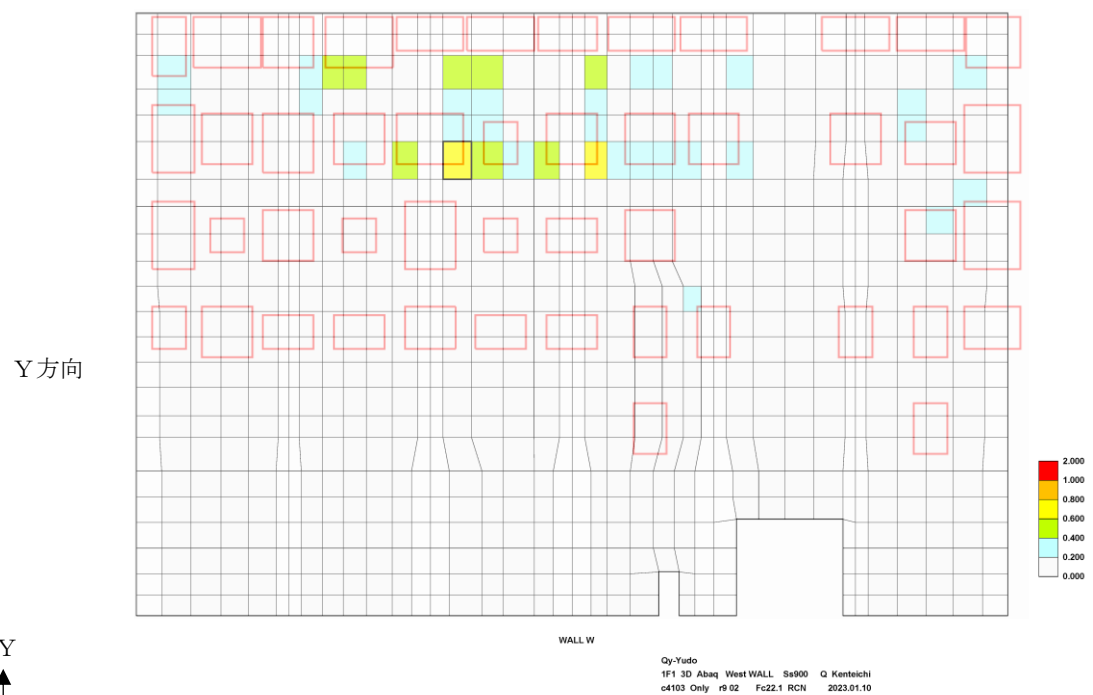
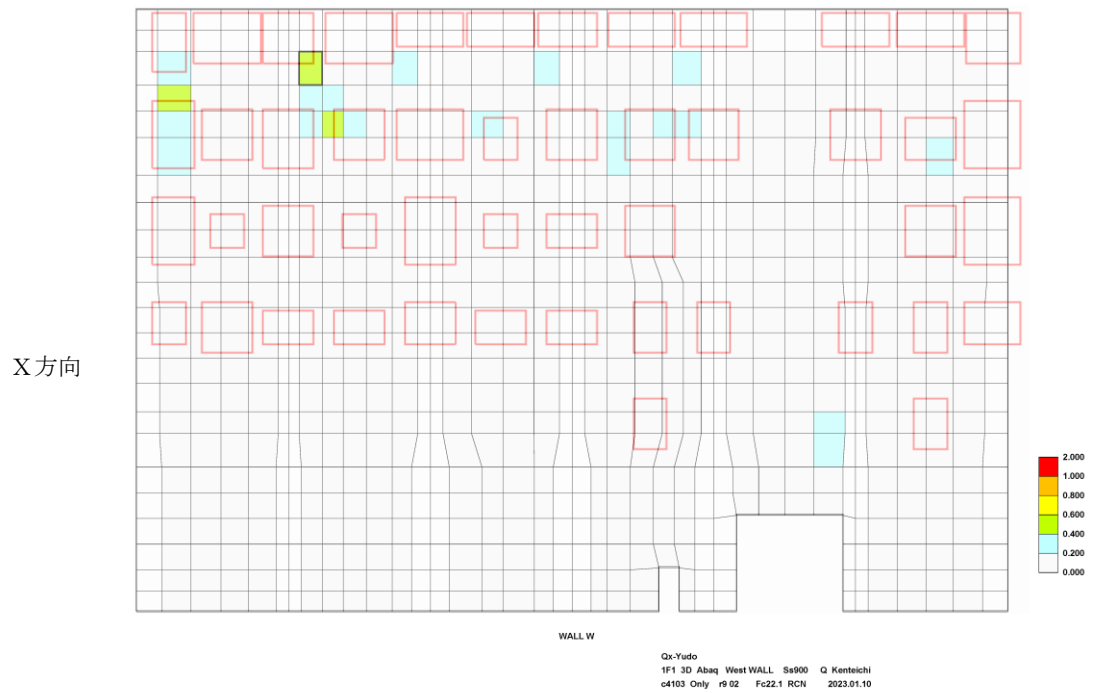




