

1号機燃料取り出し用カバーのうち 大型カバーの設置について

2021年8月23日（第3回）

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

はじめに

- 1号機大型カバーの設置に伴い、実施計画の下記の範囲について変更を申請する。

- 実施計画の申請範囲

<変更箇所>

Ⅱ 特定原子力施設の設計, 設備

2 特定原子力施設の構造及び設備, 工事の計画

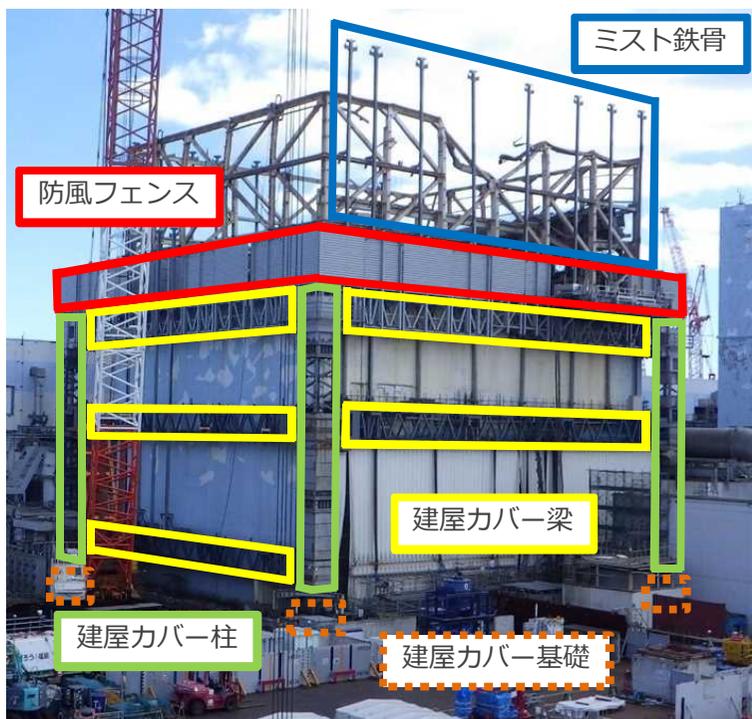
2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備

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

添付資料－6 福島第一原子力発電所第1号機原子炉建屋カバーに関する説明書

経緯

- 1号機の燃料取り出しに当たっては、ダスト飛散対策の信頼性向上等の観点から、「原子炉建屋を覆う大型カバーを設置し、カバー内でガレキ撤去を行う」プランを採用し、2020年2月に第78回監視・評価検討会にて説明した。
- その後、大型カバーの設計を進めると共に、大型カバーの設置に向けて支障となる既存の原子炉建屋カバーの残置部について、2020年12月より撤去を実施し、2021年6月に完了した。
- 今回は、大型カバーの設計内容について申請する。なお、大型カバー設置以降については、別途申請予定である。



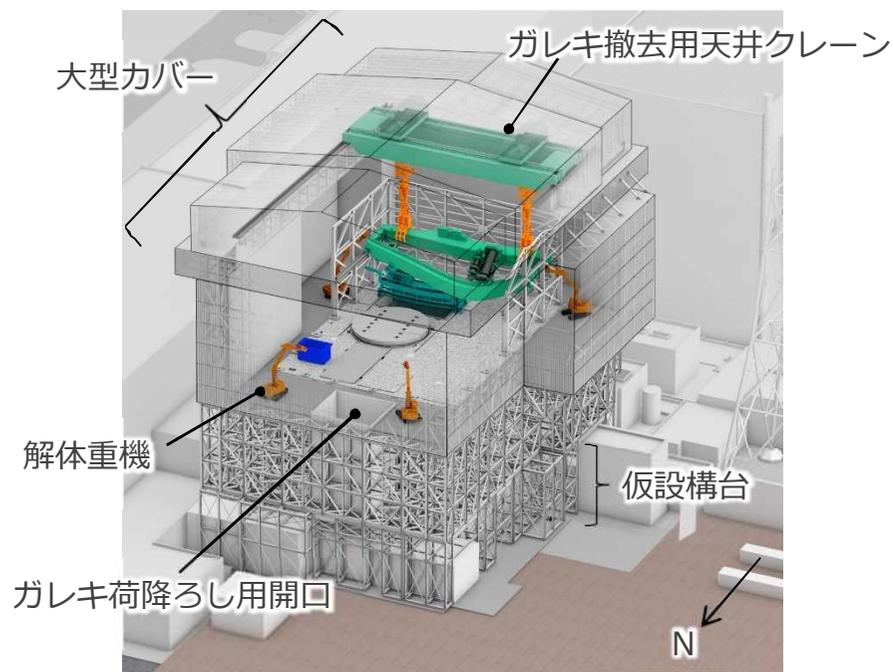
1号機原子炉建屋全景（2020年3月時点）



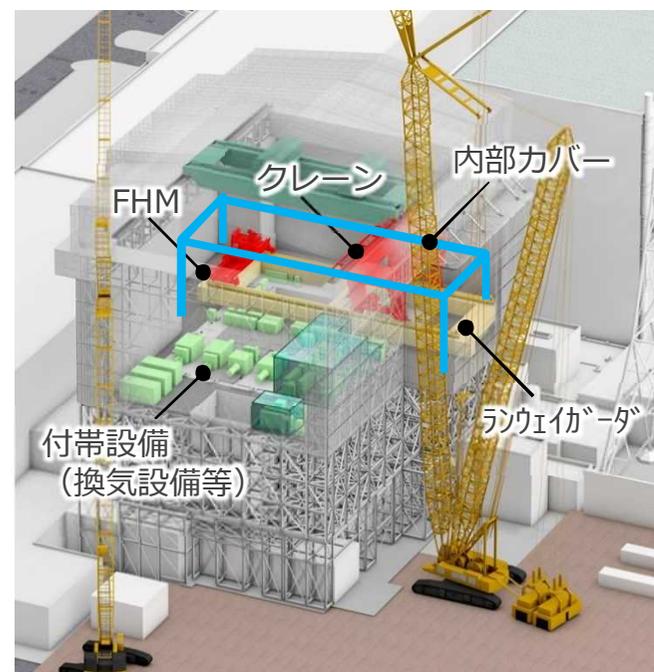
1号機原子炉建屋全景（2021年6月19日時点）

燃料取り出し工法の概要

- 原子炉建屋を覆う大型カバーを先行設置し，大型カバー内のガレキ撤去用天井クレーンや解体重機を用いて，ガレキ撤去を実施する。
- その後，オペレーティングフロアの除染・遮蔽を実施し，燃料取扱設備(燃料取扱機，クレーン)を設置した上で，使用済燃料プールから燃料取り出しを実施する。



ガレキ撤去時のイメージ図



燃料取り出し時のイメージ図

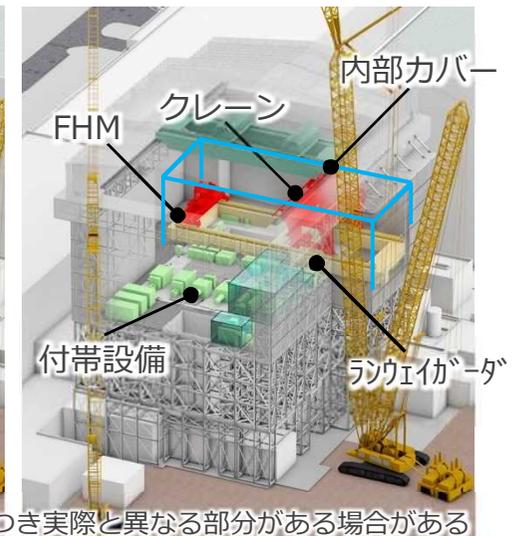
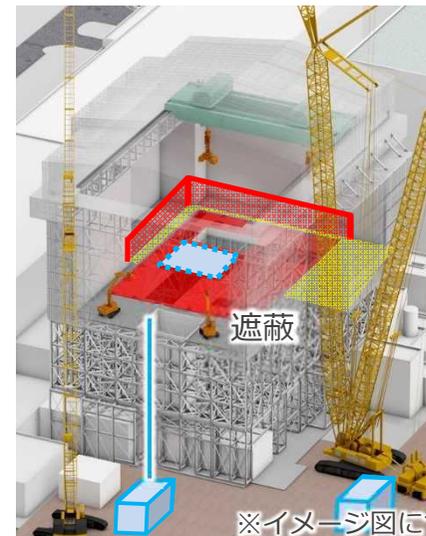
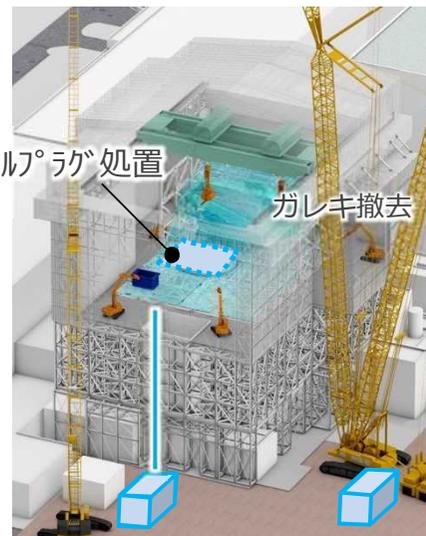
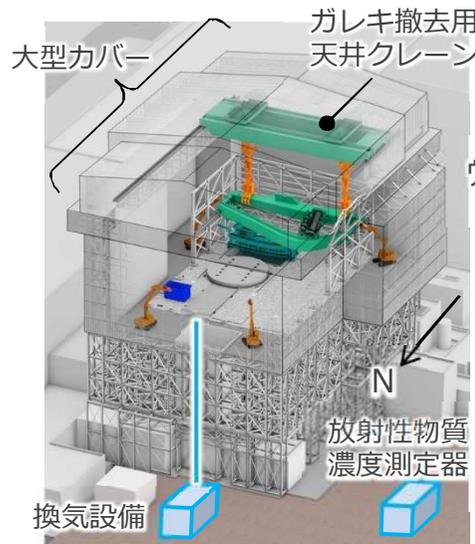
※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

燃料取り出しに向けた実施計画の提出方法 (1)

- STEP毎に実施計画を提出する計画である。
- 大型カバーは、設置後ガレキ撤去に使い、その後、燃料取り出し時にも活用する。なお、内部カバーはガレキ撤去後設置するため、別途申請予定である。

大型カバー設置完了
(2023年度頃)

燃料取り出し開始
(2027~2028年度)



※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

STEP1-1

- ・大型カバー
- ・ガレキ撤去用天井クレーン

STEP1-2

- ・換気設備
- ・放射性物質濃度測定器
- ・非常用注水設備の代替手段

対象設備

STEP2

- ・ガレキ撤去
- ・ウェルプラグ処置

STEP3

- ・遮蔽

STEP4

- ・FHM, クレーン
- ・換気設備
- ・放射性物質濃度測定器
- ・エリア放射線モニタ
- ・ランウェイカーダ, 内部カバー

今回申請範囲

燃料取り出しに向けた実施計画の提出方法 (2)

■ 各STEPの実施計画変更予定範囲を以下に示す。

項目	STEP 1-1	STEP 1-2	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5
II 2.3 使用済燃料プール設備	-	○	-	-	-	-
添付資料-9 使用済燃料プール冷却系機能喪失評価	-	○	-	-	-	-
II 2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備	○	○	○	○	○	○
添付資料-1-1 燃料の落下防止, 臨界防止に関する説明書	-	-	-	-	○	-
添付資料-1-2 放射線モニタリングに関する説明書	-	-	-	-	○	-
添付資料-1-3 燃料の健全性確認及び取り扱いに関する説明書	-	-	-	-	○	○
添付資料-2-1 構内用輸送容器に係る安全機能及び構造強度に関する説明書	-	-	-	-	-	○
添付資料-2-2 破損燃料用輸送容器に係る安全機能及び構造強度に関する説明書	-	-	-	-	-	○
添付資料-2-3 構内輸送時の措置に関する説明書	-	-	-	-	-	○
添付資料-3-1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書	-	○	-	-	○	-
添付資料-3-3 移送操作中の燃料集合体の落下	-	-	-	-	○	-
添付資料-4-1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書	-	-	-	-	○	-
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	○	-	-	○	○	-
添付資料-5 使用済燃料プールからの燃料取り出し工程表	-	-	-	-	○	-
添付資料-6 福島第一原子炉建屋発電所第1号機原子炉建屋カバーに関する説明書	○	-	-	-	-	-
添付資料-7 福島第一原子炉建屋発電所第1号機原子炉建屋カバー解体について	-	○	-	-	-	-
添付資料-10 福島第一原子力発電所1号機原子炉建屋ハレティングフロアのかげ撤去について	-	-	○	-	-	-
II 2.15 放射線管理関係設備等	-	○	-	-	○	-
添付資料-1 ダスト放射線モニタシステム概略図	-	○	-	-	○	-
III 第1編 第34条 新燃料の運搬	-	-	-	-	-	○
III 第1編 第36条 使用済燃料の貯蔵	-	-	-	-	-	○
III 第1編 第37条 使用済燃料の運搬	-	-	-	-	-	○
III 第1編 第42条 気体廃棄物の管理	-	○	-	-	○	-
III 第1編 第60条 外部放射線に係る線量当量率等の測定	-	-	-	-	○	-
III 第1編 第61条 放射線計測器類の管理	-	-	-	-	○	-
III 第3編 2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理	-	○	○	-	○	-
III 第3編 3.1.2 放射線管理	-	○	○	-	○	-

各申請の関係性の整理 (STEP1-1 大型カバーについて)

- 大型カバーの設計 (STEP1-1) では、表に示すように各STEPにおける条件を反映している。これらについては、STEP1-1で説明する。
- 設備の設計やガレキ撤去の方法などは各STEPで詳細を説明する。
- 各STEPの条件が変更となった場合、STEP1-1に与える影響があるかどうかを確認する。

	STEP1-2	STEP2	STEP3	STEP4
ガレキ撤去時	[換気設備] ・大型カバーの荷重へ反映 [放射性物質濃度測定器] ・大型カバーの荷重へ反映 [非常用注水設備代替手段] ・大型カバーの荷重へ反映	[ガレキ撤去] ・重機を大型カバーの荷重へ反映 ・ガレキをR/Bの荷重へ反映 [ウェルプラグ処置] ・R/Bの荷重として反映	[遮蔽] ・遮蔽体を大型カバーの荷重へ反映	・反映事項なし
燃料取り出し時	[換気設備] ・大型カバーの荷重へ反映 [放射性物質濃度測定器] ・大型カバーの荷重へ反映 [非常用注水設備代替手段] ・大型カバーの荷重へ反映	[ガレキ撤去] ・ガレキの荷重を全て除外 [ウェルプラグ処置] ・R/Bの荷重として反映	[遮蔽] ・大型カバー, R/Bそれぞれの荷重へ反映	[FHM, クレーン] ・R/Bの荷重へ反映 ・大型カバーへ反力を反映 [換気設備] ・R/Bの荷重へ反映 [放射性物質濃度測定器] ・R/Bの荷重へ反映 [エリア放射線モニタ] ・R/Bの荷重へ反映 [ランウェイガード] ・R/Bの荷重へ考慮 ・大型カバーへ反力を反映 [内部カバー] ・R/Bの荷重へ考慮 ・大型カバーへ反力を反映

燃料取り出しに向けた実施計画の提出方法 (3)

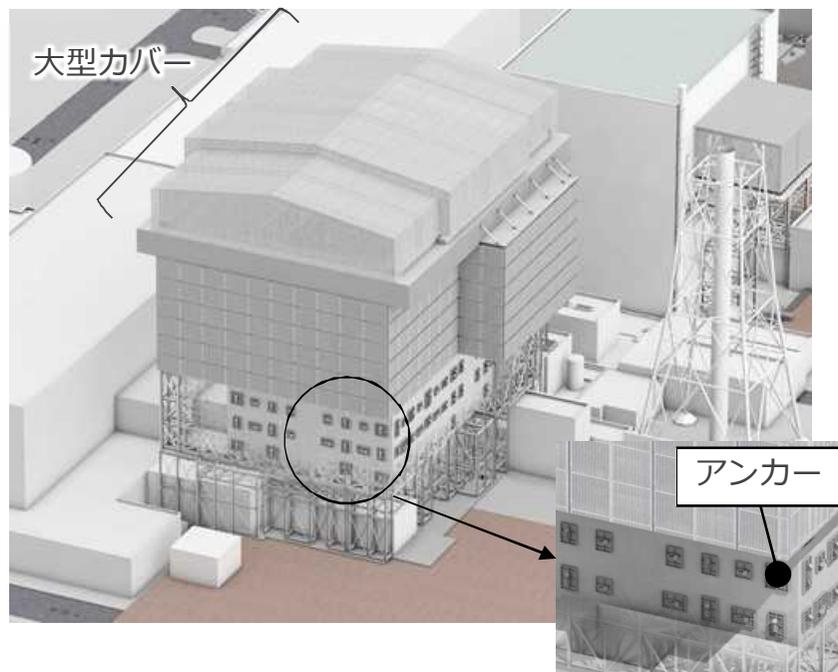
■ 各STEPの申請スケジュールを以下に示す。

年度	21	22	23	26	32
RMマイルストーン			1号機大型カバーの設置完了 (2023年度頃) ▽		1号機燃料取り出し開始 (2027~2028年度) ↔ 燃料取り出し完了 (2031年内)
廃炉中長期実行プラン 2021					
許認可	▽STEP1-1 (2021年6月~) ▽STEP1-2 (2021年8月~)		▽STEP2 (2023年度)	▽STEP3 (2024年度)	▽STEP4 (2022年度) ▽STEP5 (2024年度)

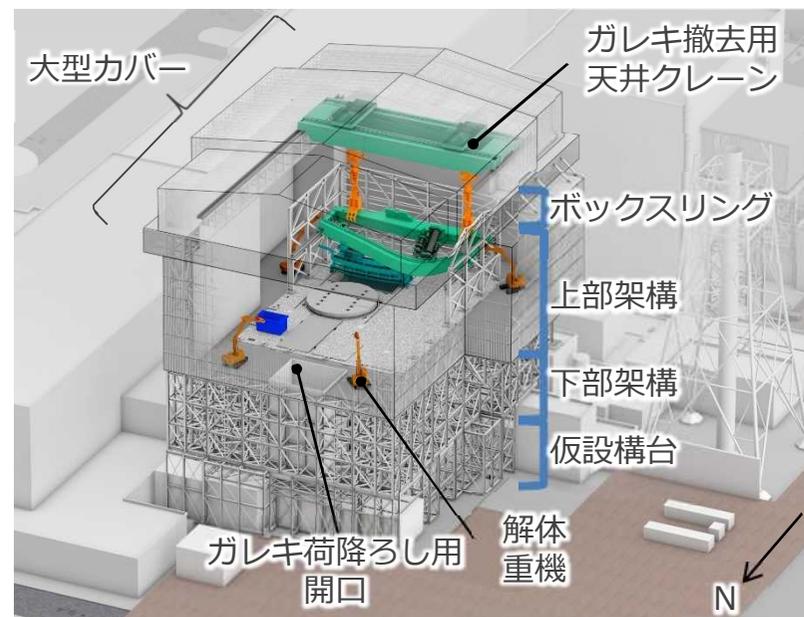
大型カバー等の設置について（1）

大型カバーの概要は以下の通り。

- ガレキ撤去環境構築，ダスト飛散の更なる抑制，雨水流入防止のため原子炉建屋オペフロ全体を覆う構造物。
- 原子炉建屋にアンカーで支持されている鉄骨造の構造物。
- 大型カバーは，燃料取扱設備支持部とそれ以外の部分（以下，「一般部」という）から構成される。
- 内部にガレキ撤去を実施するためのガレキ撤去用天井クレーンを有する。