(図中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

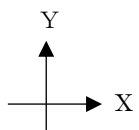
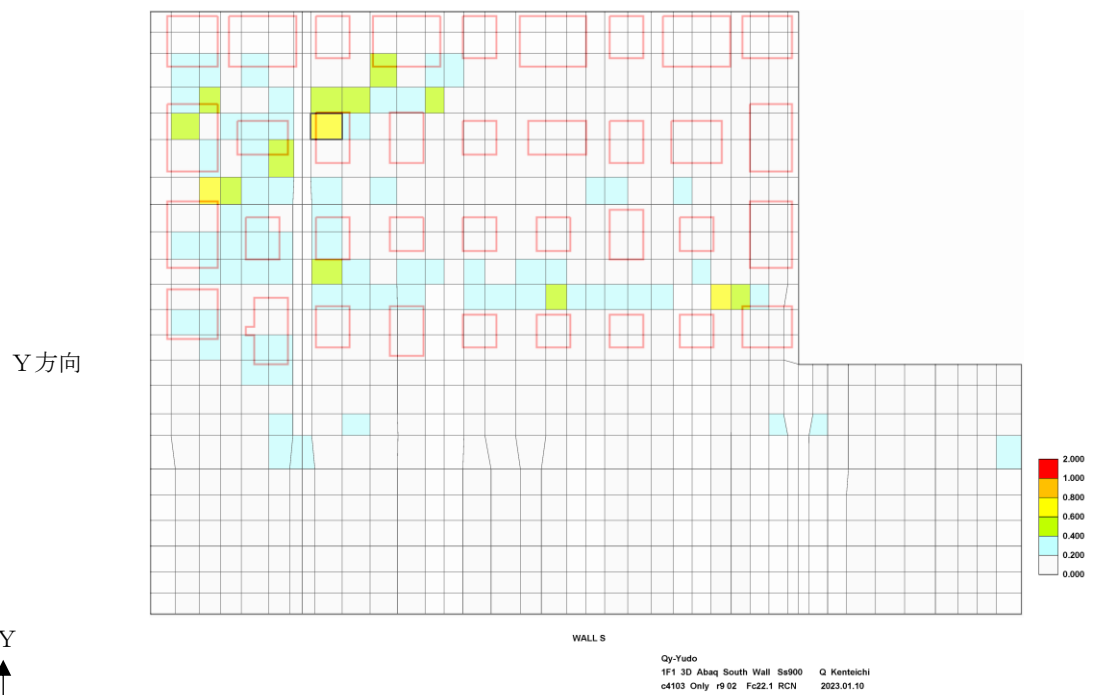
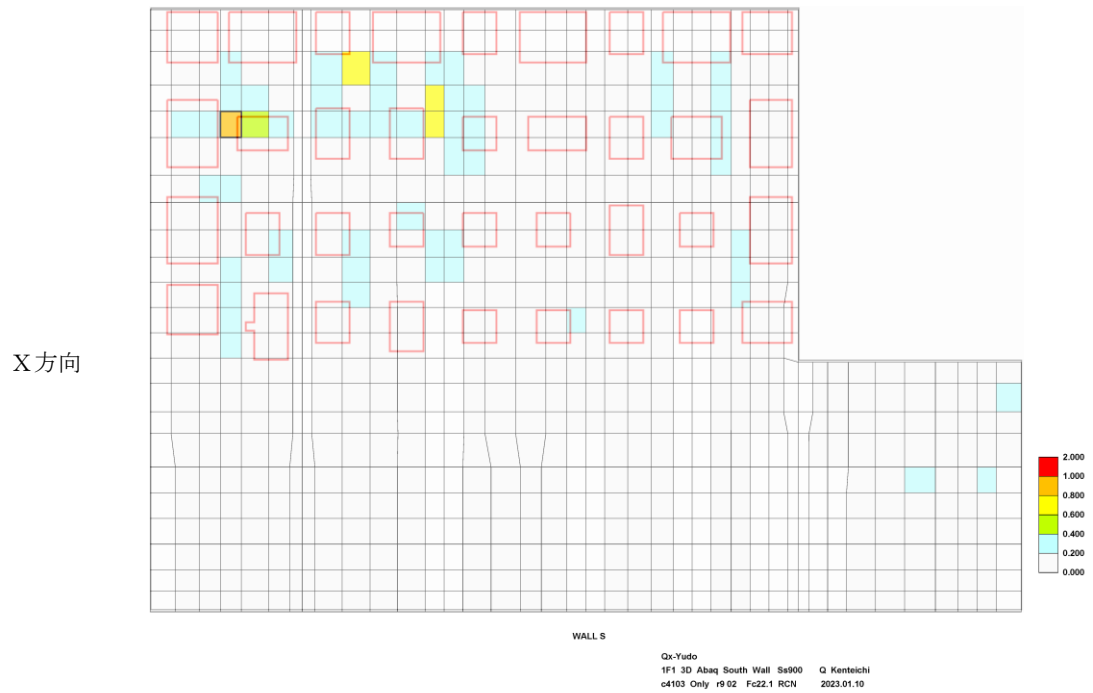
図-1.26 面外せん断力の検定比 (建屋外壁東面)





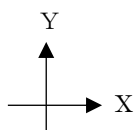
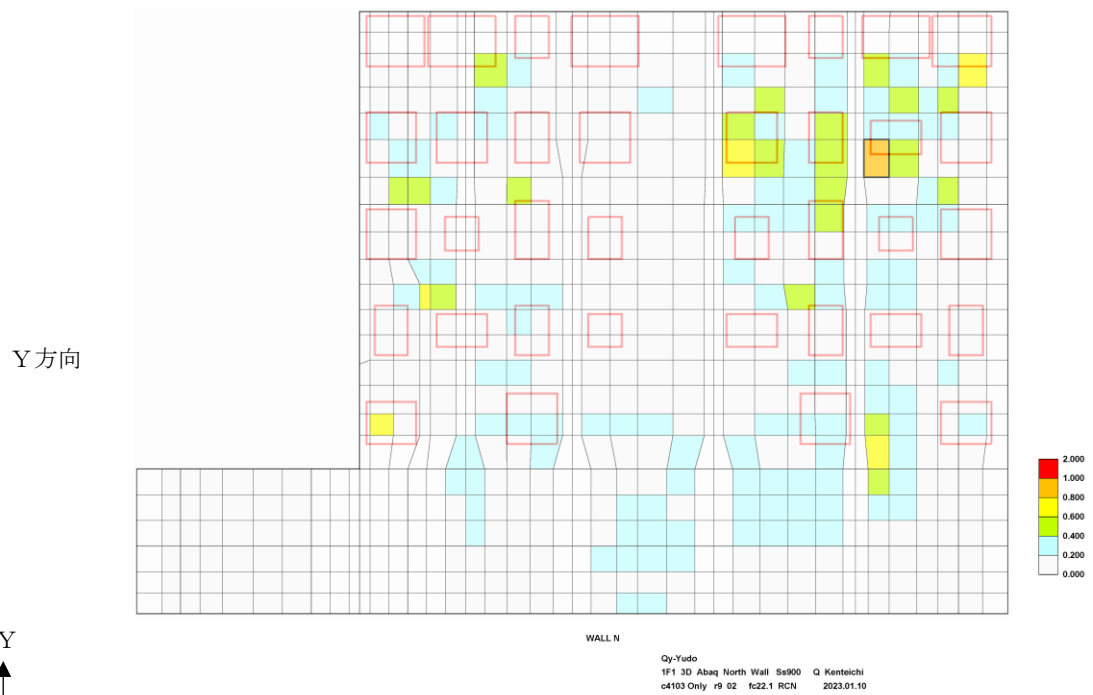
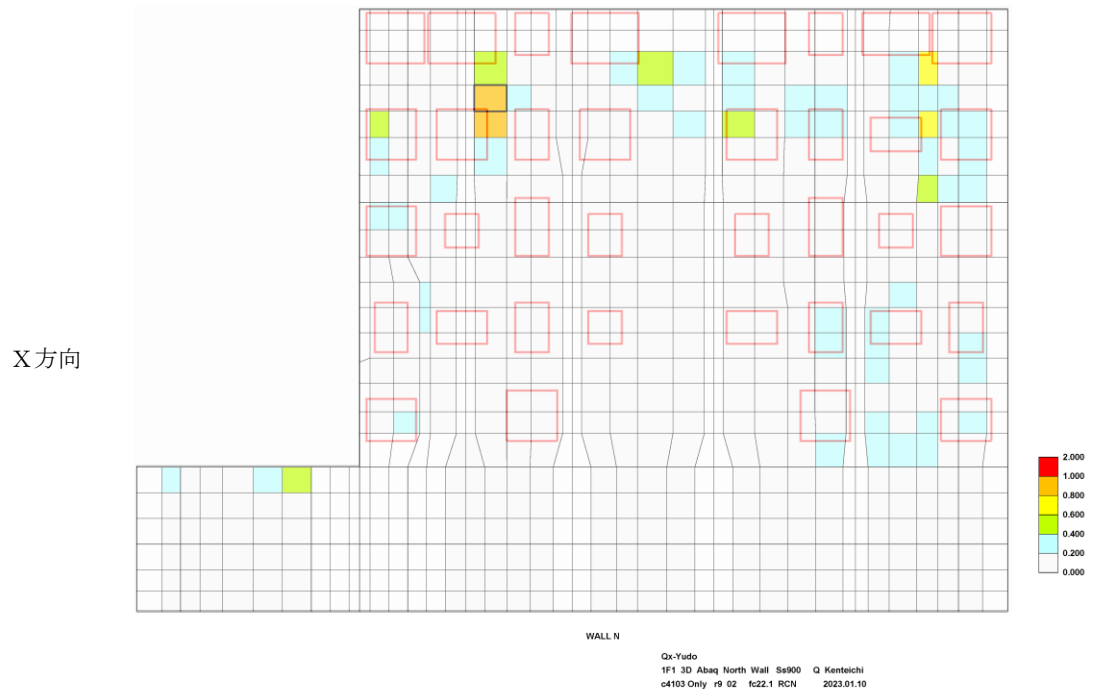
(図中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.27 面外せん断力の検定比 (建屋外壁西面)