大型カバー全体の概要図



ガレキ撤去時のイメージ図

※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

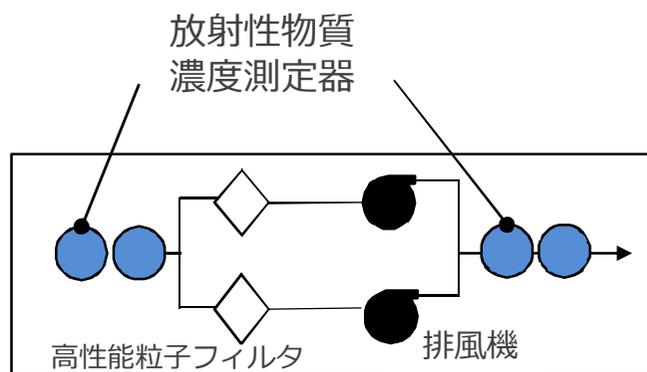
大型カバーを外壁支持とした経緯

- 1号機の燃料取り出しに当たっては、ダスト飛散対策の信頼性向上等の観点から、「原子炉建屋を覆う大型カバーを設置し、カバー内でガレキ撤去を行う」プランを採用し、2020年2月に第78回監視・評価検討会にて説明した。
- 大型カバーはガレキ撤去を行うために原子炉建屋全体を覆う必要があり、原子炉建屋より大きな構築物となる。このため、地盤から支持する場合、周辺建屋（タービン建屋、廃棄物処理建屋など）や設備の解体並びに支持力を確保するため地盤改良等が必要となることから、原子炉建屋外壁から支持することとした。

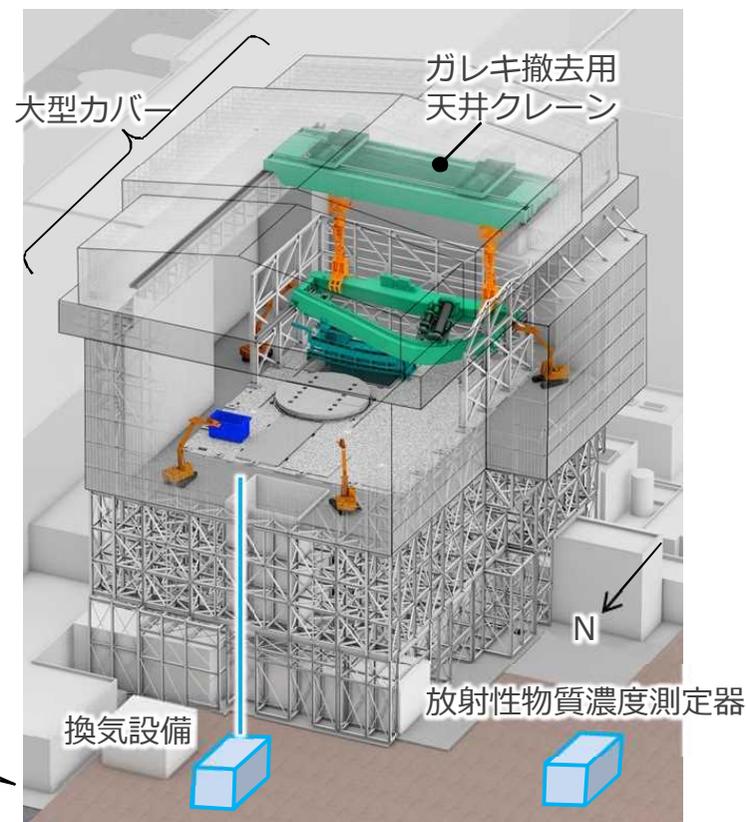


大型カバー等の設置について (2)

- 大型カバーの設置とあわせて、換気設備、放射性物質濃度測定器等を設置する。
- 大型カバーは、合理的に可能な限り隙間を低減し、換気設備とあいまって放射性物質の大気への放出を抑制するとともに、放射性物質濃度測定器により連続監視する。



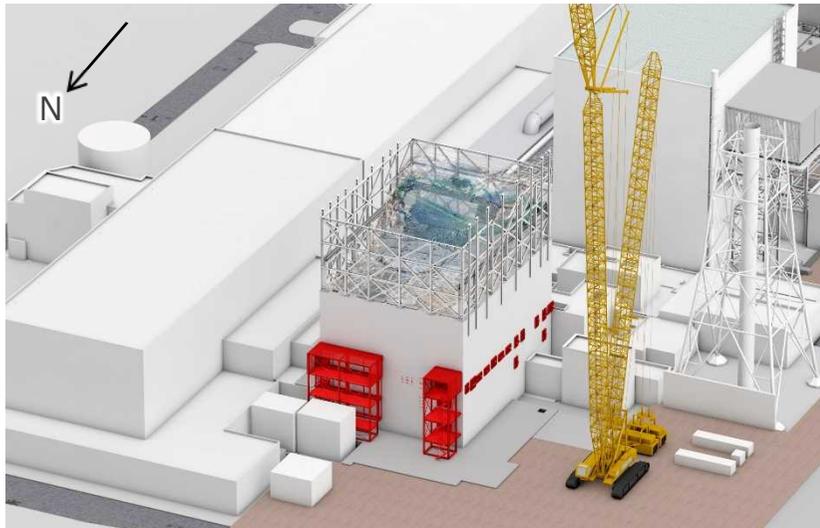
※大型カバー外周部にも自主的に放射性物質濃度測定器を設置



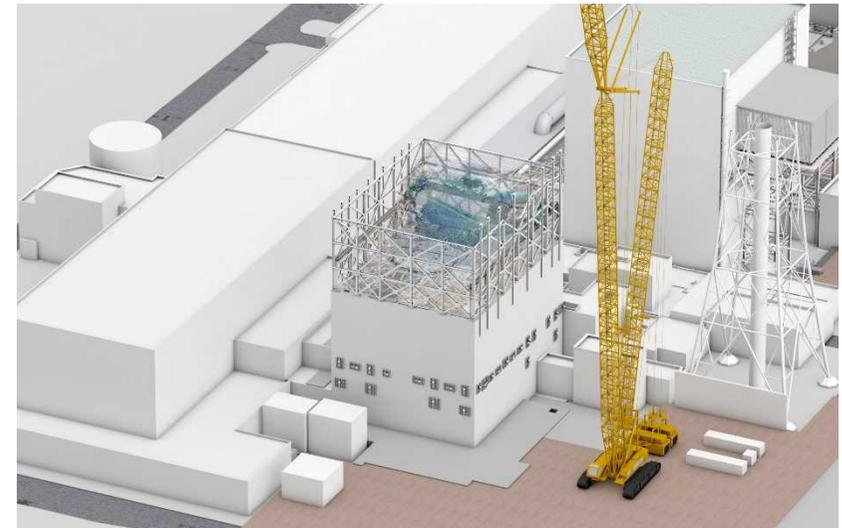
※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

大型カバー等の設置について (3)

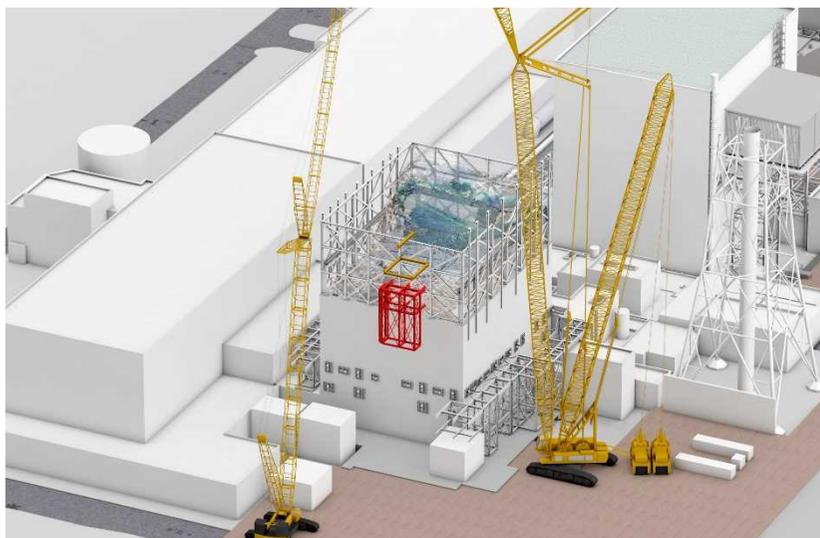
■ 大型カバー設置の作業ステップ (1)



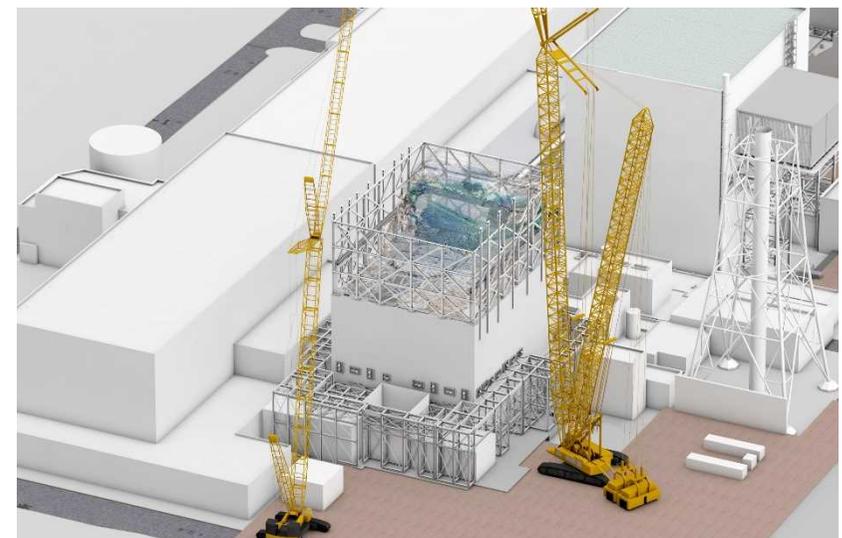
仮設構台部アンカー削孔、ベースプレート設置中



仮設構台部アンカー削孔、ベースプレート設置完了



仮設構台設置中

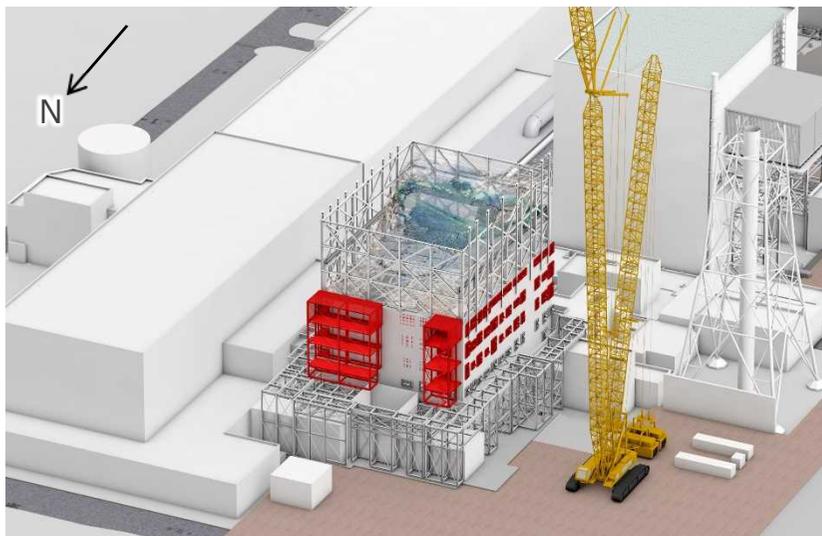


仮設構台設置完了

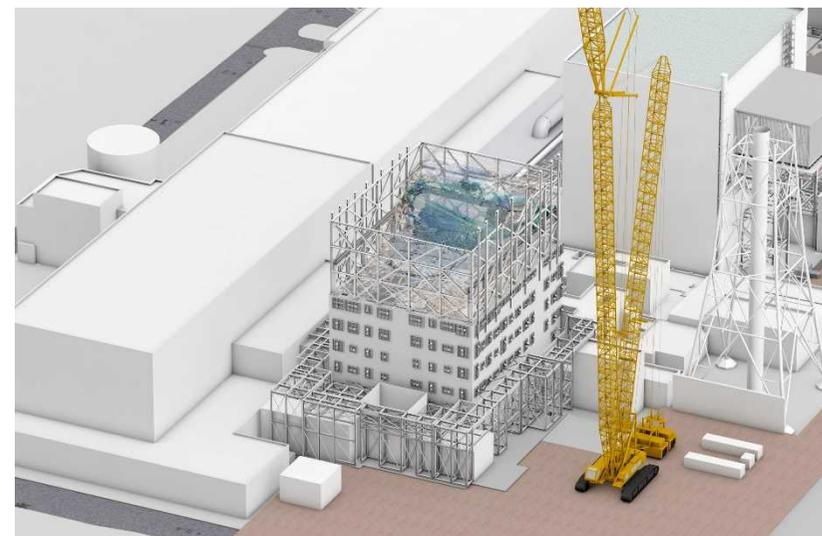
※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

大型カバー等の設置について (4)

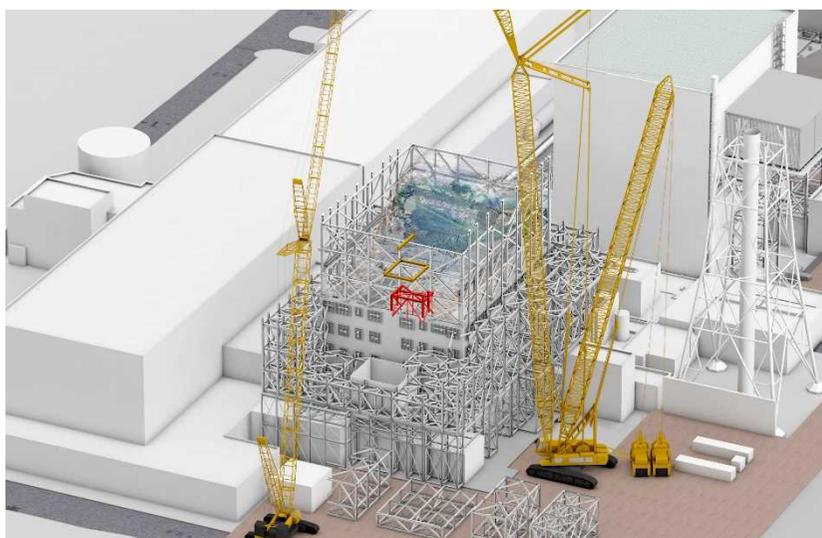
■ 大型カバー設置の作業ステップ (2)



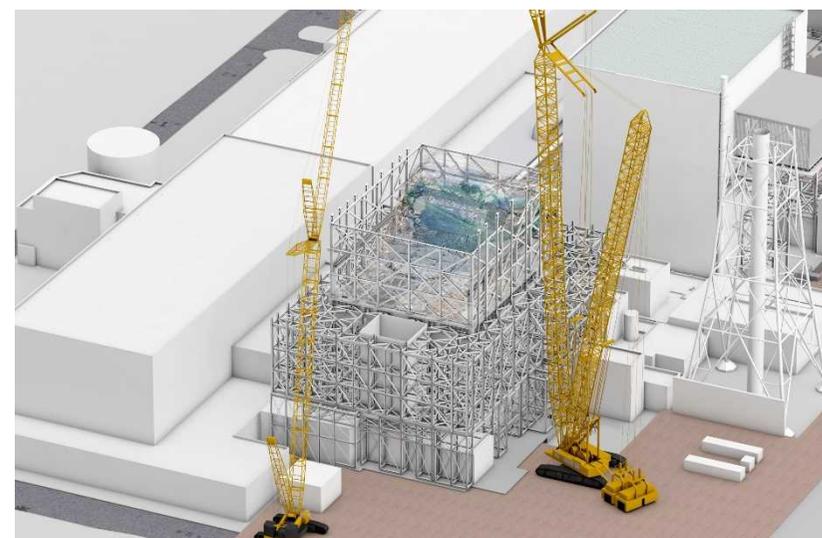
アンカー削孔、ベースプレート設置中



アンカー削孔、ベースプレート設置完了



下部架構設置中

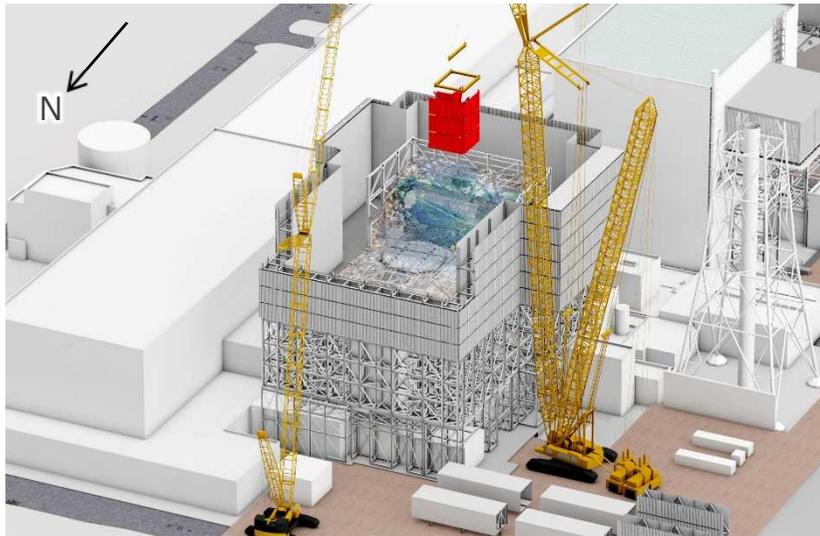


下部架構設置完了

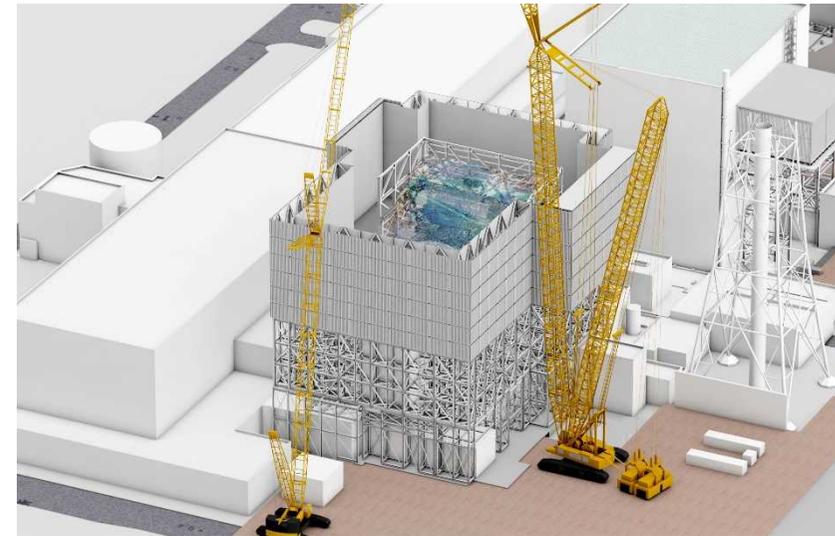
※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

大型カバー等の設置について (5)

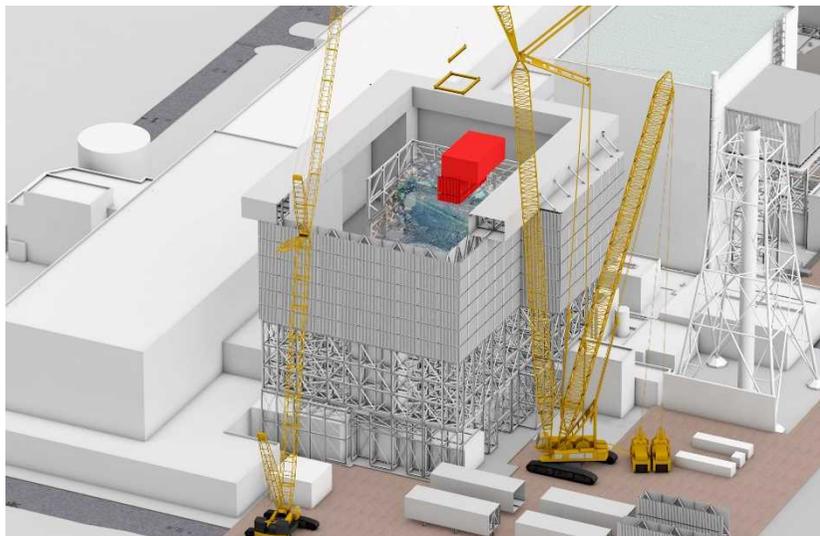
■ 大型カバー設置の作業ステップ (3)