(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.28 面外せん断力の検定比 (建屋外壁南面)



(图中赤枠はベースプレート設置位置を示す)

図-1.29 面外せん断力の検定比 (建屋外壁北面)

## 福島第一原子力発電所第2号機原子炉建屋西側外壁の開口設置について

### 1. 西側外壁開口の目的

第2号機原子炉建屋（以下、原子炉建屋という）の使用済燃料プール内の燃料取り出しに要する燃料取り出し用カバー（またはコンテナ）及び燃料取扱設備を設置するために、原子炉建屋上部を解体する計画である。

原子炉建屋上部解体に先立ち、オペレーティングフロア（5階）内で準備作業として片付け、清掃及び使用済燃料プールへの養生設置を行う計画である。そのため、原子炉建屋の西側外壁の5階部分に作業搬出入用の前室及び開口を設置する。

なお、原子炉建屋上部解体に関しては、工事開始前までに報告し、確認を受ける。

### 2. 前室、開口概要

(1) 原子炉建屋の西側に設ける前室概要は以下の通りとする。

- ・ 構造：鉄骨造
- ・ 屋根外壁材：鋼製折板
- ・ 大きさ：高さ方向 約10m，東西方向 約16m，南北方向 約22m

(2) 原子炉建屋の西側外壁に設ける開口概要は以下の通りとする。

- ・ 位置：原子炉建屋の西側外壁
- ・ 高さ：原子炉建屋の5階（開口下端レベル 地上約30m）
- ・ 大きさ：高さ約7m，幅約5m

### 3. 開口設置方法

開口位置に附帯する設備等を図面や現場調査により確認し、安全を確保した計画を立案する。この計画に基づき、解体機械等により開口を設置する。

### 4. 開口設置作業に伴う放射性物質の飛散抑制策

- ・ 開口を設置する原子炉建屋西側に構台を設置し、開口全体を覆う前室を設置する。
- ・ 開口設置作業開始前及び終了後に、飛散防止剤を散布する。
- ・ 前室の外部にダストモニタを設置し、放射性物質の有意な変化を確認した場合は、速やかに作業を中断する。
- ・ 前室空気中の放射性物質を低減するため、前室内の空気を換気空調設備により吸気する。吸気した空気はフィルタユニットにより除塵し、前室に戻す。また、換気空調設備入口にダストモニタを設置し、前室空気中の放射性物質濃度を計測する。

## 5. 津波・台風・竜巻・豪雨の影響

前室及び開口は、15m 級津波が到達しないと考えられる地上約 30m の高さに設置する。前室は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力に対し耐えられるよう設計し、開口は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力に対し耐えられるよう設計している前室内に設置する。前室は、鋼製折板にて覆うことにより風雨を遮る設計とし、開口は、風雨を遮る設計としている前室内に設置する。

## 6. 耐震安全性

### (1) 適用規格

耐震安全性の検討は、下記に準拠して行う。

- ・ 建築基準法及び関連法令
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2013 年）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2010 年）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1991 補）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）
- ・ 鋼構造設計規準（日本建築学会，2005 年）
- ・ 鋼構造接合部設計指針（日本建築学会，2006 年）
- ・ 日本産業規格（JIS）

### (2) 原子炉建屋の検討結果

開口（せん断断面積及び断面二次モーメントを低減）並びに構台及び使用済燃料プールへの養生の重量を考慮した原子炉建屋の解析モデルを用い、基準地震動  $S_s$  による地震応答解析を実施した。その結果、耐震壁のせん断ひずみが評価基準値  $4.0 \times 10^{-3}$  を下回っており、耐震安全性を確保していることを確認した。（最大値： $0.17 \times 10^{-3}$ （5 階， $S_s-1$ ，EW 方向））（詳細は別添－1 を参照）

### (3) 前室の検討結果

主要な鉄骨部材からなる立体架構モデルを用い、原子力発電所耐震設計技術指針に定める C クラス相当の地震力に対して、断面検討を実施した。その結果、全ての部材に対する検定比（作用応力度/許容応力度）が 1 を下回っており、耐震安全性を確保していることを確認した。（最大値：0.21）