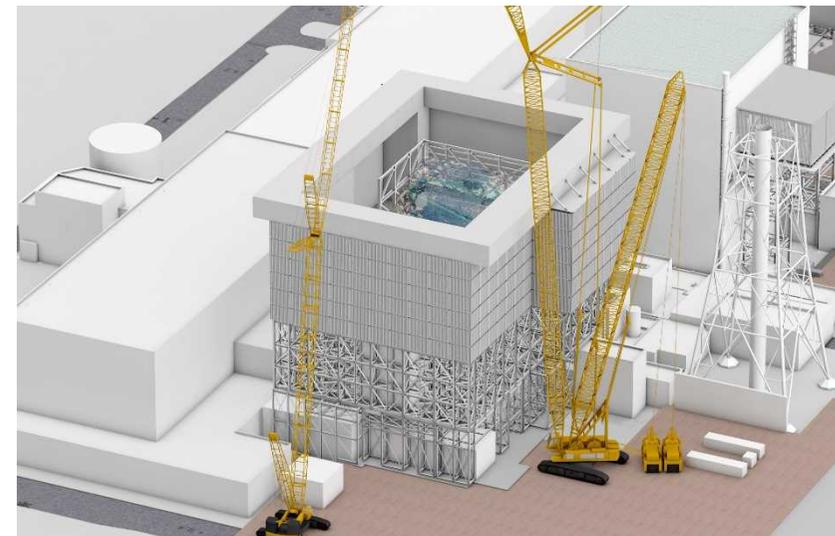
上部架構設置中



上部架構設置完了



ボックスリング設置中

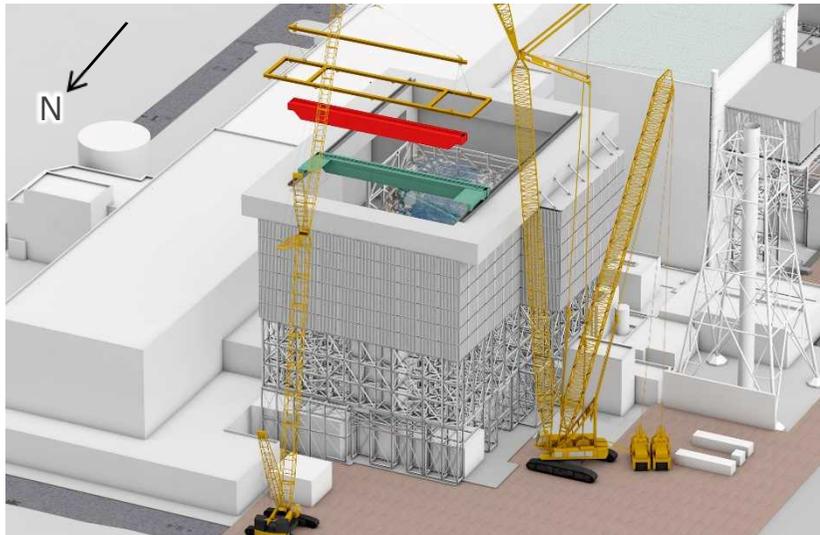


ボックスリング設置完了

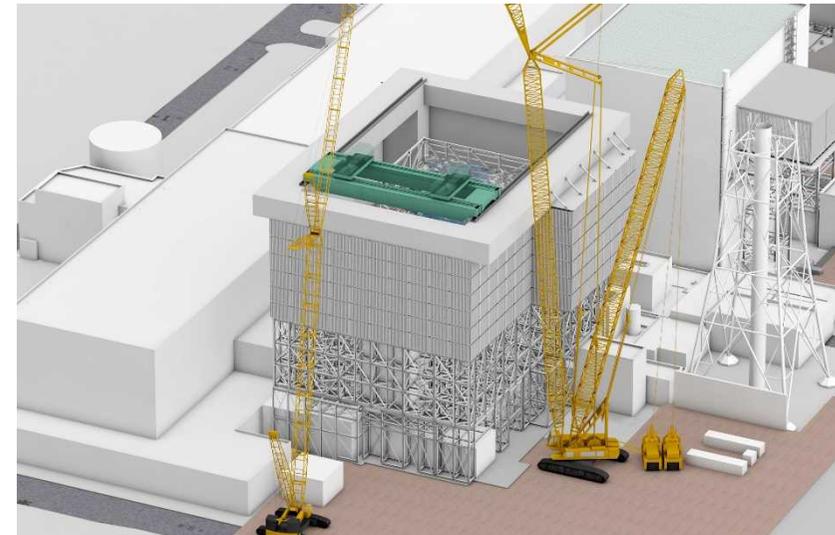
※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

大型カバー等の設置について (6)

■ 大型カバー設置の作業ステップ (4)



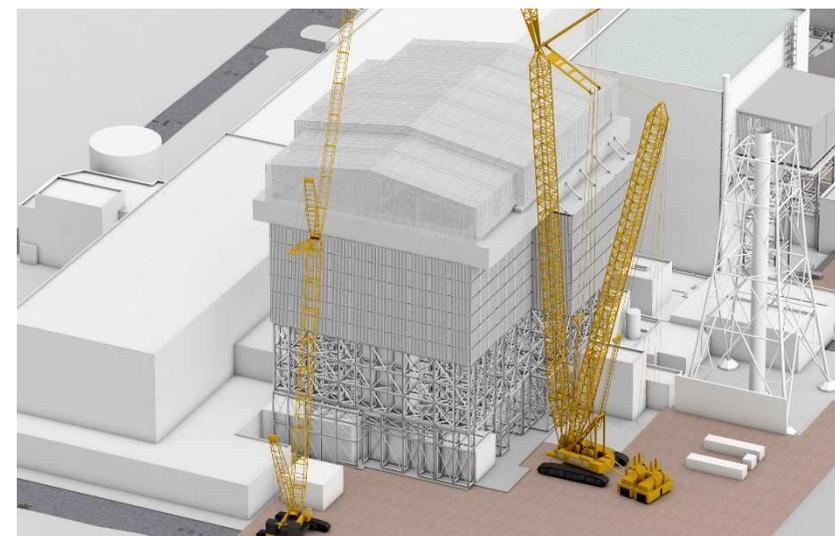
ガレキ撤去用天井クレーン設置中



ガレキ撤去用天井クレーン設置完了



可動屋根設置中

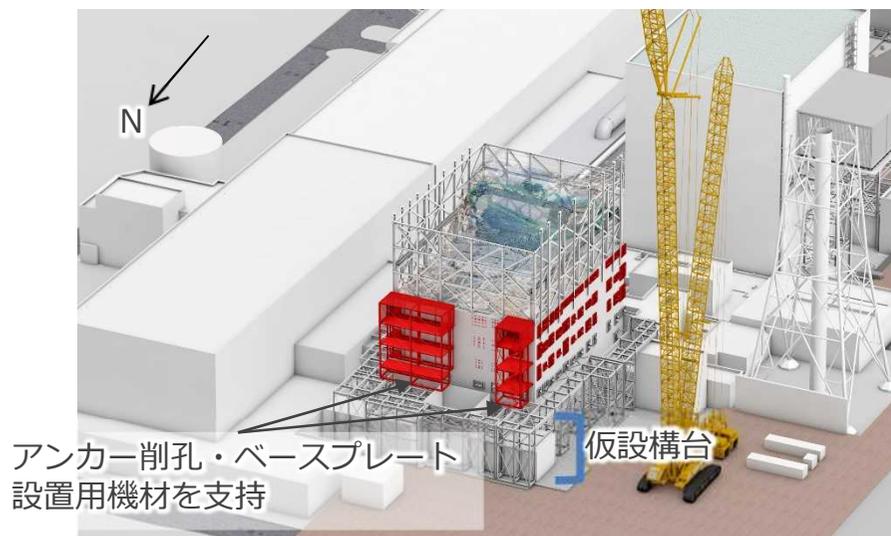


可動屋根設置完了

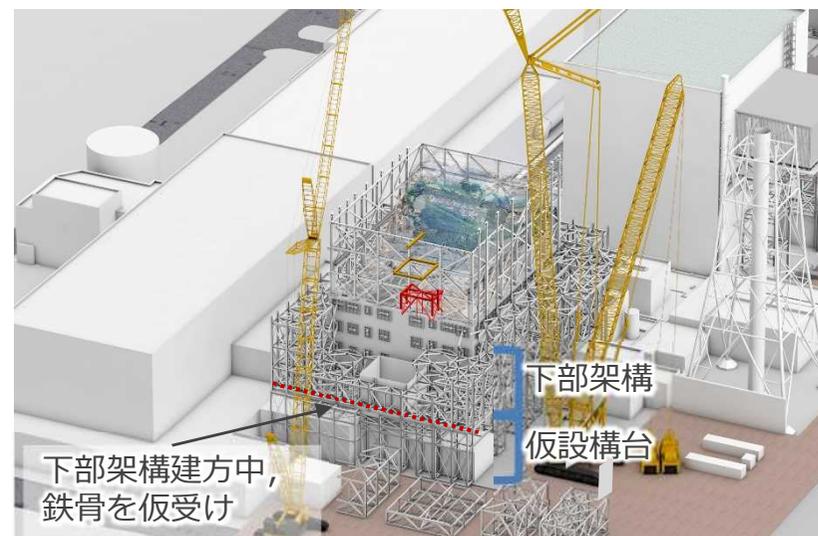
※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

大型カバー等の設置について（7）

- 仮設構台は地上から立ち上げ、アンカー削孔やベースプレート設置中の機材の支持や、下部架構建方中の鉄骨を仮受けするために設けるものである。
- 下部架構とは構造的に縁が切れており、大型カバーを構成する構造部材とはならないため、申請対象の構造物とはしていない。



アンカー削孔、ベースプレート設置中



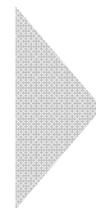
下部架構設置中

大型カバーの施工（被ばく線量の低減）

- 1号機原子炉建屋周辺は、線量が高く、有人による作業は作業員の被ばく線量が増加する。
- このため、作業員の被ばく線量を低減する観点から、
 - 低線量となるエリアでの鉄骨のブロック化
 - 高線量エリアではできる限り遠隔操作による施工を実施する。



構外ヤード（低線量エリア）での鉄骨のブロック化



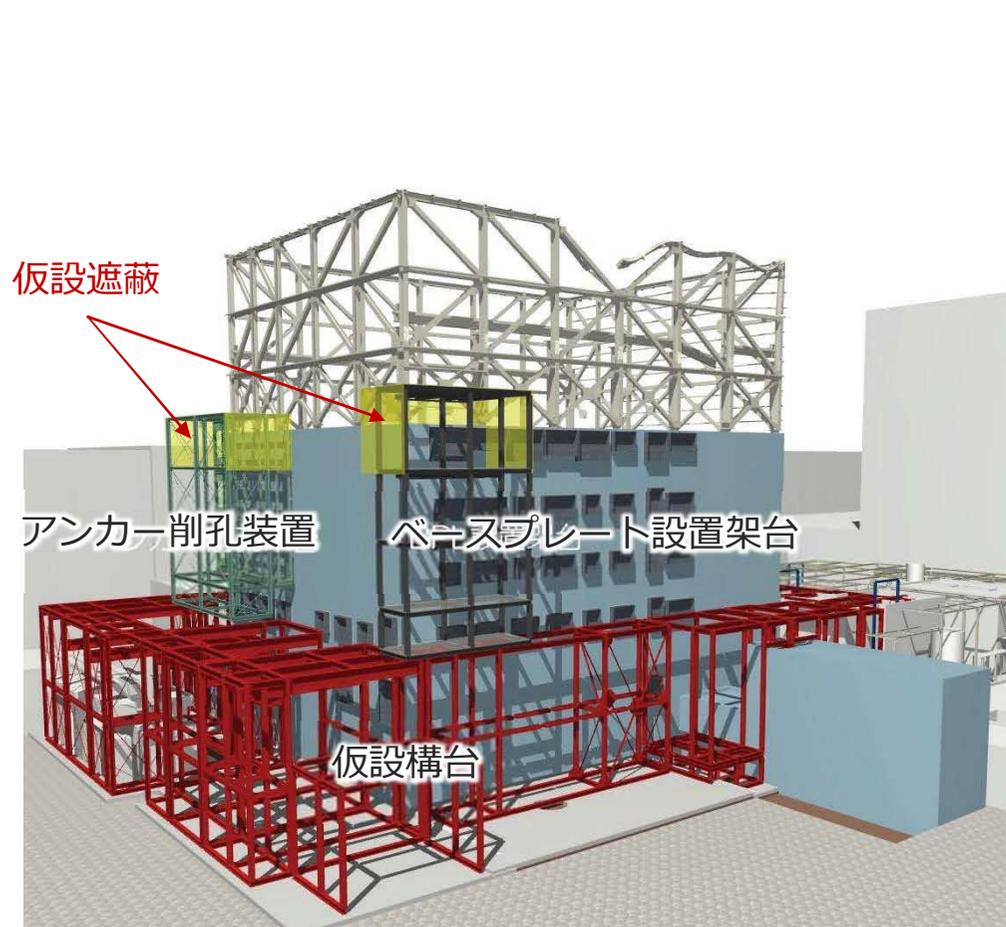
1号機まで鉄骨を搬送



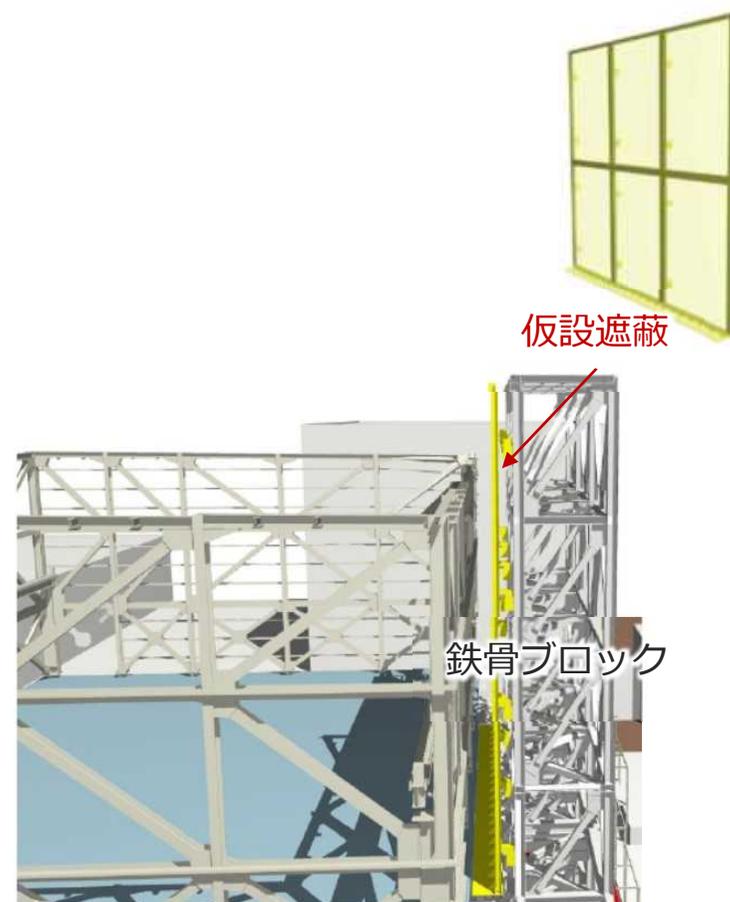
原子炉建屋（高線量エリア）での遠隔操作による鉄骨建方

大型カバーの施工（被ばく線量の低減）

- 一部、高線量エリアでの有人作業が発生することから、被ばく線量を低減するため、鉄骨ブロックのオペフロ側等に仮設遮蔽を設ける。



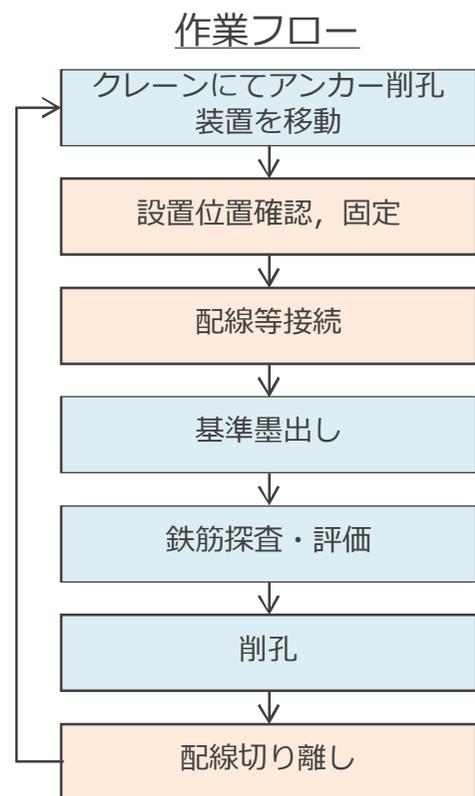
アンカー削孔装置の遮蔽イメージ



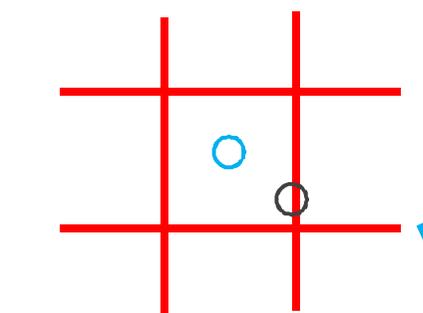
鉄骨建方時の遮蔽イメージ

大型カバーの施工（アンカーの設置方法）

- 大型カバーを原子炉建屋に固定するアンカーは作業フローに基づき設置する。
- このうち、時間を要する壁の鉄筋探査、壁への削孔作業については、アンカー削孔装置を用いて自動で実施する。なお、配筋が200mm間隔で設置されているのに対し、アンカーは400mm間隔、削孔径40mmで設置することから、探査により鉄筋を確認した上で、できる限りこれらを避けて孔を設ける計画である。
- 本アンカーボルトは無機系材料（セメント系）を使用しており、耐久性や対放射性はコンクリート躯体同等である。

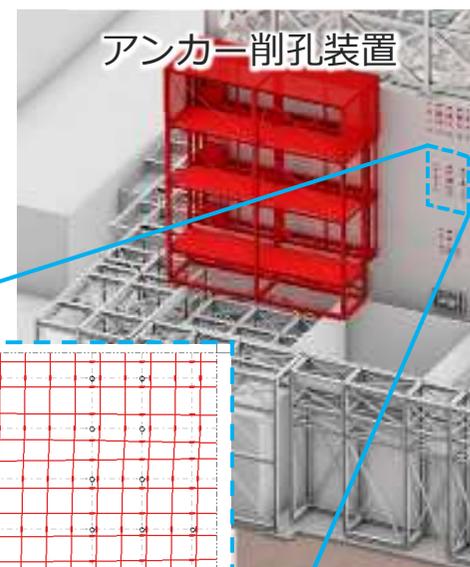


■ : 遠隔作業
■ : 有人作業

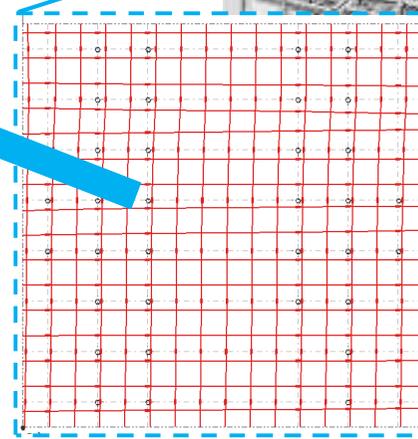


鉄筋に干渉する箇所を見直し

— : 鉄筋位置（実測）
○ : アンカー計画位置
○ : アンカー見直し位置



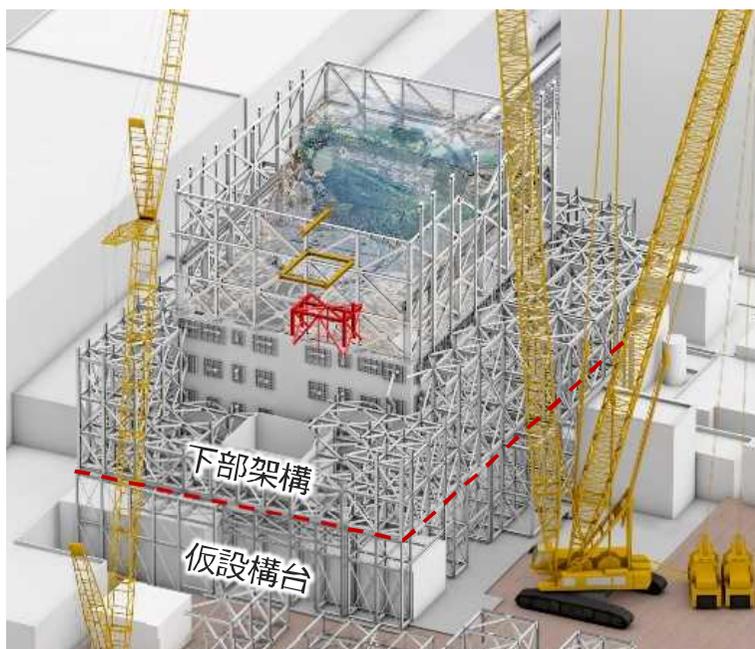
アンカー削孔装置



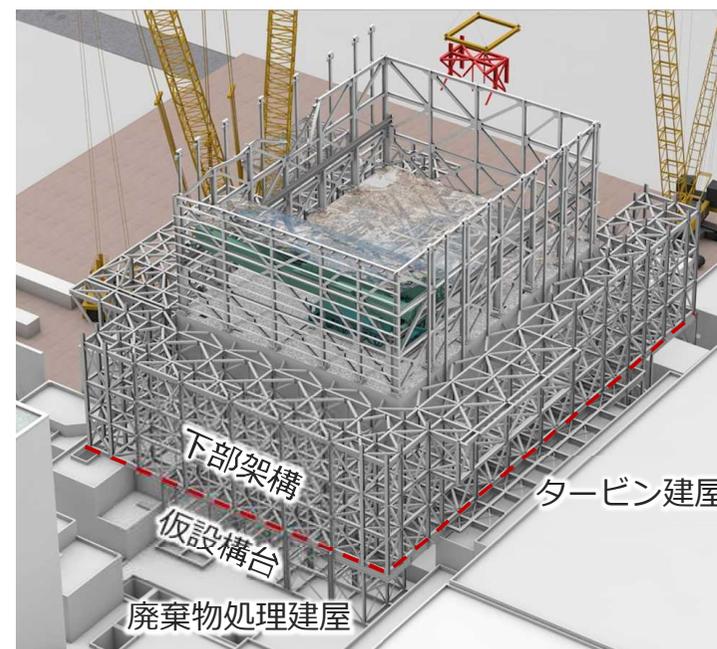
鉄筋探査結果をマーキング

大型カバーの施工（仮設構台の役割）

- 大型カバーの組み立てに当たり、下部架構を設置する際には、仮設構台を利用する。
- 仮設構台は、地盤面から建てられており、原子炉建屋の四面に設置される。
- 下部架構がアンカーにより原子炉建屋に支持された後は、仮設構台側に下部架構等の大型カバーの荷重はかからないようになる。なお、大型カバー設置後も残置する。



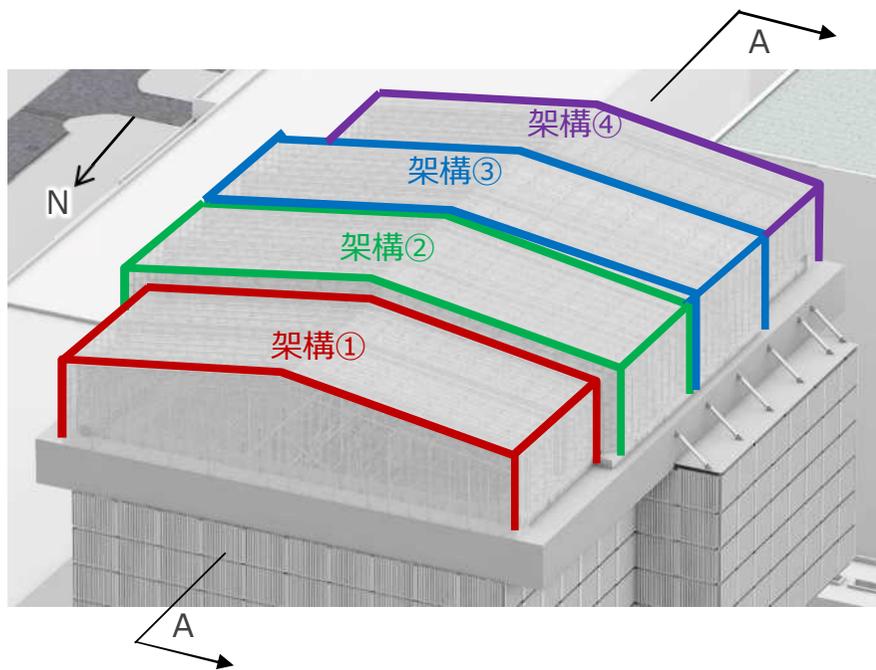
北西側からのイメージ



南東側からのイメージ

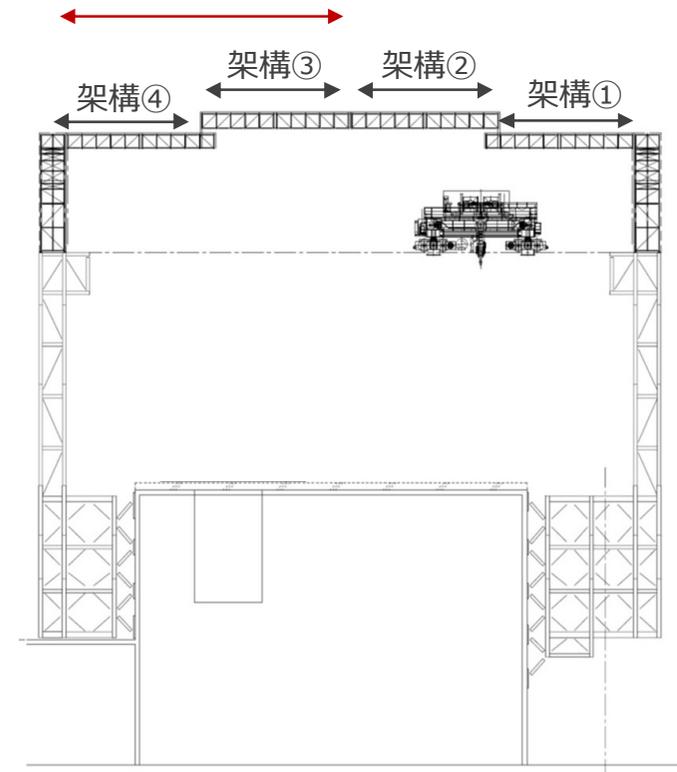
大型カバー等の設置について（8）

- 可動屋根は大小4つの架構に分かれており、それぞれの架構が南北にスライドし、任意の位置で屋根面積の約50%を開口できる構造である。これにより、将来計画している燃料取扱機・クレーンの搬入等を可能としている。



可動屋根イメージ図

任意の位置で約50%の開口が可能

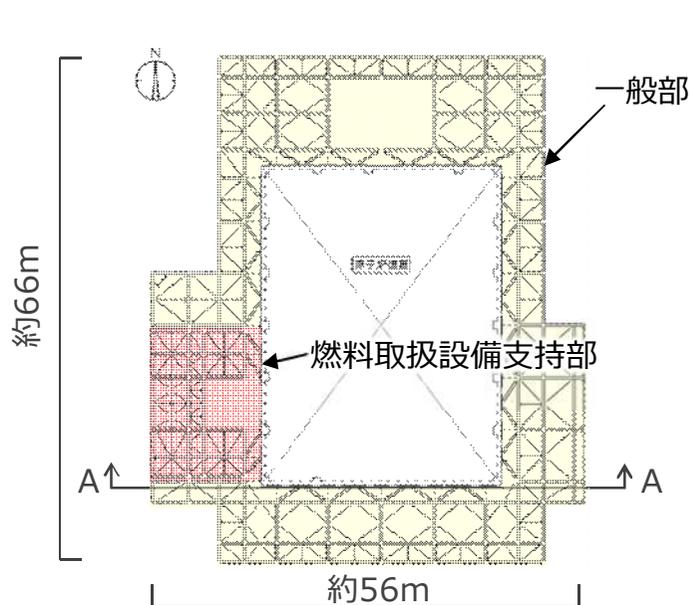


A-A断面図

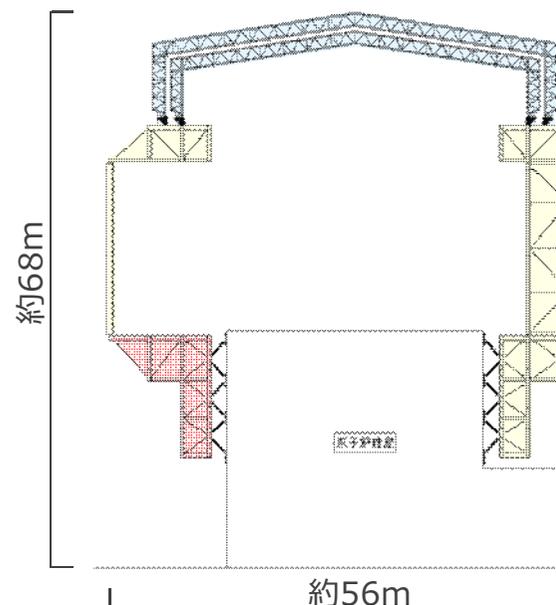
大型カバーの設計条件

大型カバーの設計条件は以下の通り

- 大型カバーの一部架構が燃料取扱設備を間接的に支持する構造物であるため、大型カバー全体として建築基準法に定められた地震力の1.5倍を考慮（3，4号機と同様）する。
- 基準地震動Ssに対する耐震安全性を確認し、原子炉建屋や使用済燃料プール、使用済燃料貯蔵ラックへの波及的影響を防止する。
- ガレキ撤去や使用済燃料プールからの取り出し作業に支障が生じることのない必要最低限の大きさとし、大型カバーの重量を低減する。
- 合理的に可能な限り隙間を低減するとともに、換気設備を設けることにより、カバー内の放射性物質の大気への放出を抑制する。



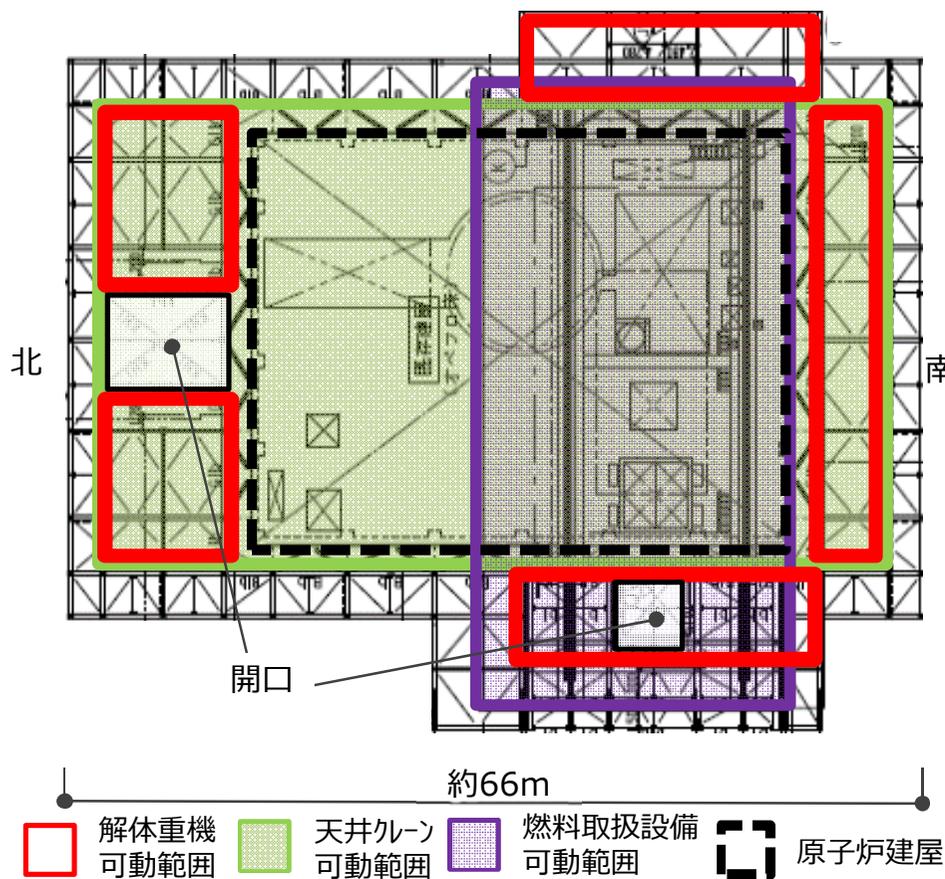
大型カバー平面図 (G.L. +28.3m)



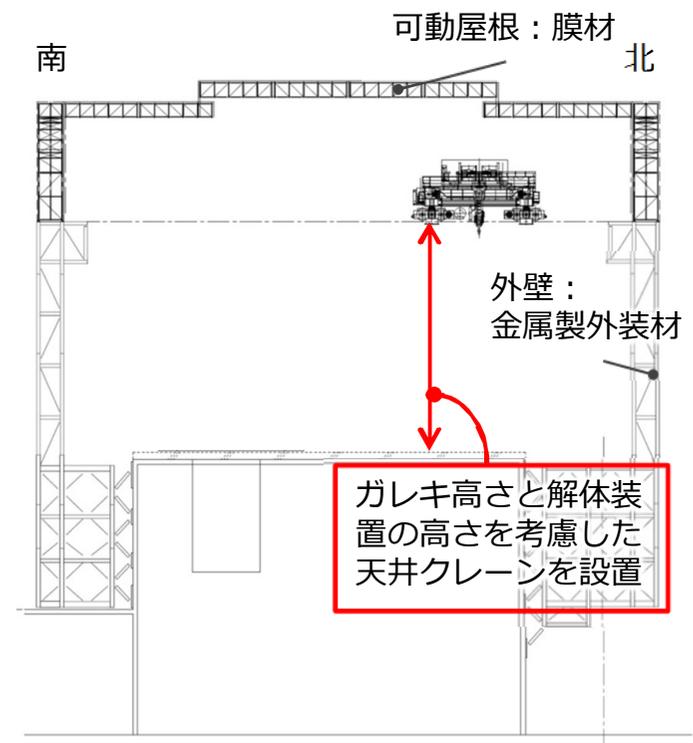
大型カバーA-A断面図

大型カバーの検討結果概要（大きさ）

- ガレキ撤去および燃料取り出し作業が可能な面積，高さを確保する。
- 屋根は軽量化を考慮して膜材を採用，外装材は3号機カバーと同様に金属製外装材を採用する。



大型カバー平面図



大型カバー断面図(南北)

大型カバーの検討結果概要（自然災害に対する設計）

■ 津波

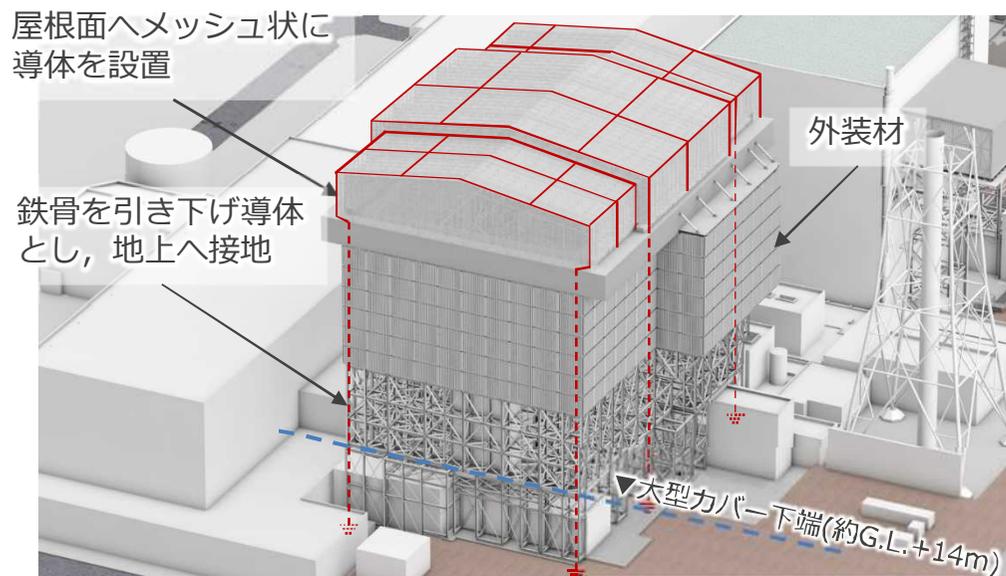
- 東北地方太平洋沖地震津波相当の津波が到達しないと考えられる約 G.L.+14m以上に設置する。

■ 豪雨, 台風, 竜巻

- 外装材で覆うことにより風雨を遮る設計としており, 30m/sの風圧力に対して耐えられるよう設計を行っている。

■ 雷

- 雷に対して周囲に保護する避雷設備がないことから, 大型カバーは建築基準法及び日本産業規格に準じた避雷設備を設置する。



自然災害に対する設計のイメージ

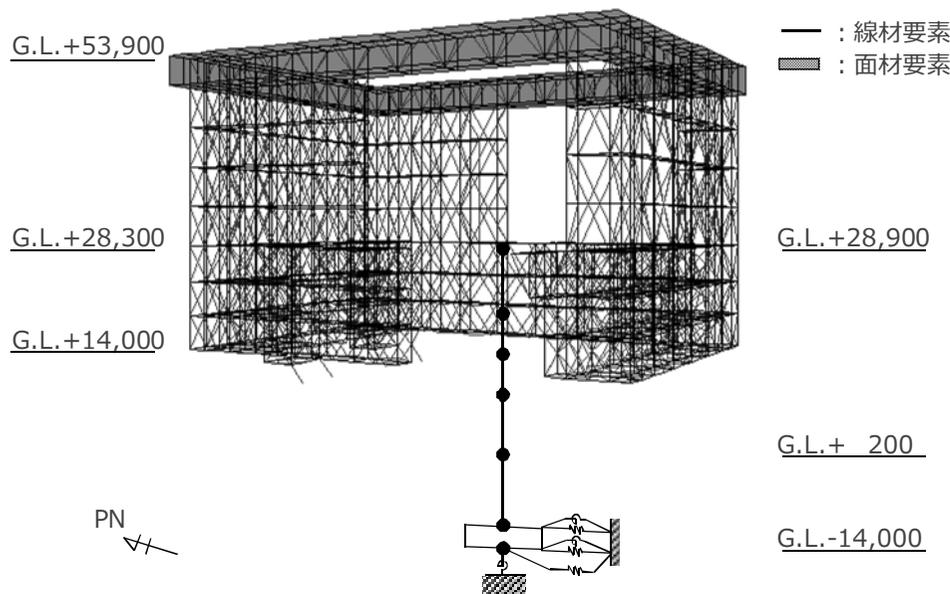
※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