## 7. 開口設置に伴う放射性物質の環境影響

燃料取り出しに向け原子炉建屋西側外壁に開口を設置した場合、開口部からの放射性物質の飛散が懸念される。このため、放射性物質の放出量について評価を行った結果、敷地

境界における被ばく評価への影響は少ないと評価される。(詳細は別添-2を参照)

#### 8. 廃棄物の保管

解体撤去に伴い発生する固体廃棄物の発生量は約 31 m<sup>3</sup> (コンクリート約 26 m<sup>3</sup>, 金属類約 5 m<sup>3</sup>), 線量率は 1 ~ 30mSv/h と想定しており, 「Ⅲ特定原子力施設の保安 第3編 2.1.1 放射性固体廃棄物等の管理」に従い, 構内一時保管エリアにて保管・管理する。

#### 9. 作業者の被ばく線量の管理

放射線業務従事者が立ち入る場所では, 外部放射線に係わる線量率を把握し, 放射線業務従事者等の立入頻度や滞在時間等を管理することで, 作業時における放射線業務従事者が受ける線量が労働安全衛生法及びその関連法令に定められた線量限度 (100mSv/5 年及び50mSv/年) を超えないようにする。

開口設置作業における放射線業務従事者の被ばく線量低減策として, 以下の対策を実施する。

- ・省人化を目的とした遠隔操作設備の設置による作業員被ばく量の低減
- ・遮蔽した退避場所の設置による作業員被ばく量の低減
- ・必要に応じ作業員の被ばく量を低減させるための遮蔽ベストの着用
- ・作業時間管理による作業員被ばくの低減

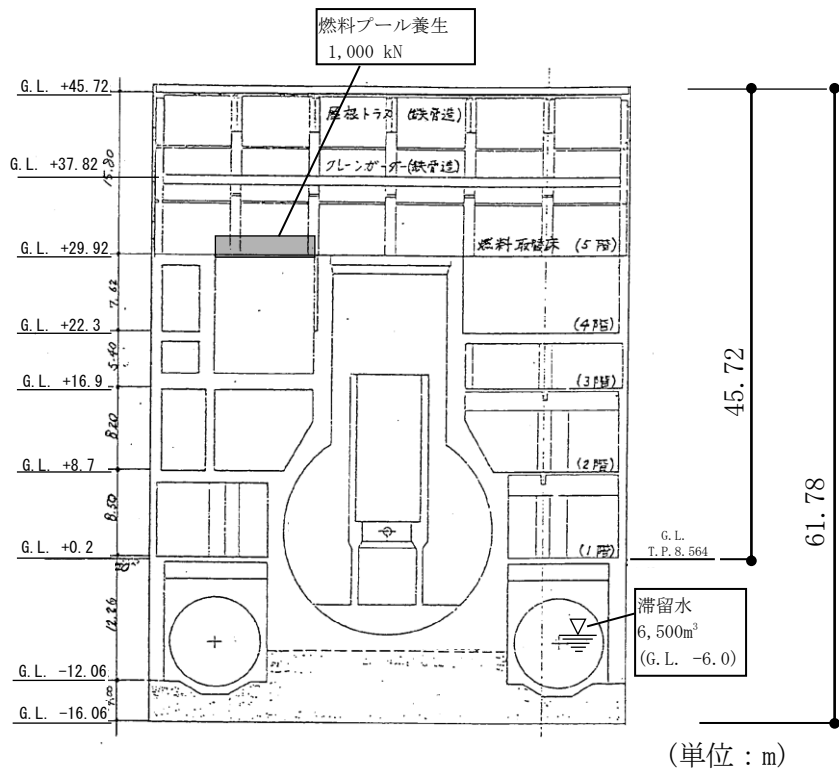
高線量エリアにおける施工であるため, 現場状況を踏まえ, 今後継続的に被ばく線量低減に向けた線源の把握と除去, 線源に対する遮蔽, 作業区域管理の検討を行い, 更なる被ばく線量低減に努める。

第2号機原子炉建屋西側外壁開口設置後の原子炉建屋の耐震安全性

1. はじめに

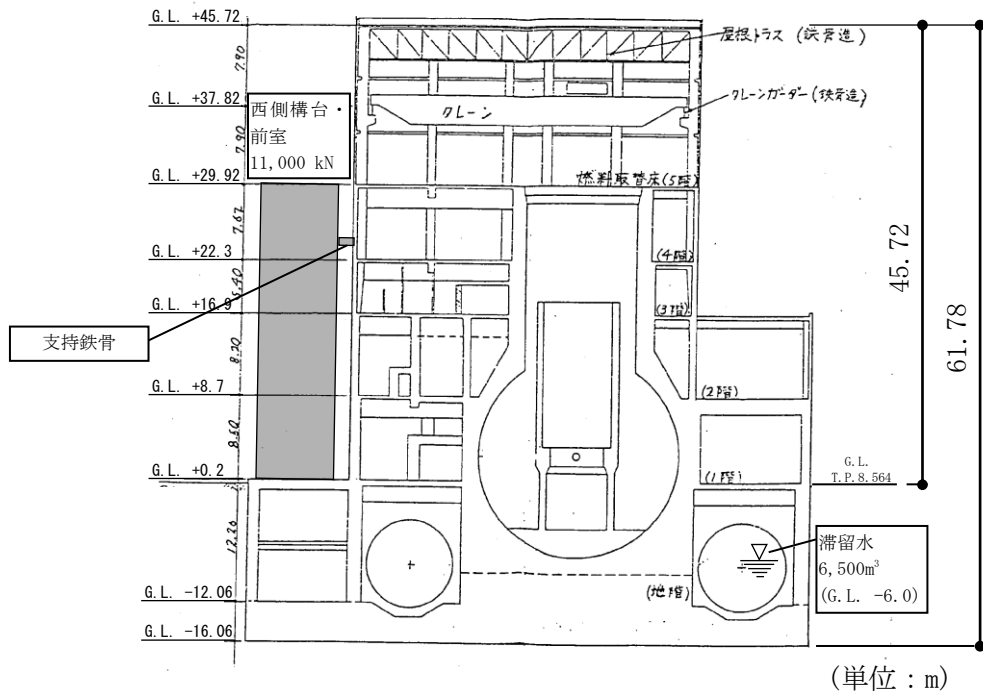
本書は、「Ⅱ章 2.6 添付資料－2 構造強度及び耐震性（地下滞留水を考慮した建屋の耐震安全性評価）」で用いた解析モデルを基本に、西側外壁開口、西側構台・前室及び燃料プール落下防止養生の重量を考慮した解析モデルを用いて基準地震動  $S_s$  に対する評価を行う。なお、評価に用いる地震動（基準地震動  $S_s$ ）及び地盤定数は「Ⅱ章 2.6 添付資料－2 構造強度及び耐震性（地下滞留水を考慮した建屋の耐震安全性評価）」で用いたものと同じである。