大型カバーの構造強度及び耐震性について

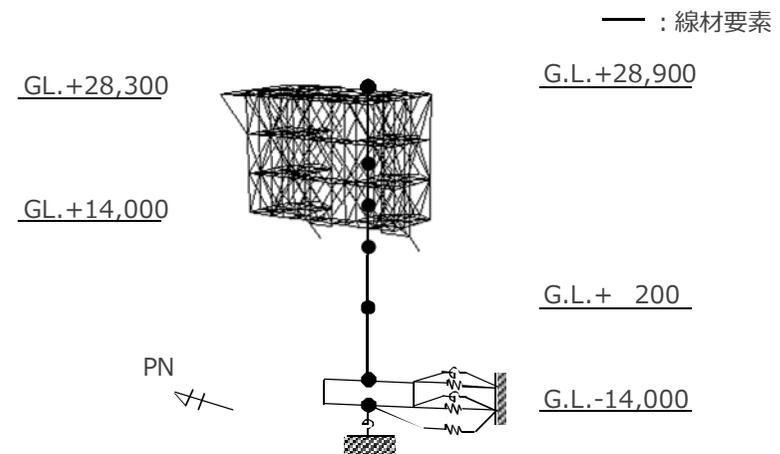
- 大型カバーの評価に当たって、一般部と燃料取扱設備支持部が構造的に分離していることから、モデルを分離して評価する。
- ガレキ撤去時と燃料取り出し時で荷重が異なるため、それぞれ評価する。
- 大型カバー(一般部, 燃料取扱設備支持部は別々に)を立体架構モデル, 原子炉建屋を質点系モデルとし, それぞれを接続したモデルで基準地震動Ssによる地震応答解析を実施する。



構造強度は問題がなく, また, 基準地震動Ssに対しても使用済燃料プールなどへ波及的影響を及ぼさないことを確認済である。



大型カバー一般部の地震応答解析モデル
(単位: mm)



燃料取扱設備支持部の地震応答解析モデル
(単位: mm)

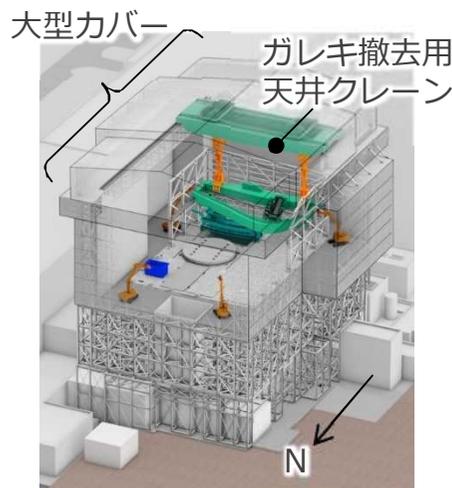
大型カバーに作用する荷重について

大型カバーに作用する荷重は、ガレキ撤去時と燃料取り出し時で異なるため、それぞれのSTEPに考慮する荷重は次の通り。

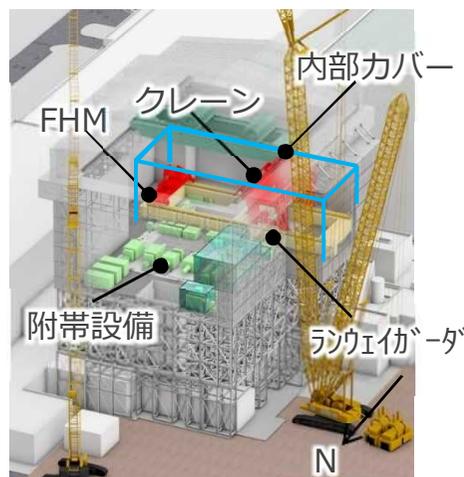
- ガレキ撤去時では、ガレキ撤去用天井クレーン、遠隔解体重機などガレキ撤去に必要な重機、残存しているガレキを荷重として考慮し評価する。
- 燃料取り出し時では、撤去されたガレキを荷重から減らし、その代わりに燃料取扱設備（クレーン、FHMなど）や、遮蔽体などを荷重として考慮し評価する。

主な鉛直荷重

		ガレキ撤去時 (kN)	燃料取り出し時 (kN)
大型カバー側	屋根	3800	3800
	外装材	5800	4360
	遮蔽体	1050	6430
	ガレキ撤去用天井クレーン	4200	4200
	遠隔解体重機	2600	0
	配管荷重	500	830
	小計	17950	19620
原子炉建屋側	残存ガレキ	12130	0
	遮蔽体	0	21110
	機器荷重等	4260	43540
	小計	16390	64650
	参考：原子炉建屋重量	701430	701430



ガレキ撤去時のイメージ



燃料取り出し時のイメージ

大型カバー等の設置による原子炉建屋への影響検討(1) ～滞留水を考慮した地震応答解析モデル～

- 地下滞留水を考慮した原子炉建屋モデルにより、基準地震動Ss及び検討用地震動を用いた耐震評価を実施。
- 建屋関係の諸元は、『福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画 2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋』における1号機原子炉建屋のものを利用。

1号機原子炉建屋解析モデルの諸元（NS方向）



大型カバー等の設置による原子炉建屋への影響検討(2) ～基準地震動Ss及び検討用地震動による耐震安全性評価～

■ 評価基準値

耐震安全性の評価に当たっては、建物が構造物全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物の終局耐力に対し、妥当な安全余裕を有していることを確認する観点から、原子炉施設の主たる耐震要素である耐震壁の安全性について評価する。

評価は、検討用地震動による各層の鉄筋コンクリート耐震壁の最大せん断ひずみが、評価基準値（ 4.0×10^{-3} ）を超えないことを確認する。

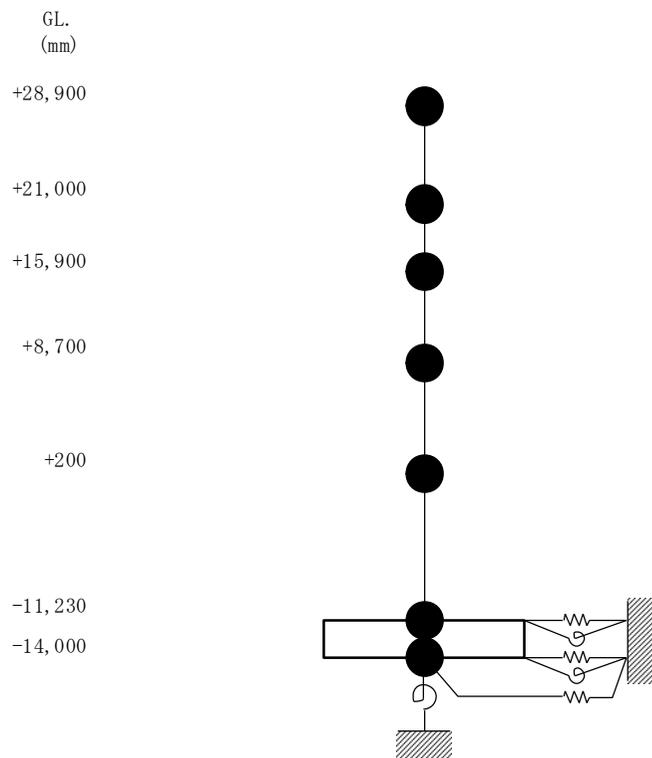
■ 耐震安全性評価結果

基準地震動に対する耐震壁のせん断ひずみは、地下滞留水のある地下1階について、最大で 0.09×10^{-3} であり、耐震壁の評価基準値（ 4.0×10^{-3} ）に対して十分余裕がある。また、検討用地震動に対する耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.16×10^{-3} （NS方向、検①）であり、耐震壁の評価基準値（ 4.0×10^{-3} ）に対して十分余裕がある。

階	G.L. (m)	N S方向($\times 10^{-3}$)				E W方向($\times 10^{-3}$)			
		Ss	検 ①	検 ②	評価基準	Ss	検 ①	検 ②	評価基準
4F	+21.00~28.90	-	0.05	0.03	4.0以下	-	0.06	0.04	4.0以下
3F	+15.90~+21.00		0.08	0.04			0.07	0.05	
2F	+8.70~+15.90		0.14	0.07			0.13	0.08	
1F	+0.20~+8.70		0.16	0.09			0.12	0.07	
B1F	-1.23~+0.20	0.09	0.12	0.08	0.09	0.12	0.06		

大型カバー等の設置による原子炉建屋への影響検討(3) ～大型カバーの設置を考慮した地震応答解析モデル～

- 大型カバーの設置に伴う原子炉建屋への影響検討を実施するに当たっては、『福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画 2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備』の建屋諸元を用いる。



1号機原子炉建屋の地震応答解析モデル

原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(水平方向, ガレキ撤去時)

G.L.(m)	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	
		水平(NS)方向	水平(EW)方向
+28.90	113830	163.75	93.73
+21.00	81500	117.34	67.09
+15.90	90680	130.48	74.63
+8.70	87510	125.98	125.98
+0.20	162800	234.31	234.31
-11.23	185210	266.64	327.39
-14.00	62400	89.83	110.32
合計	783930		

原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(水平方向, 燃料取り出し時)

G.L.(m)	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	
		水平(NS)方向	水平(EW)方向
+28.90	161390	232.17	132.90
+21.00	81500	117.34	67.09
+15.90	90670	130.46	74.62
+8.70	88080	126.80	126.80
+0.20	163140	234.80	234.80
-11.23	185210	266.64	327.39
-14.00	62400	89.83	110.32
合計	832390		

大型カバー等の設置による原子炉建屋への影響検討(4) ～基準地震動Ssによる耐震性評価～

■ 評価基準値

耐震安全性の評価に当たっては、建物が構造物全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物の終局耐力に対し、妥当な安全余裕を有していることを確認する観点から、原子炉施設の主たる耐震要素である耐震壁の安全性について評価する。

評価は、検討用地震動による各層の鉄筋コンクリート耐震壁の最大せん断ひずみが、評価基準値（ 4.0×10^{-3} ）を超えないことを確認する。

■ 耐震安全性評価結果

基準地震動に対する耐震壁のせん断ひずみは、地上2階で、最大で 0.18×10^{-3} であり、耐震壁の評価基準値（ 4.0×10^{-3} ）に対して十分余裕がある。

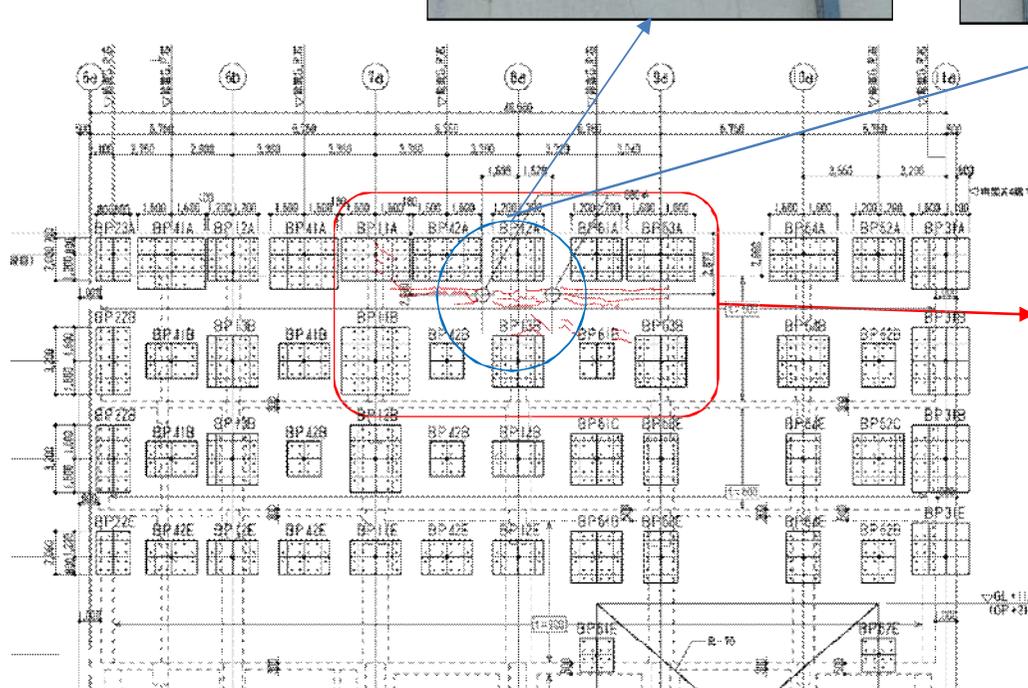
階	G.L. (m)	N S方向($\times 10^{-3}$)			E W方向($\times 10^{-3}$)		
		基準地震動Ss		評価基準	基準地震動Ss		評価基準
		ガレキ 撤去時	燃料 取出時		ガレキ 撤去時	燃料 取出時	
4F	+21.00~+28.90	0.07	0.10	4.0以下	0.09	0.13	4.0以下
3F	+15.90~+21.00	0.09	0.11		0.09	0.11	
2F	+8.70~+15.90	0.15	0.17		0.15	0.18	
1F	+0.20~+8.70	0.16	0.18		0.12	0.14	
B1F	-1.23~+0.20	0.11	0.12		0.11	0.12	

大型カバー等の設置による原子炉建屋への影響検討(5) ～検討用地震動による原子炉建屋への耐震性影響評価～

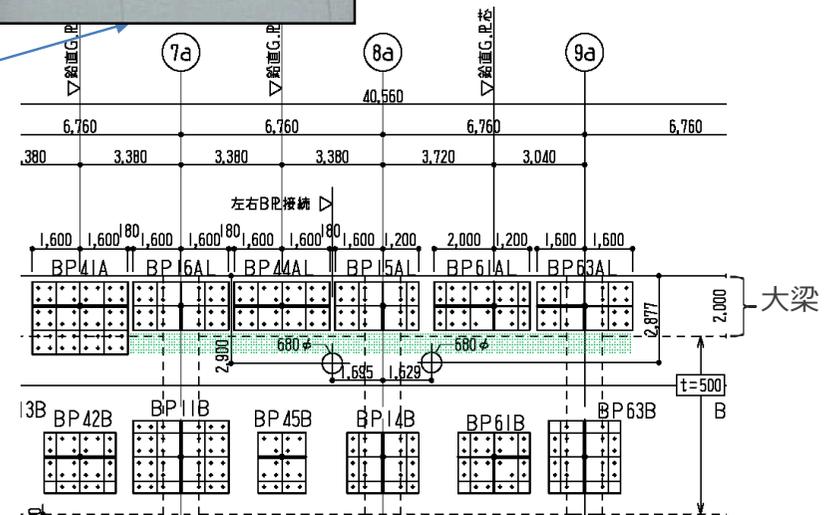
- 基準地震動Ssを用いた滞留水を考慮した地震応答解析では、地下1階のせん断ひずみは最大 0.09×10^{-3} であり、また、検討用地震動を入力地震動とした場合には、最大 0.12×10^{-3} であった。
- 以上より、地震動が基準地震動Ssから検討用地震動に変更となると、ひずみは約1.3～1.4倍程度増大すると想定される。
- 一方で、大型カバーを設置した場合における基準地震動Ssによる原子炉建屋の耐震壁の最大せん断ひずみは、 0.18×10^{-3} である。
- 基準地震動から検討用地震動に変更となった際のせん断ひずみの増加比率に余裕を加えて、2倍程度に増大するとしたとしても、大型カバーを設置した場合の原子炉建屋の耐震壁のせん断ひずみは最大で 0.4×10^{-3} 程度になると想定され、評価基準値 4.0×10^{-3} を下回る。このため、大型カバーを設置したとしても原子炉建屋の耐震性に大きな影響を与えないと判断している。

R/Bへのアンカー設置（壁の現状とアンカー配置計画）

- 1号機原子炉建屋の今までの確認の結果から、アンカーについては、顕著なひび割れや剥離が確認できる箇所を避ける等の処置を行っている。



R/B西側アンカー設置計画図（変更前）



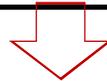
◆当該部の設計上の処置

- 1) ひび割れ集中部の外壁アンカーを上部大梁へ集約
- 2) 大梁部のアンカー長を長くし、耐力増強
- 3) 一部のベースプレートでアンカー本数増設

R/B西側アンカー設置計画図（変更後）

R/B外壁調査について

- アンカーの設置に当たっては現状の原子炉建屋の状況を踏まえて設置箇所を決定している。
- 東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果から、R/Bの耐震壁に生じたひずみは最大でも 0.14×10^{-3} であるため、R/Bの耐震性に影響を与えるひび割れが生じた可能性は低い。
- 1号機は、水素爆発によりオペフロより上の鉄骨部が大破、飛散したものの、オペフロより下の鉄筋コンクリート部においては、外観上大きな損傷は確認できていない。



- 以上を踏まえて、R/Bの外壁の点検は全体を再度確認すると共に、アンカーを設置する箇所を中心に実施する。ただし、R/B周辺は高線量であること、また点検が必要な箇所は高所であることも踏まえて実施していく。
- なお、アンカー部の設計に当たっては、コンクリートの設計基準強度を用いており、過去に実施した1号機のコンクリートの強度測定データでは設計基準強度を大きく上回っていること、また、コンクリート強度が経年的に低下する要因はないことから、改めてコンクリート強度調査は実施しない。

R/B外壁調査について（1次調査）

■ 1次調査

● 調査内容

- 塗装上面からひび割れ，広範囲のコンクリートの剥離・剥落の有無を確認し，詳細調査が必要な箇所を選定する。

● 調査方法

- 高解像度カメラによる遠隔での目視確認を実施する。

● 判定基準・対応

- ひび割れ
ひび割れが確認できる箇所は、2次調査による確認を行う。
- コンクリートの剥離、剥落
剥離、剥落が確認できる箇所は、2次調査による確認を行う。

● 調査時期

- 2021年8月下旬以降予定

R/B外壁調査について（2次調査）

■ 2次調査

● 調査内容

- 1次調査にて、詳細調査が必要な箇所について、アンカー削孔時にひび割れ、コンクリートの剥離・剥落の有無などを確認する。

● 調査方法

- 現場状況に応じた非破壊検査等にて確認を行う。

● 判定基準・対応

● 顕著なひび割れ

アンカー配置の見直し又は、補修の上アンカーを設置する等の対策を講じる。

● 顕著な剥離、剥落

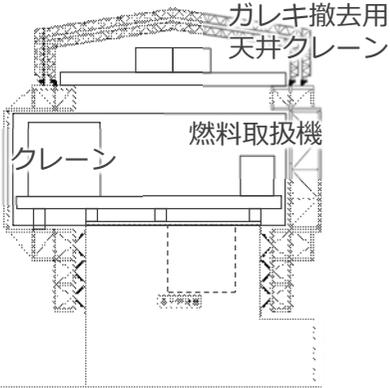
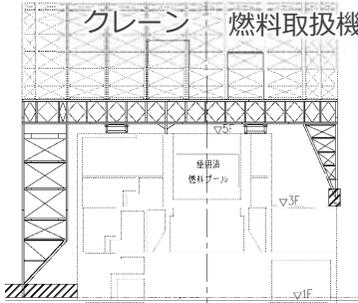
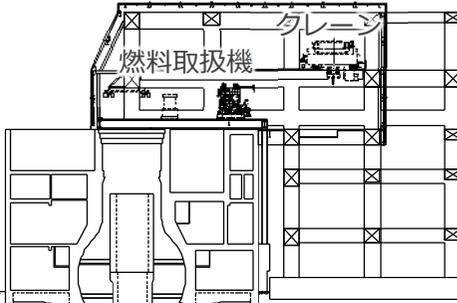
アンカー配置の見直し又は、補修の上アンカーを設置する等の対策を講じる。

● 調査時期

- アンカー削孔時期に合わせて実施する（2022年度中、高さによって実施時期は異なる）。

3, 4号機燃料取り出し用カバーとの比較

■ 3, 4号機との主要な比較項目を以下に示す。

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

工程

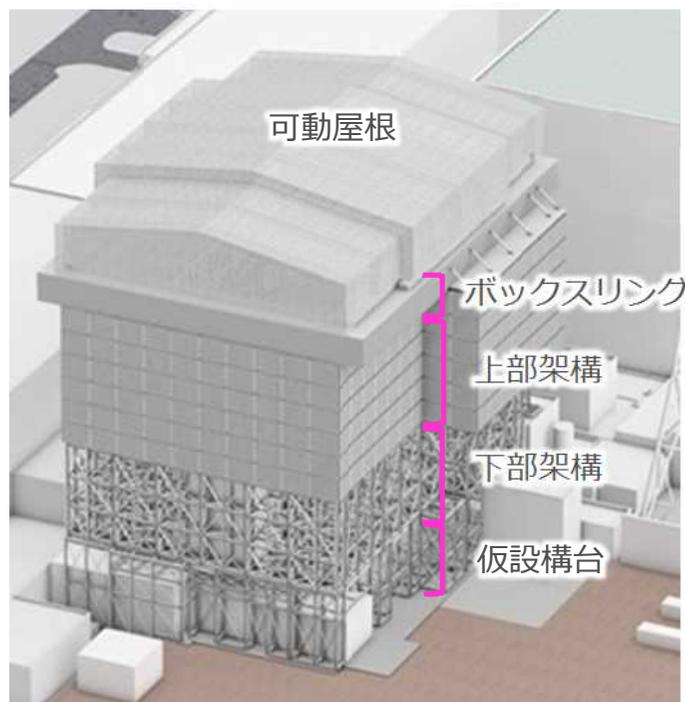
- 現地では、先行して鉄骨の発注及び製作、構外ヤードでの鉄骨部材の地組などを実施している。
- 今後、原子炉建屋に取り付くためのアンカー打設を実施する。

	2021年度												2022年度	2023年度	2024年度			
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3						
中長期RM マイルストーン															2023年度頃 大型カバー設置完了			
許認可			実施計画変更申請（大型カバー）					申請										
建屋カバー(残置部) 解体	■■■■				■■■													
大型カバー設置						大型カバー設置工事（準備作業等含む）												■■■
						仮設構台設置，R/B壁面アンカー孔掘削，アンカー打設，ベースプレート設置												■■■
						作業ヤード整備，構外ヤード地組等												■■■

※周辺工事との調整や現場状況等を踏まえて、工程は変更となる可能性がある

現場状況

- 2021年4月下旬より大型カバー設置へ向けた、仮設構台の地組などを構外ヤードで実施中。
- 以下フローの通り順次地組を行う。



大型カバー全体の概要図



構外ヤード全景 (2021年6月21日時点)

措置を講ずべき事項への適合性

- 1号機大型カバー設置に係る実施計画変更認可申請について「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について（以下、措置を講ずべき事項）」のうち、関連する下記事項に適合する記載箇所及び内容を説明する。

Ⅱ. 設計，設備について措置を講ずべき事項

- 11. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等
- 12. 作業者の被ばく線量の管理等
- 14. 設計上の考慮
 - ① 準拠規格及び基準
 - ② 自然現象に対する設計上の考慮
 - ④ 火災に対する設計上の考慮
 - ⑤ 環境条件に対する設計上の考慮

1 1. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等

- 措置を講ずべき事項「1 1. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等」では、以下を求めている。

- 特定原子力施設から大気、海等の環境中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策を実施することにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。
- 特に施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界における実効線量（施設全体からの放射性物質の追加的放出を含む実効線量の評価値）を、平成25年3月までに1mSv/年未満とすること。

- 変更認可申請では、敷地周辺の放射線防護について以下に記載している。

	実施計画Ⅱ記載箇所	記載内容
本文	2 特定原子力施設の構造及び設備、工事の計画 2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備 2.11.1.3 設計方針 (3)燃料取り出し用カバー b.放射性物質の飛散・拡散防止	既認可の記載を適用

1 2. 作業者の被ばく線量の管理等

- 措置を講ずべき事項「1 2. 作業者の被ばく線量の管理等」では、以下を求めている。

現存被ばく状況での放射線業務従事者の作業性等を考慮して、遮へい、機器の配置、遠隔操作、放射性物質の漏えい防止、換気、除染等、所要の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置を講じることにより、放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を、達成できる限り低減すること。

- 変更認可申請では、作業者の被ばく線量の管理について以下に記載している。

	実施計画Ⅱ記載箇所	記載内容
本文	2 特定原子力施設の構造及び設備、工事の計画 2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備 2.11.1.6 自然災害対策等 (6) 被ばく低減対策	既認可の記載を適用

1 4 . 設計上の考慮 ①準拠規格及び基準

- 措置を講ずべき事項「① 準拠規格及び基準」では、以下を求めている。

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，設計，材料の選定，製作及び検査について，それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。

- 変更認可申請では，準拠規格及び基準について以下に記載している。

	実施計画Ⅱ記載箇所	記載内容
本文	2 特定原子力施設の構造及び設備，工事の計画 2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備 2.11.1.8 構造強度及び耐震性 c. 燃料取り出し用カバー	既認可の記載を適用
添付	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 5. 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	大型カバーの準拠規格及び基準 建築基準法，日本建築学会， 日本電気協会等の規基準類に準拠 していることを記載

1.4. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮

■ 措置を講ずべき事項「② 自然現象に対する設計上の考慮」では、以下を求めている。

- 安全機能を有する構築物，系統及び機器は，その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して，耐震設計上の区分がなされるとともに，適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。
- 安全機能を有する構築物，系統及び機器は，地震以外の想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物，系統及び機器は，予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件，又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。

■ 変更認可申請では，自然現象に対する設計上の考慮について以下に記載している。

	実施計画Ⅱ記載箇所	記載内容
本文	2 特定原子力施設の構造及び設備，工事の計画 2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備 2.11.1.6 自然災害対策等 (1) 津波 (2) 豪雨，台風，竜巻	既認可の記載を適用
添付	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 5. 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	大型カバーの構造強度評価 建築基準法及び関係法令に基づいた 風圧力に対する設計結果を記載

1 4. 設計上の考慮 ④ 火災に対する設計上の考慮

- 措置を講ずべき事項「④ 火災に対する設計上の考慮」では、以下を求めている。

火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせて、火災により施設の安全性を損なうことのない設計であること。

- 変更認可申請では、火災に対する設計上の考慮について、以下に記載している。

	実施計画Ⅱ記載箇所	記載内容
本文	2 特定原子力施設の構造及び設備、工事の計画 2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備 2.11.1.6 自然災害対策等 (4) 火災	既認可の記載を適用

1 4. 設計上の考慮 ⑤ 環境条件に対する設計上の考慮

- 措置を講ずべき事項「⑤ 環境条件に対する設計上の考慮」では、以下を求めている。

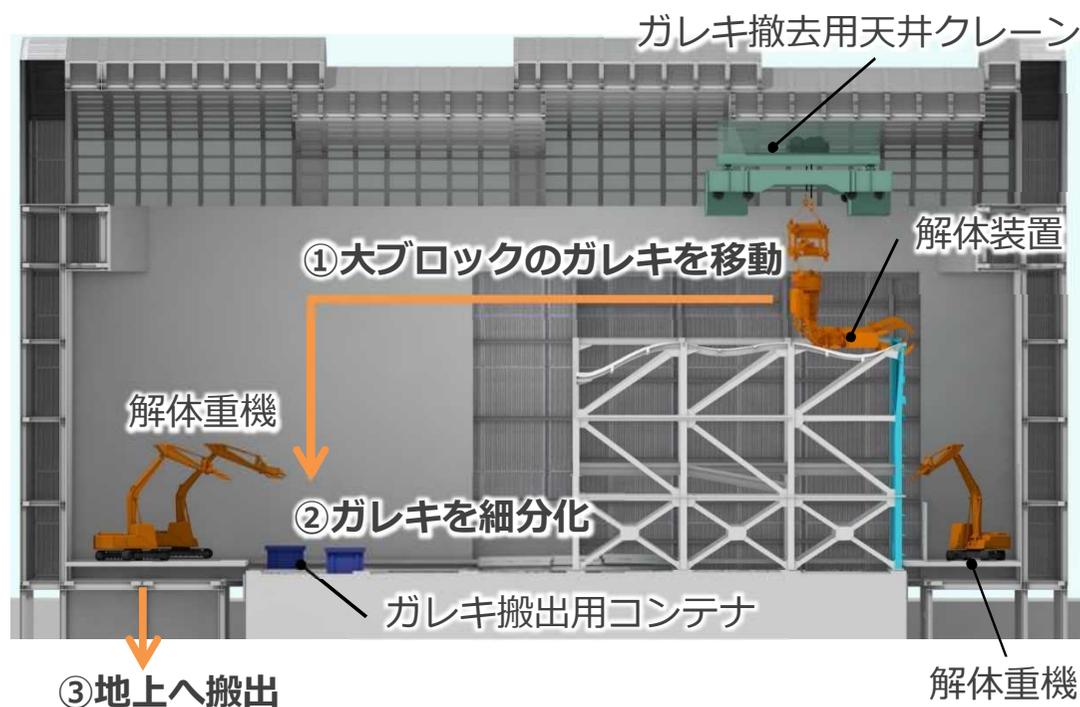
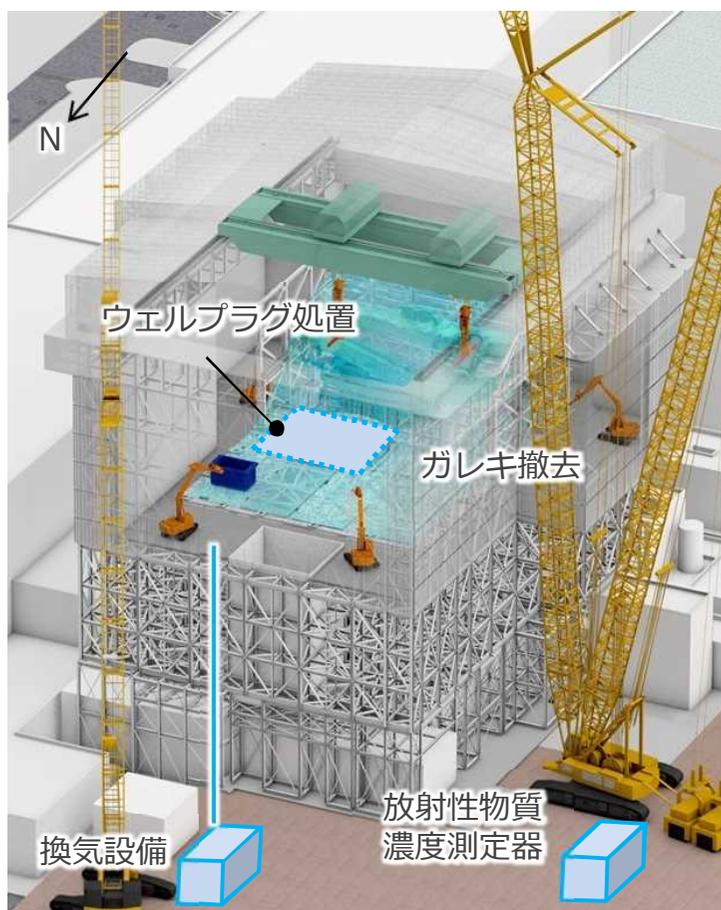
安全機能を有する構築物，系統及び機器は，経年事象を含むすべての環境条件に適合できる設計であること。特に，事故や地震等により被災した建造物の健全性評価を十分に考慮した対策を講じること。

- 変更認可申請では，環境条件に対する設計上の考慮について以下に記載している。

	実施計画Ⅱ記載箇所	記載内容
本文	2 特定原子力施設の構造及び設備，工事の計画 2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備 2.11.1.6 自然災害対策等 (5) 環境条件	既認可の記載を適用
添付	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 5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討	原子炉建屋の健全性 燃料取り出し用カバーの設置を考慮しても耐震性に影響がないことを確認

【参考】ガレキ撤去方法について

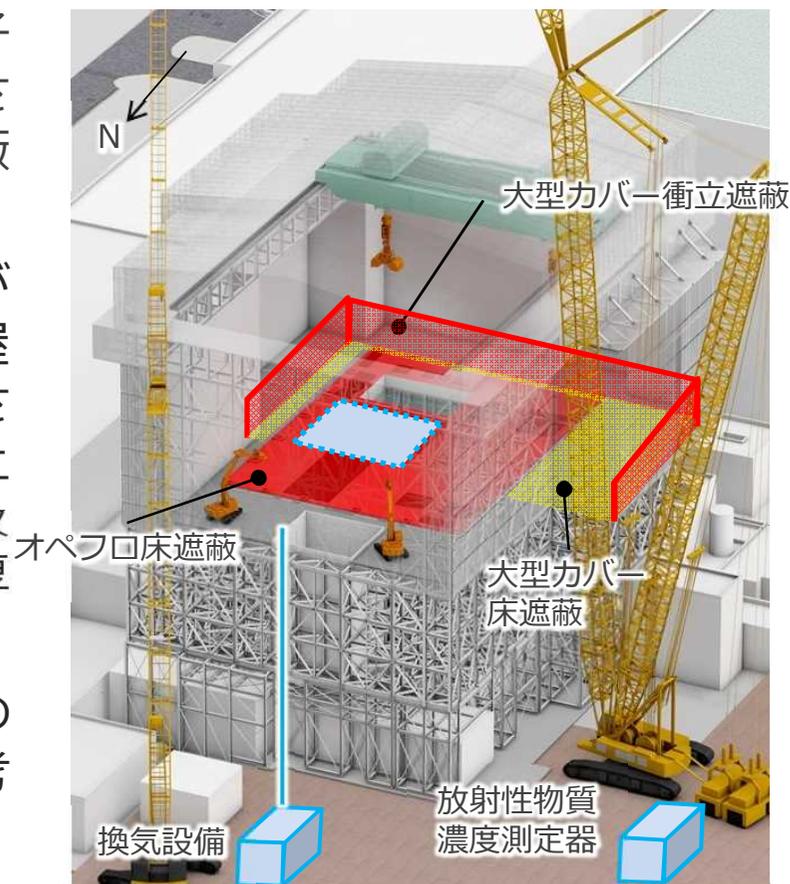
- ガレキ撤去は，大型カバー内でガレキ撤去用天井クレーンや解体重機により実施する。
- ガレキ撤去時に発生するダストは換気設備のフィルタで捕集して排出するとともに，放射性物質濃度測定器により監視する。



※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

【参考】除染・遮蔽について

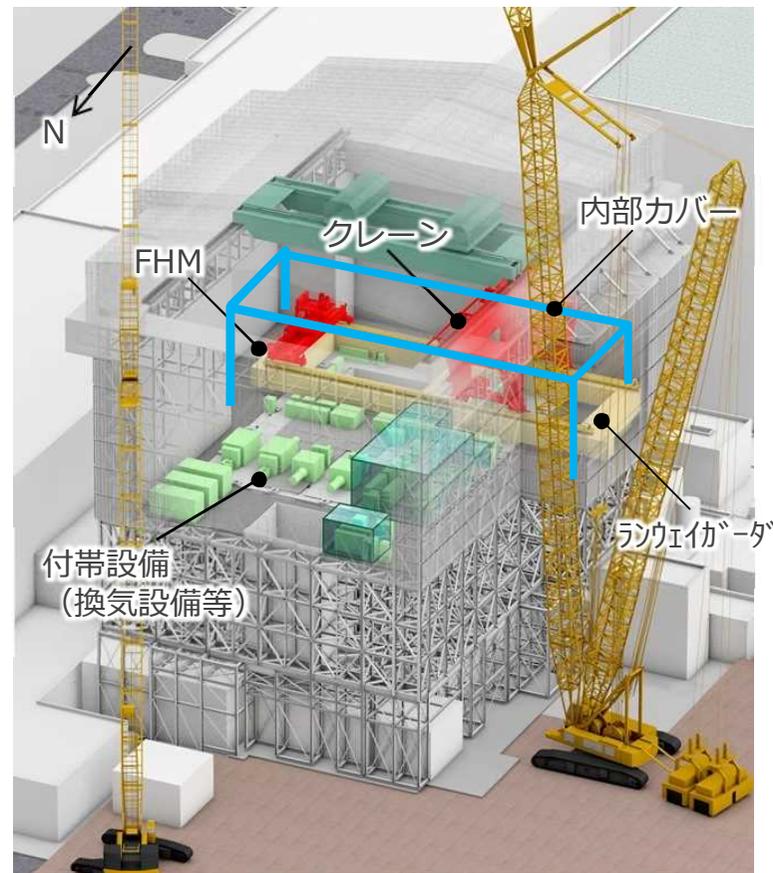
- 燃料取り出し作業を有人で行うため、原子炉からの放射線などによる被ばくを低減させる必要があり、オペフロの除染及び遮蔽を設置する。
- 遮蔽については、オペフロ上の線量が $50\mu\text{Sv/h}$ （目標）になるよう、原子炉建屋オペフロ床に床遮蔽（コンクリート厚さ800mm相当）、大型カバーオペフロより上に衝立遮蔽（鋼板厚さ30~50mm相当）、及び大型カバー床に床遮蔽（コンクリート厚さ260mm相当）を設置する。
- 上記の計画を基に、重量等を大型カバーの燃料取り出し時の地震応答解析モデルに考慮して設計を行っている。



※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

【参考】燃料取り出し方法について

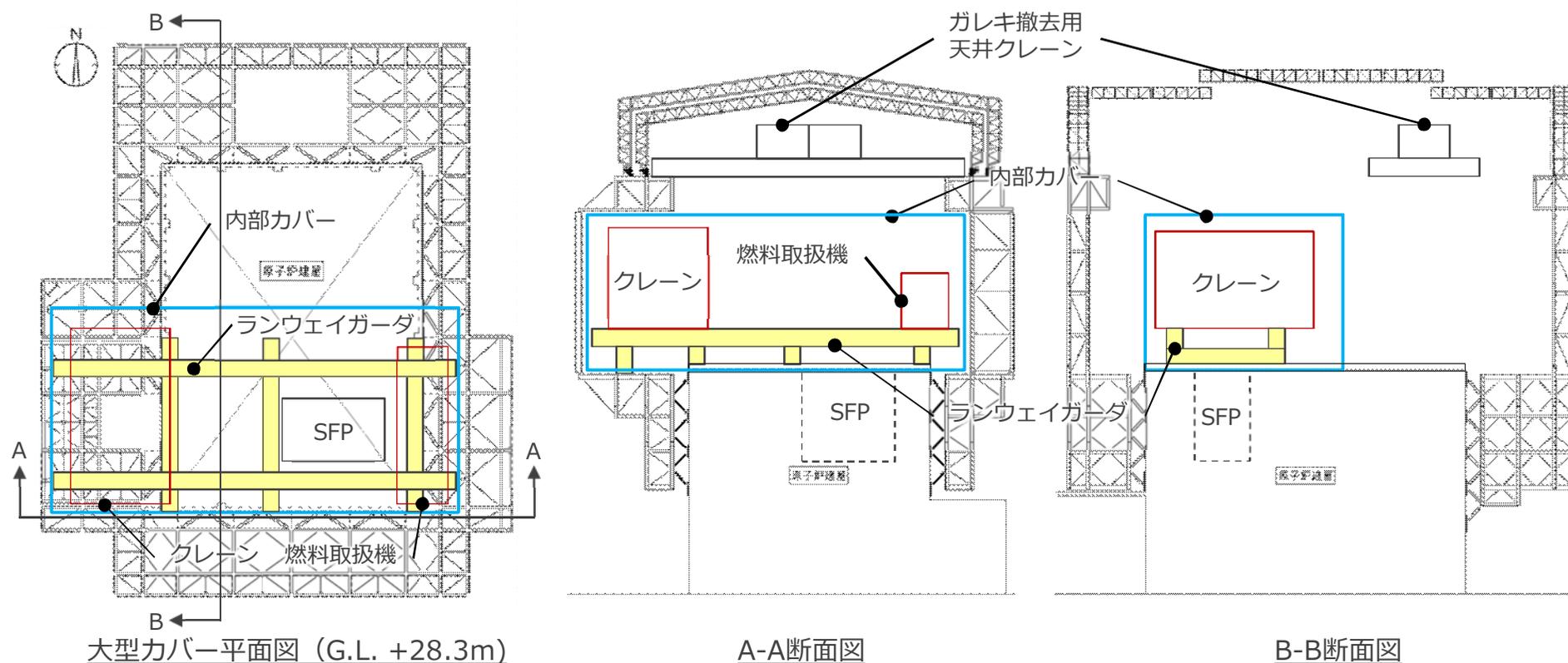
- 燃料取り出しにあたっては、大型カバー内に燃料取扱設備や付帯設備、内部カバー、ランウェイガードを設置する。
- 燃料取扱設備は内部カバー内に、付帯設備は内部カバー外に設置する。
- 燃料取り出しは内部カバー内で有人作業で実施する。