建屋の概要図を図1－1に示す。



(a) NS 方向断面

西側外壁開口：高さ約7m×幅 約5m



(b) EW 方向断面

図 1-1 原子炉建屋の概略断面図

添付資料7に記載の標高は、震災後の地盤沈下量(-709mm)とO.P.からT.P.への読替値(-727mm)を用いて、下式に基づき換算している。  
 <換算式> T.P. = 旧 O.P. - 1,436mm



## 2. 解析に用いる入力地震動

原子炉建屋への入力地震動は、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  を用いる。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図 2-1 に示す。この原子炉建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

解放基盤表面位置 (G.L. -206m (震災前 O.P. -196.0m)) における基準地震動  $S_s$  の加速度波形については、図 2-2 に示す。

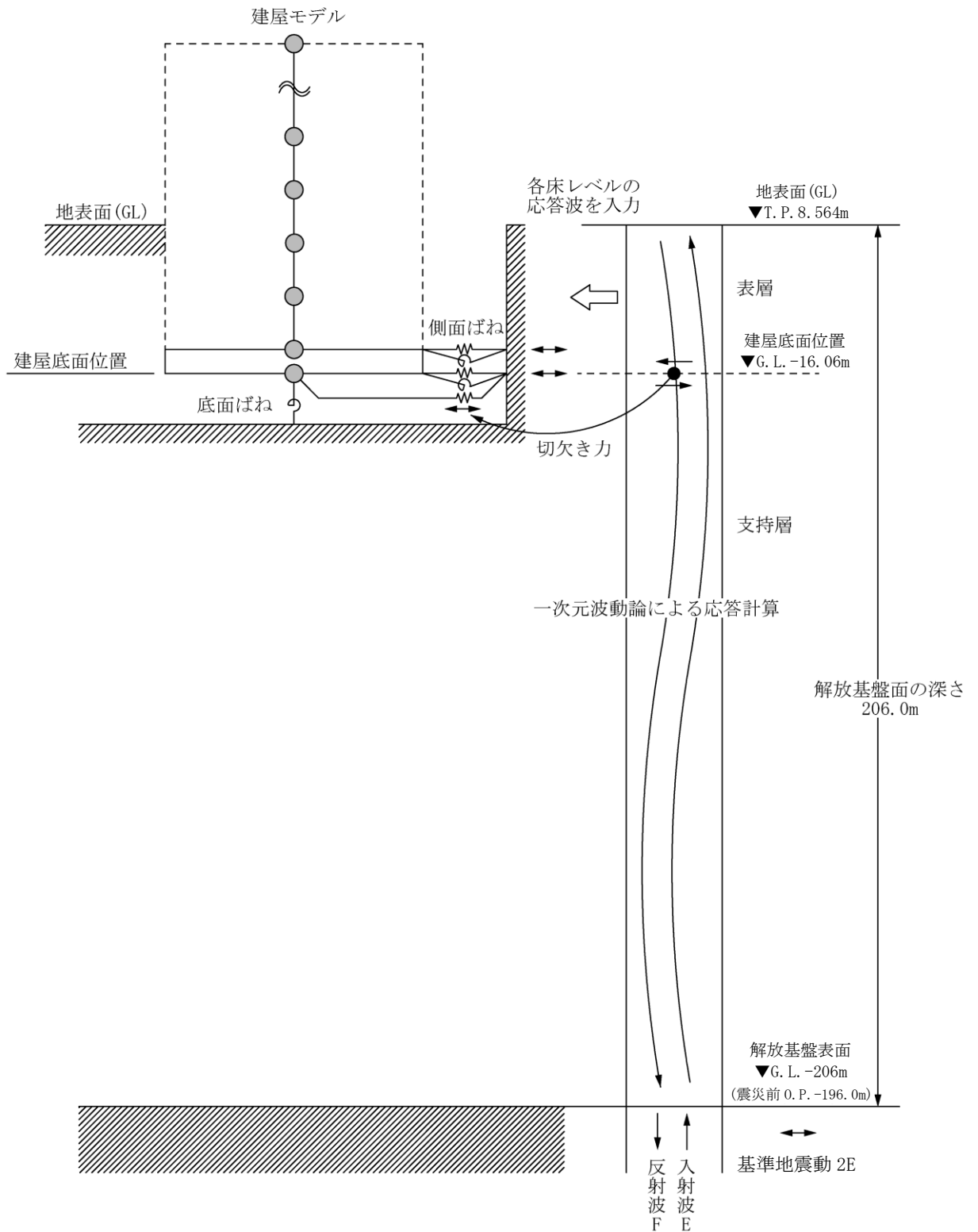


図 2 - 1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図 (水平方向)

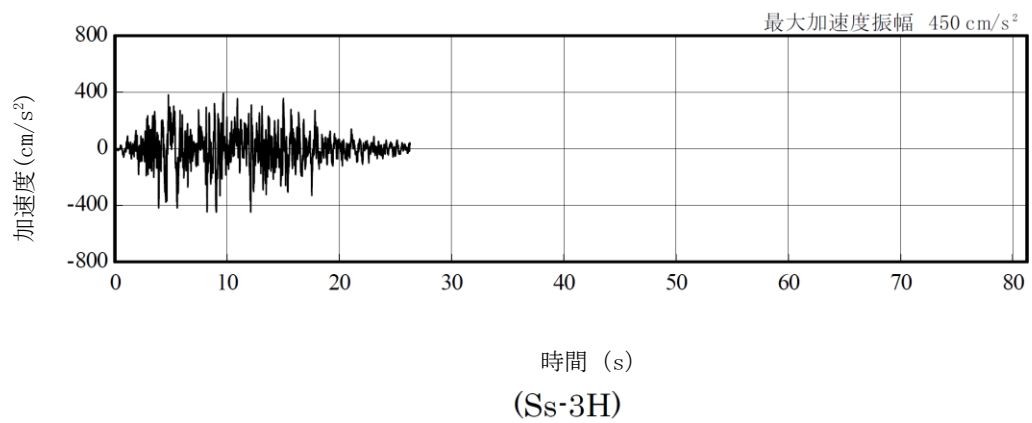
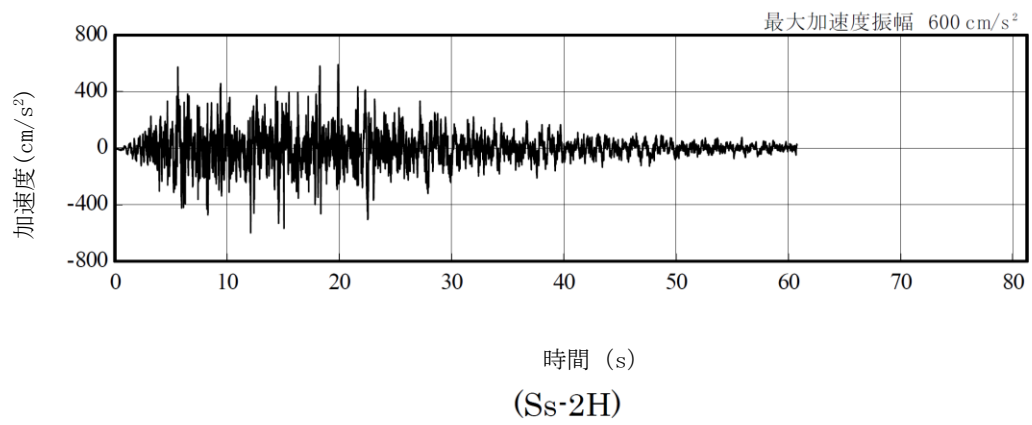
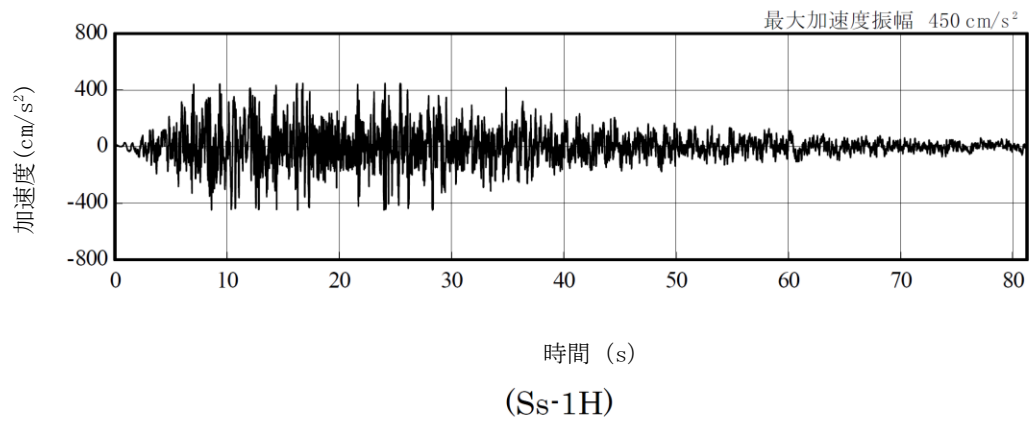


図 2 - 2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形 (水平方向)

### 3. 地震応答解析モデル

基準地震動  $S_s$  に対する原子炉建屋の地震応答解析は、「2. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図 3-1 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋-地盤連成系モデルとする。建屋-地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。建屋解析モデルの諸元は、滞留水を貯留している建屋の耐震安全性を評価した諸元に、オペレーティングフロア階に設けた西側外壁開口、西側構台・前室の重量及び燃料プール落下防止養生の重量を考慮する。建屋解析モデルの諸元に追加した重量を表 3-1 に、建屋モデル諸元を表 3-2 に示す。

表 3-1 建屋解析モデル追加重量

	質点	G. L. (m)	重量 (kN)
燃料プール落下防止養生	3	+29.92	1,000
西側構台・前室	4	+22.3	9,000
	7	+0.2	2,000
合計			12,000

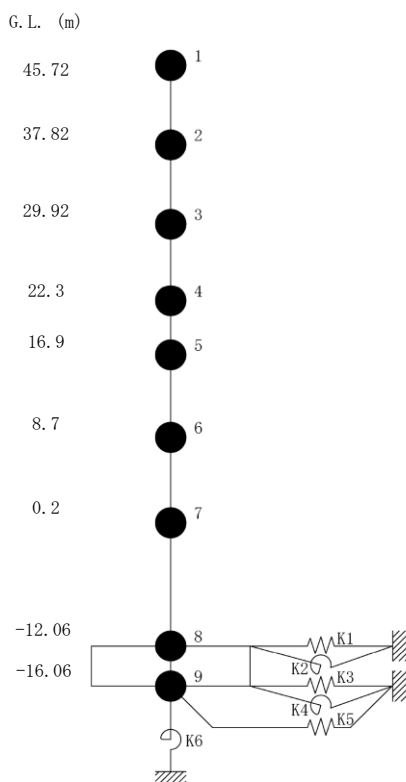
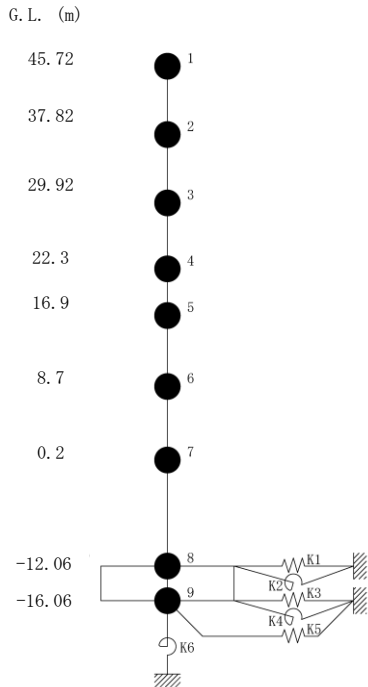


図 3-1 原子炉建屋 地震応答解析モデル (NS, EW 方向)

表 3-2 建屋解析モデルの諸元  
(NS 方向)

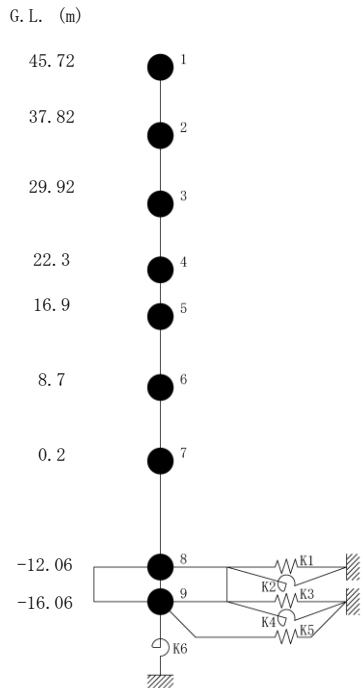


質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_s (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	14,380	25.99		
2	10,220	18.53	18.6	10,154
3	59,470 [1,000]	107.62 [1.81]	17.4 {1.2}	10,650 {25}
4	79,440 <9,000>	143.78 <16.29>	184.3	22,551
5	107,720	194.96	166.8	24,629
6	116,670	211.14	249.3	44,401
7	201,190 <2,000>	364.11 <3.62>	157.1	40,661
8	341,290 (63,750)	617.55 (115.35)	456.8	110,444
9	125,030	226.24	2,656.2	480,675
合計	1,055,410			