※イメージ図につき実際と異なる部分がある場合がある

【参考】 内部カバーについて

- 大型カバーは、合理的な範囲で隙間を低減するものの、塩分を含む外気や微量な雨水の流入が想定される。
- 燃料取扱設備は屋内仕様であるため、屋内環境を構築するために大型カバー内に内部カバーを設置する。
- 内部カバーは、燃料取扱設備や使用済燃料プールを覆う範囲に設置し、燃料取扱設備や大型カバーに干渉しない大きさとして設計する。



添付資料

- 補足説明資料
 - 添付資料1 大型カバー 補足説明資料

1号機燃料取り出し用カバーのうち 大型カバーの設置について

大型カバー 補足説明資料

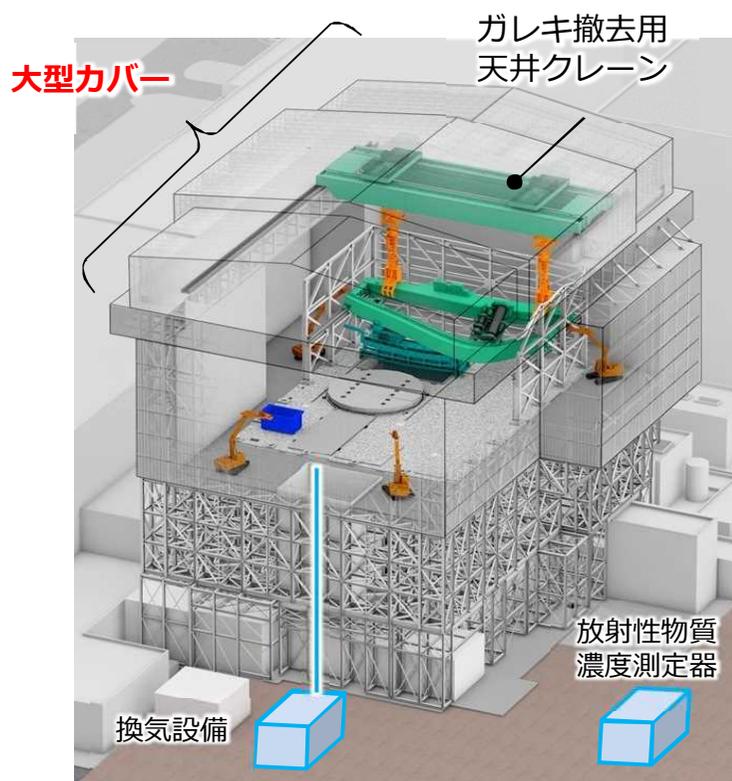
2021年8月23日（第3回）

TEPCO

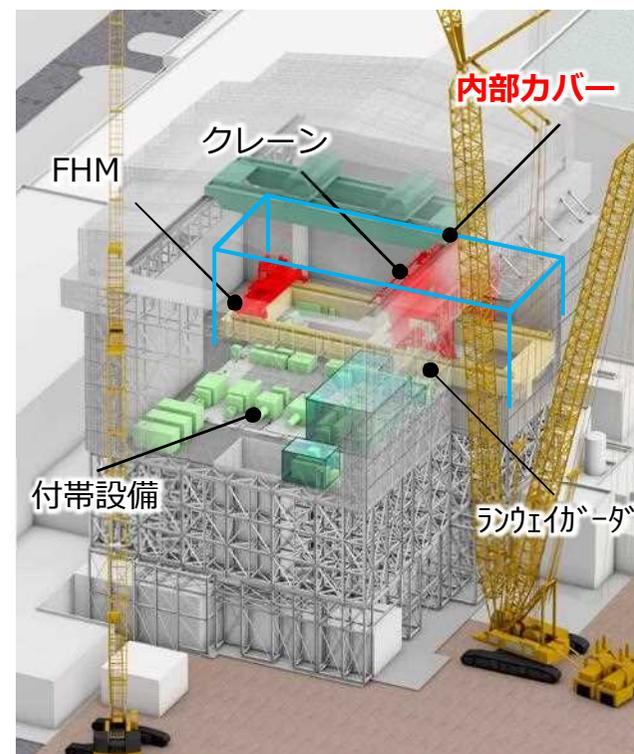
東京電力ホールディングス株式会社

はじめに

- 1号機燃料取り出し用カバーは、大型カバーと内部カバーから構成されている。
- 本申請では、大型カバーの構造強度及び耐震性についてご説明する。なお、内部カバーについては、燃料取扱設備と同じタイミングでの申請を予定している。



ガレキ撤去時



燃料取り出し時

大型カバー概念図（鳥瞰図）

5.1.1 一般事項（大型カバー）

- 1号機燃料取り出し用カバーは、大型カバーと内部カバーから構成されている。ここでは、大型カバーの構造強度及び耐震性について検討を行う。
- 大型カバーは、原子炉建屋オペレーティングフロアを覆う構造としており、屋根部、一般部及び燃料取扱設備支持部から構成され、オペレーティングフロア上にあるガレキを撤去するガレキ撤去用天井クレーンを有する。また、大型カバーの燃料取扱設備支持部は燃料取扱設備（燃料取扱機及びクレーン）を支持する。このため、大型カバーの耐震設計上の重要度分類は、燃料取扱設備支持部が燃料取扱設備の間接支持構造物であることから、Bクラス相当とする。
- 大型カバーの構造強度は一次設計に対応した許容応力度設計を実施する。また、耐震性は基準地震動 S_s に対する地震応答解析を実施し、大型カバーの損傷が原子炉建屋、使用済燃料プール及び使用済燃料ラックに波及的影響を及ぼさないことを確認する。ここで、波及的影響の確認は、大型カバーが崩壊機構に至らないことを確認する。

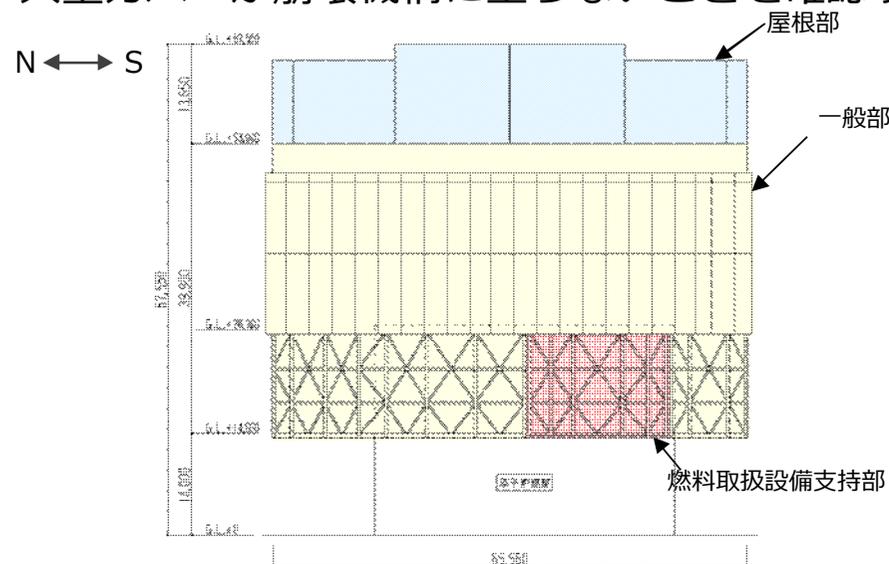
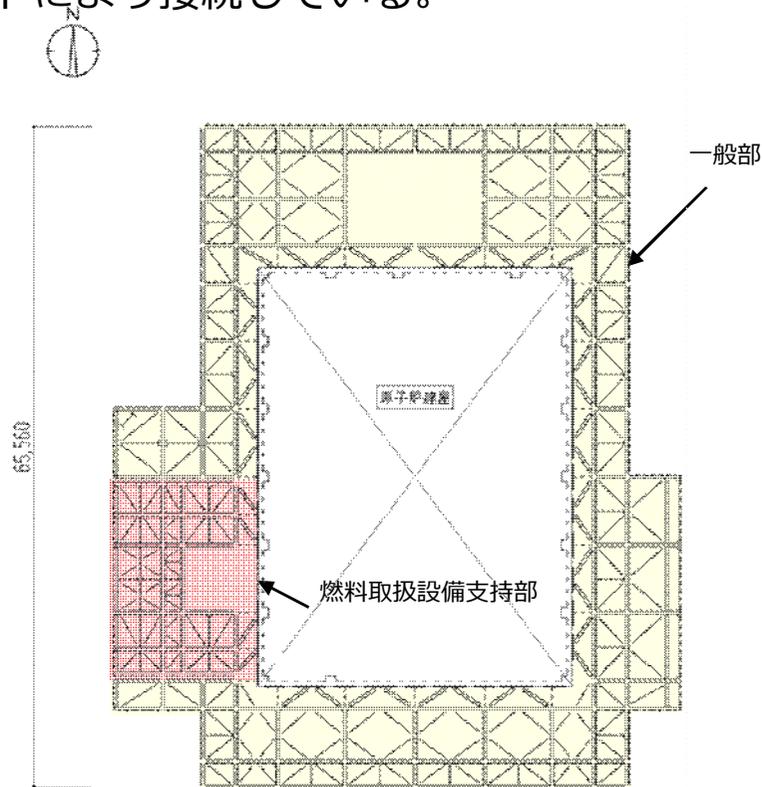


図5.1.1-1 大型カバーのイメージ（単位：mm）

5.1.2 構造概要（大型カバー）

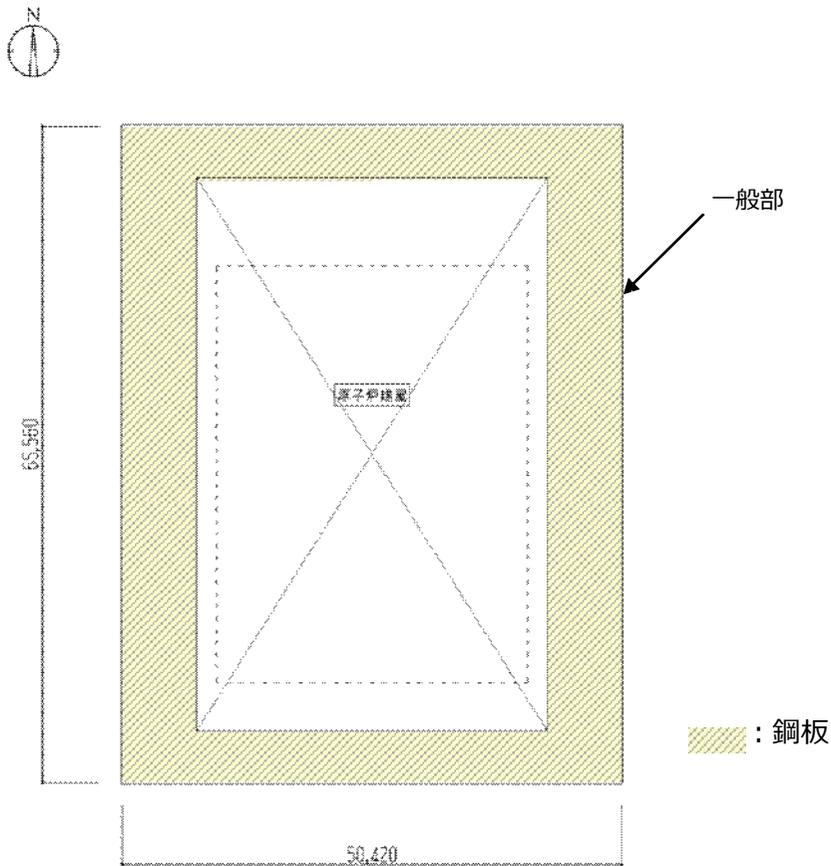
- 大型カバーは、東西方向55.92m、南北方向65.56m、高さ67.55mの構造物で、構造形式はトラス構造、構造種別は鉄骨造である。また、一般部と燃料取扱設備支持部は構造的に分離している。大型カバー頂部付近は、水平剛性を高めるため、鋼板による箱桁架構とし、屋根は可動式としている。
- 大型カバーは、原子炉建屋に支持される構造物である。原子炉建屋との取り合い部においては、アンカーボルトにより接続している。



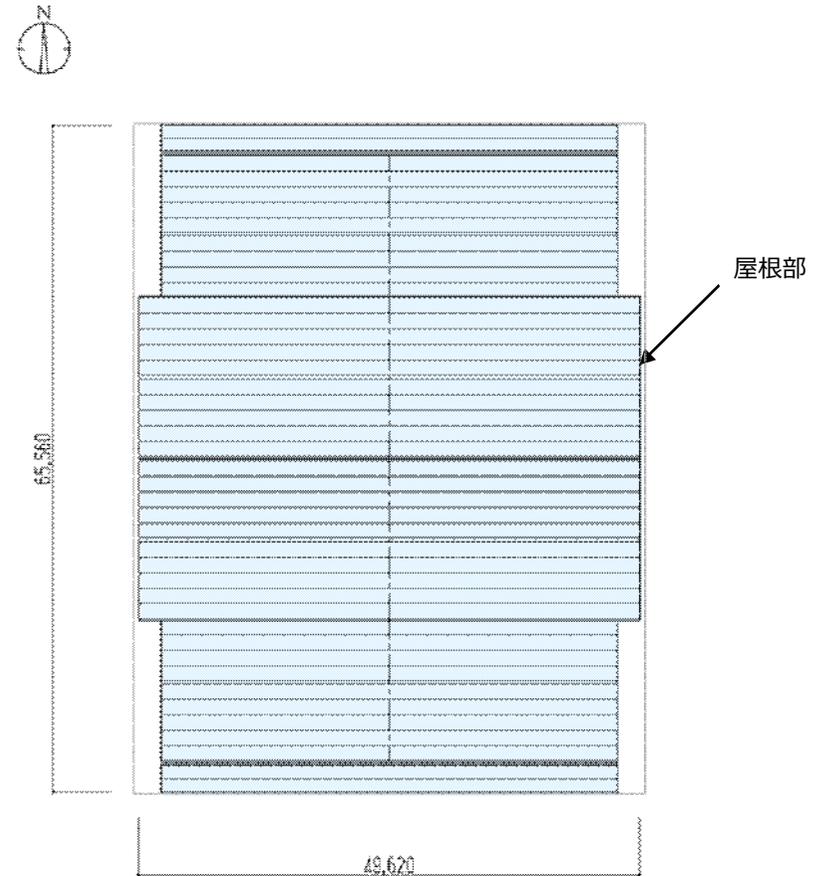
(a) 伏図 (G.L.+28,300)

図5.1.2-1(1) 大型カバーの概要 (単位 : mm)

5.1.2 構造概要（大型カバー）

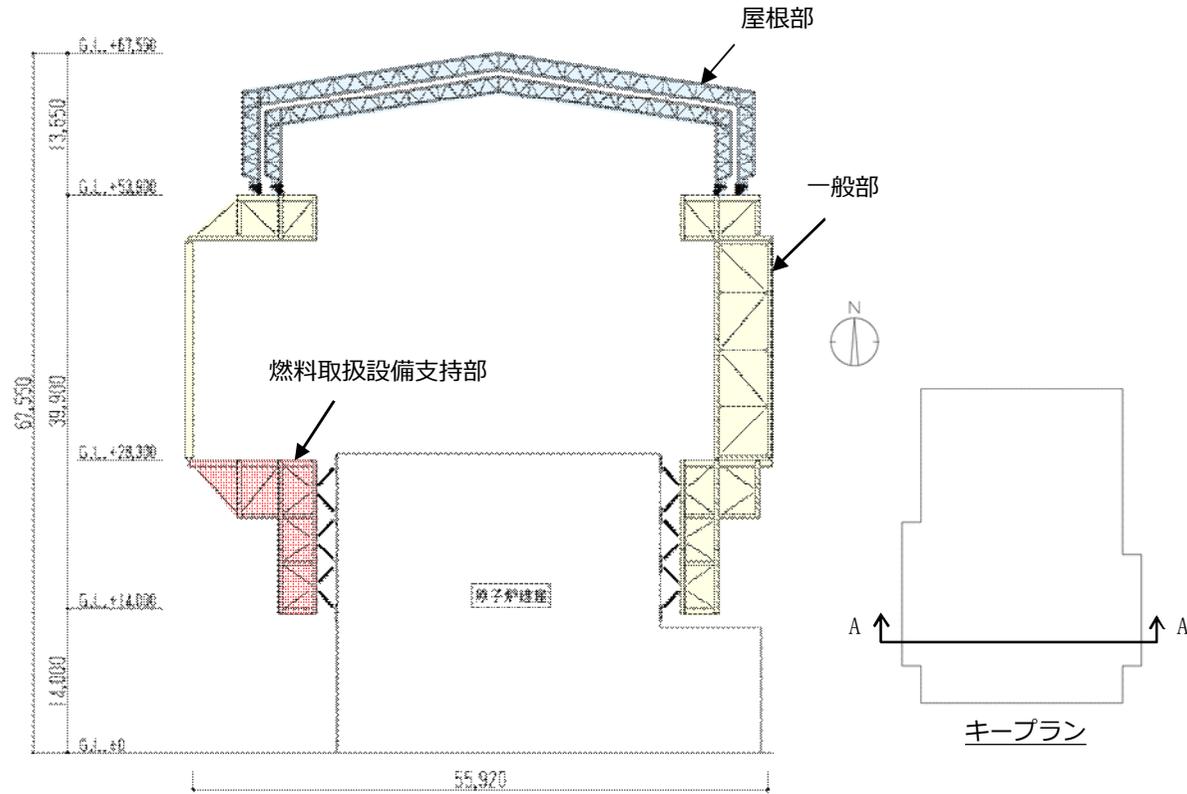


(b) 伏図 (G.L.+53,900)
図5.1.2-1(1) 大型カバーの概要 (単位 : mm)



屋根伏図
図5.1.2-1(2) 大型カバーの概要 (単位 : mm)