注 ( ) 内は滞留水による付加重量分を示す。  
 [ ] 内は燃料プール養生による付加重量分を示す。  
 < > 内は燃料取り出し用西側構台による付加重量分を示す。  
 { } 内は耐震壁開口による減少分を示す。

ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 46.60m(NS方向) × 57.00m(EW方向)

(EW 方向)



質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_s (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	14,380	14.71		
2	10,220	10.40	14.0	5,941
3	59,470 [1,000]	60.74 [1.02]	14.0	6,307
4	79,440 <9,000>	81.06 <9.18>	108.2	11,927
5	107,720	194.96	117.3	14,199
6	116,670	211.14	185.7	33,796
7	201,190 <2,000>	544.79 <5.42>	173.1	41,960
8	341,290 (63,750)	923.98 (172.59)	418.1	132,121
9	125,030	338.53	2,656.2	719,166
合計	1,055,410			

注 ( ) 内は滞留水による付加重量分を示す。  
 [ ] 内は燃料プール養生による付加重量分を示す。  
 < > 内は燃料取り出し用西側構台による付加重量分を示す。

ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 46.60m(NS方向) × 57.00m(EW方向)

4. 耐震安全性評価結果（耐震壁のせん断ひずみの確認）

地震応答解析により得られた耐震壁のせん断ひずみ一覧を表4-1に示す。せん断ひずみは基準地震動  $S_s$  による解析でも、最大で  $0.17 \times 10^{-3}$  であり、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) 以下である。

表4-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧

(NS 方向)

(単位： $\times 10^{-3}$ )

G. L. (m)	Ss-1H		Ss-2H		Ss-3H		評価基準
	今回	参考*1	今回	参考*1	今回	参考*1	
45.72~37.82	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	4.0 以下
37.82~29.92	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	
29.92~22.3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	
22.3~16.9	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	
16.9~8.7	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	
8.7~0.2	0.15	0.15	0.16	0.15	0.14	0.13	
0.2~-12.06	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	

\*1: 「西側外壁開口, 西側構台及び燃料プール落下防止養生の重量」を考慮しない場合

(EW 方向)

(単位： $\times 10^{-3}$ )

G. L. (m)	Ss-1H		Ss-2H		Ss-3H		評価基準
	今回	参考*1	今回	参考*1	今回	参考*1	
45.72~37.82	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	4.0 以下
37.82~29.92	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	
29.92~22.3	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	
22.3~16.9	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	
16.9~8.7	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	
8.7~0.2	0.14	0.14	0.15	0.14	0.12	0.12	
0.2~-12.06	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07	0.07	

\*1: 「西側外壁開口, 西側構台及び燃料プール落下防止養生の重量」を考慮しない場合

## 第2号機原子炉建屋西側外壁開口設置後の放射性物質の放出量評価

## 1. 放出量評価方法の考え方

原子炉建屋西側外壁開口設置後の放出量評価は、従前の放出箇所であるブローアウトパネルの隙間・原子炉建屋排気設備出口・原子炉格納容器ガス管理設備に加え、新たに設置する開口を考慮して評価を行った。

本評価は、開口設置前に採取した平成27年8月～平成29年2月の期間において、原子炉建屋排気設備入口で最大濃度であった平成27年9月のダスト濃度を評価に適用した。

開口設置に際し、放射性物質の飛散抑制のために開口全体を覆う前室を設置する。そのため、新たに設置する開口の面積については、前室と開口の間に生ずる隙間（以下「開口の隙間」という）を開口面積として評価に適用した。

なお、大物搬入口、二重扉、非常用扉については、実態にあわせた開口面積を評価に適用した。

## 2. 放出量評価

開口の隙間及びブローアウトパネルの隙間・原子炉建屋排気設備出口・原子炉格納容器ガス管理設備の各放出箇所において、下記のとおりの評価を行った。

## ① 開口の隙間及びブローアウトパネルの隙間

開口の隙間及びブローアウトパネルの隙間に関しては、外部の風による流量の変動幅が大きいため、変動幅を考慮して評価を行った。

開口の隙間及びブローアウトパネルの隙間からの放出量（最大）

$$\begin{aligned} &= \text{原子炉建屋排気設備入口のダスト濃度 (Cs-134+Cs-137)} \\ &\quad \times \text{流量 (開口の隙間の流量+ブローアウトパネルの隙間の流量)} \\ &= 4.6 \times 10^{-5} [\text{Bq/cm}^3] \times (9.6 \times 10^3 + 1.5 \times 10^4) [\text{m}^3/\text{h}] \times 10^6 [\text{cm}^3/\text{m}^3] \\ &= \text{約 } 1.1 \times 10^6 [\text{Bq/h}] \quad = \text{約 } 1.1 \times 10^{-2} [\text{億 Bq/h}] \end{aligned}$$

開口の隙間及びブローアウトパネルの隙間からの放出量（最小）

$$\begin{aligned} &= \text{原子炉建屋排気設備入口のダスト濃度 (Cs-134+Cs-137)} \\ &\quad \times \text{流量 (開口の隙間の流量+ブローアウトパネルの隙間の流量)} \\ &= 4.6 \times 10^{-5} [\text{Bq/cm}^3] \times (3.8 \times 10^3 + 7.9 \times 10^3) [\text{m}^3/\text{h}] \times 10^6 [\text{cm}^3/\text{m}^3] \\ &= \text{約 } 5.4 \times 10^5 [\text{Bq/h}] \quad = \text{約 } 5.4 \times 10^{-3} [\text{億 Bq/h}] \end{aligned}$$

② 原子炉建屋排気設備

原子炉建屋排気設備からの放出量

$$\begin{aligned} &= \text{原子炉建屋排気設備出口の月間平均ダスト濃度 (Cs-134+Cs-137)} \\ &\quad \times \text{原子炉建屋排気設備の流量} \\ &= 4.9 \times 10^{-7} [\text{Bq/cm}^3] \times 1.0 \times 10^4 [\text{m}^3/\text{h}] \times 10^6 [\text{cm}^3/\text{m}^3] \\ &= \text{約 } 4.9 \times 10^3 [\text{Bq/h}] \quad = \text{約 } 4.9 \times 10^{-5} [\text{億 Bq/h}] \end{aligned}$$

③ 原子炉格納容器ガス管理設備

原子炉格納容器ガス管理設備からの放出量

$$\begin{aligned} &= \text{原子炉格納容器ガス管理設備出口の月間平均ダスト濃度 (Cs-134+Cs-137)} \\ &\quad \times \text{原子炉格納容器ガス管理設備の流量} \\ &= 1.2 \times 10^{-5} [\text{Bq/cm}^3] \times 1.9 \times 10^1 [\text{m}^3/\text{h}] \times 10^6 [\text{cm}^3/\text{m}^3] \\ &= \text{約 } 2.2 \times 10^2 [\text{Bq/h}] \quad = \text{約 } 2.2 \times 10^{-6} [\text{億 Bq/h}] \end{aligned}$$

※計算に引用した数値（ダスト濃度・流量）は以下のとおり。

・ダスト濃度

平成 27 年 9 月の原子炉建屋排気設備入口のダスト濃度，原子炉建屋排気設備出口及び原子炉格納容器ガス管理設備出口の月間平均ダスト濃度を適用した。

・開口の隙間及びブローアウトパネルの隙間の流量

外部の風による運動エネルギーにより建物風上側と風下側に圧力差が発生し，圧力差により建屋開口部から空気の流出入が発生する。この圧力差による建屋開口部からの流出入量をベルヌーイの定理を用いて流量を評価した。各前提については，以下のとおり。

開口の隙間及びブローアウトパネルの隙間の前提

開口の隙間及びブローアウトパネルの隙間の開口面積を縮小せず，二重扉を全開，非常用扉を全開及び大物搬入口を全閉した場合を想定。

風速の前提

昭和 54 年 4 月～昭和 55 年 3 月の 1 年間における福島第一原子力発電所の露場の平均風速（3.1[m/s]）を適用した。（原子炉設置変更許可申請書添付書類 6）

上記の風速を入力条件として 16 方位毎に開口の隙間及びブローアウトパ



ネルの隙間からの流量を評価し、最大と最小の流量をそれぞれ以下のとおり評価した。

	合計	開口の隙間	ブローアウトパネルの隙間
最大流量[m <sup>3</sup> /h]	約 2.4×10 <sup>4</sup>	9.6×10 <sup>3</sup>	1.5×10 <sup>4</sup>
最小流量[m <sup>3</sup> /h]	約 1.2×10 <sup>4</sup>	3.8×10 <sup>3</sup>	7.9×10 <sup>3</sup>

- ・原子炉建屋排気設備の流量

原子炉建屋排気設備の容量 (1.0×10<sup>4</sup> [m<sup>3</sup>/h]) を適用した。

- ・原子炉格納容器ガス管理設備の流量

ダスト濃度と同様に平成 27 年 9 月の値を適用した。

上記 3 箇所の放出箇所からの放出量の評価より、開口設置後の原子炉建屋からの放出量合計値は以下のとおり。

開口設置後の放出量評価 (最大)

$$= \text{約 } 1.1 \times 10^{-2} \text{ [億 Bq/h]} + \text{約 } 4.9 \times 10^{-5} \text{ [億 Bq/h]} + \text{約 } 2.2 \times 10^{-6} \text{ [億 Bq/h]}$$

$$= \text{約 } 0.011 \text{ [億 Bq/h]}$$

開口設置後の放出量評価 (最小)

$$= \text{約 } 5.4 \times 10^{-3} \text{ [億 Bq/h]} + \text{約 } 4.9 \times 10^{-5} \text{ [億 Bq/h]} + \text{約 } 2.2 \times 10^{-6} \text{ [億 Bq/h]}$$

$$= \text{約 } 0.0054 \text{ [億 Bq/h]}$$

よって、開口設置後の放出量は、約 0.0054～0.011 億 Bq/h と評価した。

なお、開口設置前の原子炉建屋の平成 27 年 8 月～平成 29 年 2 月の平均の放出量は、約 0.0013 億 Bq/h である。

### 3. 被ばく評価

以下の計算条件で、開口が設置された場合の放出量による被ばく評価を行った。

#### ① 気象条件

被ばく評価に用いる気象条件は、昭和 54 年 4 月～昭和 55 年 3 月の 1 年間における風向、風速、日射量、放射収支量の観測データを統計処理して用い、統計処理は「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に基づいて行った。

#### ② 実効線量の計算方法

放射性セシウムによる実効線量の計算は、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目

標値に対する評価指針」及び「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」を準用する。

外部被ばく及び吸入摂取による実効線量は、原子炉施設周辺でそれぞれ最大の被ばくを与える地点に居住する人を対象とし、外部被ばくについては放射性雲からのγ線による実効線量と地表に沈着した放射性物質からのγ線による実効線量を考慮する。

具体的な計算方法等については、「Ⅲ特定原子力施設の保安 第3編 2.2 線量評価」に準じる。

### ③ 計算地点

計算地点は、1. 2号機共用排気筒を中心として16方位に分割した陸側9方位の敷地境界外について行う。

上記の評価方法で、評価した結果は、以下のとおり。

敷地境界における被ばく量は年間約0.0012～0.0025 [mSv]

## 4. 評価

第2号機原子炉建屋西側外壁開口設置後の放出量評価は、約0.0054～0.011 億 Bq/h であり、開口設置前と比較して約0.0042～0.0099 億 Bq/h 増加することとなる。これによる敷地境界における被ばく量は年間約0.0016～0.0029 mSv となる。(表参照)

なお、気体廃棄物の管理については、「Ⅲ特定原子力施設の保安 第3編 2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理」に準じる。

放出量 [単位：億 Bq/h]	第2号機開口設置前	第2号機開口設置後 (評価値)
第1号機	約0.000027 <sup>※1</sup>	
第2号機	約0.0013 <sup>※1</sup>	約0.0054～0.011
第3号機	約0.0012 <sup>※1</sup>	
第4号機	約0.00022 <sup>※1</sup>	
合計	0.0027 <sup>※2</sup>	0.0068～0.013 <sup>※2</sup>
敷地境界線量 [単位：mSv/y]	0.0007	0.0016～0.0029

※1 平成27年8月～平成29年2月の平均値を用いている。

※2 数値処理の都合上、合計が一致しない。