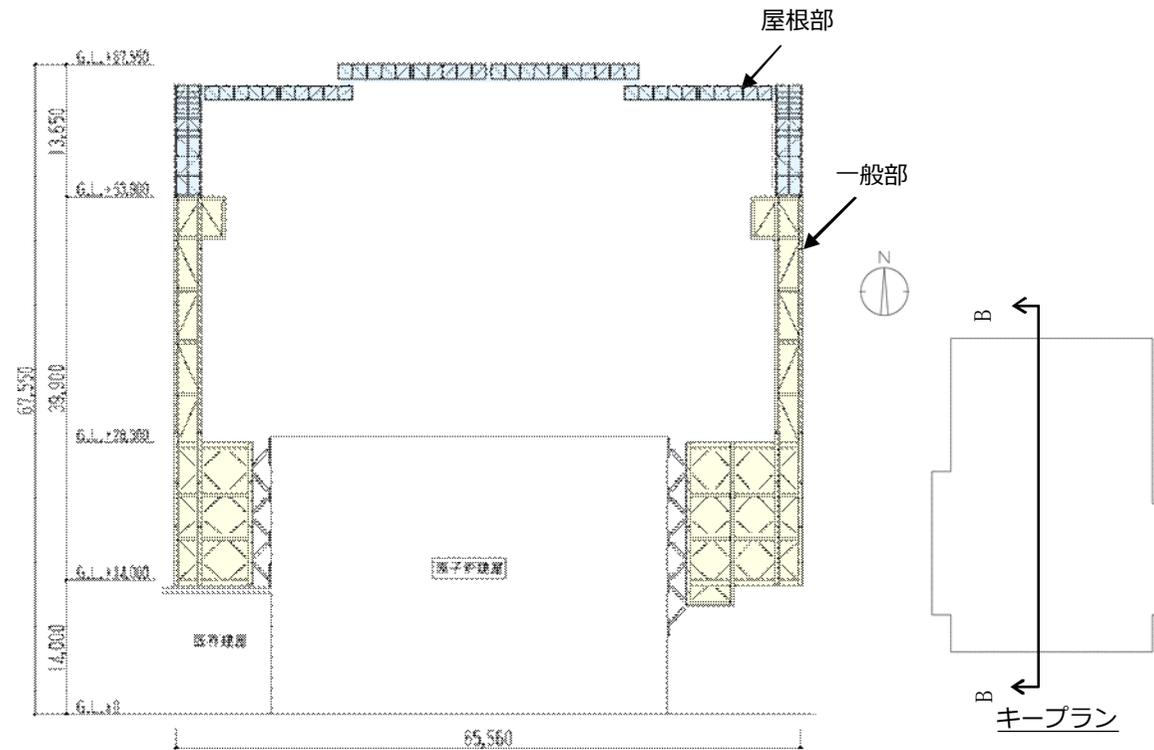
5.1.2 構造概要（大型カバー）



(a) 大型カバーA-A断面図

図5.1.2-2 大型カバーの概要（単位：mm）

5.1.2 構造概要（大型カバー）



(b) 大型カバーB-B断面図

図5.1.2-2 大型カバーの概要（単位：mm）

5.1.3 検討フロー

- 大型カバーの構造強度及び耐震性の検討フローを図5.1.3-1に示す。検討に当たっては、大型カバーを設置し、原子炉建屋上のガレキを撤去しようとする状態（以下、「ガレキ撤去時」という）と、ガレキを撤去した後に、燃料取扱設備を設置した状態（以下、「燃料取り出し時」という）を評価する。

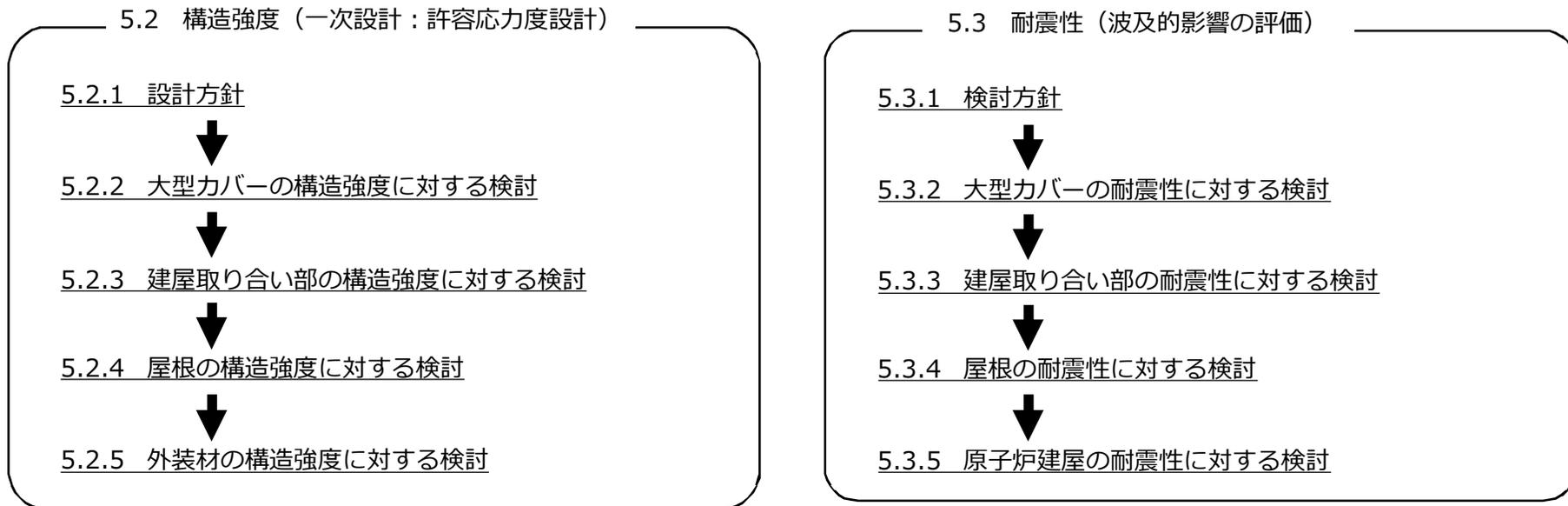


図 5.1.3-1 大型カバーの検討フロー

5.2.1 設計方針（構造強度）

構造強度の検討は、大型カバー、建屋取り合い部、屋根及び外装材について許容応力度設計を実施する。

表 5.2.1-1 使用材料の物性値及び許容応力度

材料定数				
部位	材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kN/m ³)
大型カバー	鉄骨	2.05×10 ⁵	0.3	77.0
原子炉建屋	コンクリート	2.57×10 ⁴ *	0.2	24.0

*：実強度に基づく剛性

コンクリートの許容応力度 (単位：N/mm ²)						
設計基準強度	長期			短期		
	圧縮	引張	せん断	圧縮	引張	せん断
22.1 (225)*	7.4	－	0.71	14.8	－	1.07

*：建設時の設計基準強度（単位：kgf/cm²）

5.2.1 設計方針（構造強度）

表 5.2.1-1 使用材料の物性値及び許容応力度

鉄筋の許容応力度 (単位：N/mm²)

記号	鉄筋径	長期		短期	
		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD345	D29未満	215	195	345	345
	D29以上	195			

構造用鋼材の許容応力度 (単位：N/mm²)

板厚	材料	基準強度F	許容応力度*4
T≤40mm	SS400, SN400B, STK400	235	建築基準法及び国土交通省告示に従い、左記Fの値より求める
T>40mm	SN400B	215	
T≤40mm	SM490A, SN490B, STKN490B STK490, SNR490B	325	
T≤40mm	STKT590	440*1	
T>40mm	TMCP325B	325*2	
-	S45C	490*3	

*1：「JIS G 3474-2008」による

*2：国土交通大臣指定書（国住指第326-2，平成14年5月7日又は国住指第1208-2,1209-2，平成15年7月31日）による

*3：「JIS G 4051-2005」による

*4：終局強度は許容応力度を1.1倍とする

5.2.1 設計方針（構造強度）

■ 荷重

- 鉛直荷重（VL）

大型カバー及び原子炉建屋に作用する鉛直方向の荷重で、固定荷重、機器荷重、配管荷重及び積載荷重とする。

表5.2.1-2 大型カバーに作用する主な鉛直荷重(kN)

	ガレキ撤去時	燃料取り出し時
屋根	3800	3800
外装材	5800	4360
遮蔽体	1050	6430
ガレキ撤去用天井クレーン	4200	4200
遠隔解体重機	2600	0
配管	500	830

表5.2.1-3 原子炉建屋に作用する主な鉛直荷重(kN)

	ガレキ撤去時	燃料取り出し時
ガレキ	12130	0
機器等	4260	43540
遮蔽体	0	21110

5.2.1 設計方針

- 積雪荷重 (SL)
積雪荷重は建築基準法施行令第86条及び福島県建築基準法施行規則細則に準拠し、以下の条件とする。
なお、国土交通省告示594号による多雪区域以外の区域における積雪後の降雨を見込んだ割増係数を乗じた積雪荷重を考慮する。

積雪量：30cm，単位荷重：20N/m²/cm

- 風圧力 (WL)
風圧力は建築基準法施行令第87条および建設省告示第1454号に基づき、基準風速を30m/s，地表面粗度区分Ⅱとして算定する。

表 5.2.1-4 速度圧の算定結果

建物高さ*	平均風速の鉛直分布係数	ガスト影響係数	建物高さと粗度区分による係数	基準風速	速度圧
H(m)	Er	Gf	E	Vo(m/s)	q(N/m ²)
65.7	1.32	2.00	3.50	30	1890

*：建物高さは、軒高さ（63.8m）と最高高さ（67.55m）の平均値とした

5.2.1 設計方針（構造強度）

- 地震荷重（K）
大型カバーに作用させる地震荷重は、G.L.+0.20m（原子炉建屋1階床）を基準面とした水平地震力の算定結果より設定する。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_o$$

ここで、

Q_i : 層せん断力 (kN)

n : 施設の重要度に応じた係数

建築基準法で定める地震力の1.5倍を考慮する。

C_i : 地震層せん断力係数

W_i : 当該部分が支える重量 (kN)

ここに、大型カバーの設計で考慮する原子炉建屋の全体重量は、ガレキ撤去の効果と大型カバー等を新規に設置する影響を考慮した。

Z : 地震地域係数 ($Z=1.0$) R_t : 振動特性係数 ($R_t=0.8$)

A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数で、原子炉建屋の固有値を用いたモーダル解析法（二乗和平方根法）により求める。

C_o : 標準せん断力係数 ($C_o=0.2$)

表5.2.1-5 原子炉建屋の全体重量(kN)

	ガレキ撤去時	燃料取り出し時
原子炉建屋の全体重量	701430	701430
ガレキ撤去による軽減重量	0	-12130
大型カバー設置等の付加重量	+82500	+143090
大型カバー設計用原子炉建屋全体重量	783930	832390

5.2.1 設計方針（構造強度）

i層の水平震度 k_i は、下式によって算定する。

$$P_i = Q_i - Q_{i-1}$$

$$k_i = P_i / w_i$$

ここで、

P_i : 当該階とその直下階の水平地震力の差 (kN)

w_i : 各階重量 (kN)

算定した水平地震力を原子炉建屋、大型カバー一般部及び燃料取扱設備支持部の重量比に基づいて分配し、それぞれに作用させる水平地震力を算定する。なお、高さ方向に関しては、原子炉建屋の各階の高さと大型カバーの節点の高さが異なるため、高さ毎に区分けを行った上で重量比を計算する。図5.2.1-1に大型カバーに作用させる水平地震力の概要図を示す。

$$P_{i_2} = P_i \times (i\text{層の大型カバー（一般部又は燃料取扱設備支持部）の重量} / i\text{層の原子炉建屋及び大型カバーの重量})$$

P_{i_2} : 当該階とその直下階の大型カバー（一般部又は燃料取扱設備支持部）に作用させる水平地震荷重の差 (kN)

5.2.1 設計方針（構造強度）

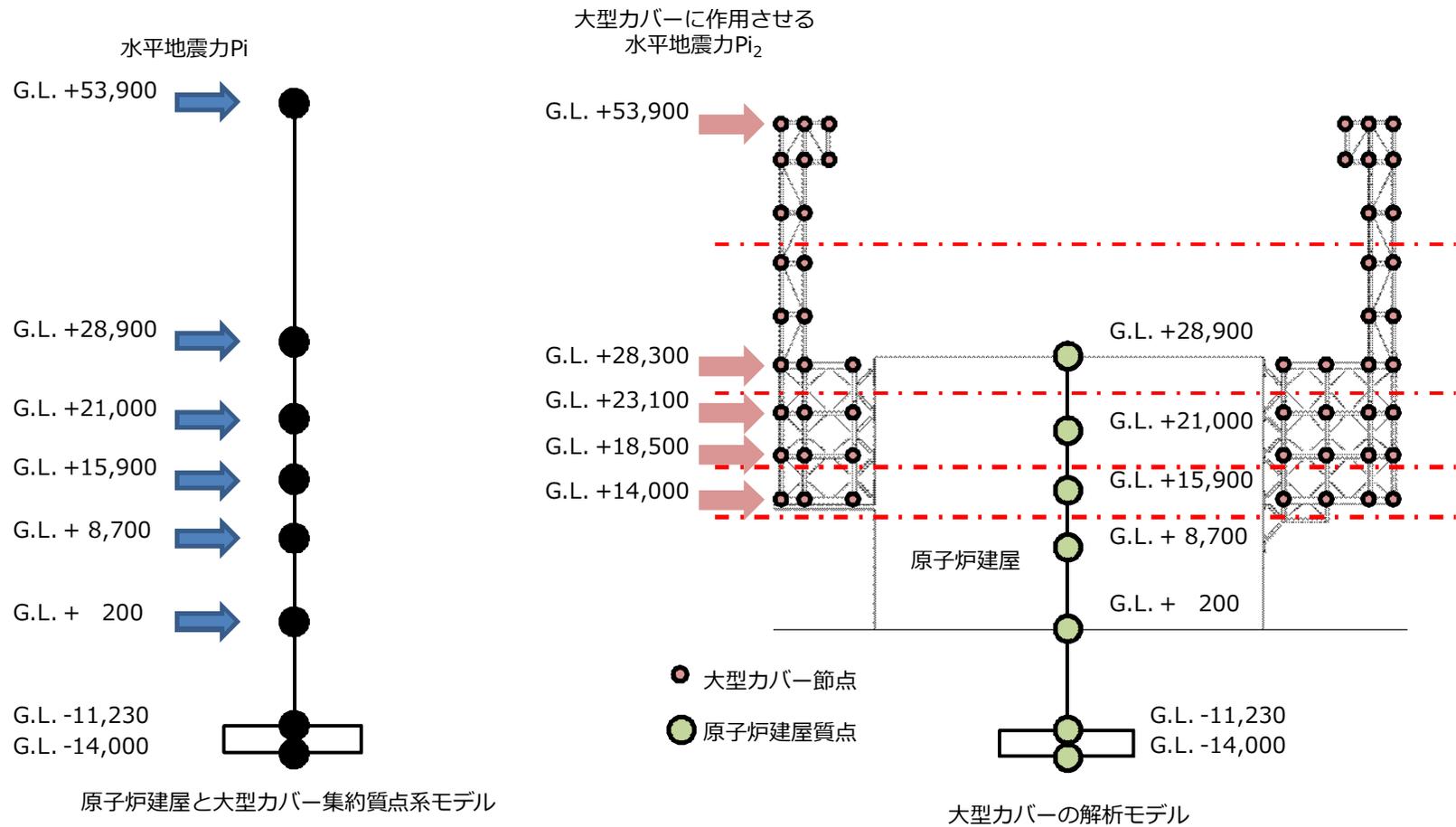


図5.2.1-1 大型カバーの水平地震力の概要図（単位：mm）

5.2.1 設計方針（構造強度）

表5.2.1-6(1) ガレキ撤去時の水平地震力の算定結果（NS方向）

G.L.(m)	各階重量 wi(kN)	Wi (kN)	Ai	n・Ci	Qi (kN)	Pi (kN)	水平震度 ki
+53.9	24850	—	—	—	—	26279	1.058
+53.9～+28.9	88990	24850	4.408	1.058	26279	12142	0.136
+28.9～+21.0	83750	113840	1.406	0.338	38421	18189	0.217
+21.0～+15.9	88690	197590	1.192	0.287	56610	18109	0.204
+15.9～+8.7	87240	286280	1.089	0.261	74719	14926	0.171
+8.7～+0.2	—	373520	1.000	0.240	89645	—	—

表5.2.1-6(2) ガレキ撤去時の水平地震力の算定結果（EW方向）

G.L.(m)	各階重量 wi(kN)	Wi (kN)	Ai	n・Ci	Qi (kN)	Pi (kN)	水平震度 ki
+53.9	24850	—	—	—	—	26130	1.052
+53.9～+28.9	88990	24850	4.384	1.052	26130	14682	0.165
+28.9～+21.0	83750	113840	1.493	0.359	40812	17576	0.210
+21.0～+15.9	88690	197590	1.233	0.296	58388	17190	0.194
+15.9～+8.7	87240	286280	1.103	0.264	75578	14067	0.161
+8.7～+0.2	—	373520	1.000	0.240	89645	—	—

5.2.1 設計方針（構造強度）

表5.2.1-6(3) ガレキ撤去時の大型カバーの地震荷重結果（NS・EW方向）

G.L.(m)	各階重量 wi(kN)	NS方向			EW方向		
		Pi (kN)	一般部 Pi ₂ (kN)	燃料取扱 設備支持部 Pi ₂ (kN)	Pi (kN)	一般部 Pi ₂ (kN)	燃料取扱 設備支持部 Pi ₂ (kN)
+53.9	24850	26400	26400	—	26300	26300	—
+28.3	88990	12400	3400	650	14900	4100	750
+23.1	83750	18300	1300	350	17700	1300	250
+18.5			1000	200		1000	200
+14.0	88690	18300	1100	300	17400	1100	300

5.2.1 設計方針（構造強度）

表5.2.1-7(1) 燃料取り出し時の水平震度の算定結果（NS方向）

G.L.(m)	各階重量 wi(kN)	Wi (kN)	Ai	n・Ci	Qi (kN)	Pi (kN)	水平震度 ki
+53.9	24310	—	—	—	—	27057	1.113
+53.9~+28.9	137080	24310	4.639	1.113	27057	25718	0.188
+28.9~+21.0	83750	161390	1.361	0.327	52775	17825	0.213
+21.0~+15.9	88680	245140	1.203	0.288	70600	17028	0.192
+15.9~+8.7	87810	333820	1.094	0.263	87628	13563	0.154
+8.7~+0.2	—	421630	1.000	0.240	101191	—	—

表5.2.1-7(2) 燃料取り出し時の水平震度の算定結果（EW方向）

G.L.(m)	各階重量 wi(kN)	Wi (kN)	Ai	n・Ci	Qi (kN)	Pi (kN)	水平震度 ki
+53.9	24310	—	—	—	—	25197	1.036
+53.9~+28.9	137080	24310	4.319	1.037	25197	28788	0.210
+28.9~+21.0	83750	161390	1.396	0.335	53985	18086	0.216
+21.0~+15.9	88680	245140	1.224	0.294	72071	16057	0.181
+15.9~+8.7	87810	333820	1.102	0.264	88128	13063	0.149
+8.7~+0.2	—	421630	1.000	0.240	101191	—	—

5.2.1 設計方針（構造強度）

表5.2.1-7(3) 燃料取り出し時の大型カバーの地震荷重結果（NS・EW方向）

G.L.(m)	各階重量 wi(kN)	NS方向			EW方向		
		Pi (kN)	一般部 Pi ₂ (kN)	燃料取扱 設備支持部 Pi ₂ (kN)	Pi (kN)	一般部 Pi ₂ (kN)	燃料取扱 設備支持部 Pi ₂ (kN)
+53.9	24310	27200	27200	—	25300	25300	—
+28.3	137080	26000	4500	1000	29000	5000	1100
+23.1	83750	18000	1300	350	18150	1300	350
+18.5			1000	200		900	200
+14.0	88680	17300	1100	300	16250	1000	300

5.2.1 設計方針

■ 荷重組合せ

設計で考慮する荷重組合せを表5.2.1-8に示す。また、ガレキ撤去時におけるガレキ撤去用天井クレーンの位置を図5.2.1-2に、燃料取り出し時における燃料取扱設備の位置を図5.2.1-3に示す。なお、燃料取り出し時にはガレキ撤去用天井クレーンの位置は北側とする。

表5.2.1-8 荷重組合せ

想定する状態	荷重ケース*1	荷重組合せ内容	許容応力度
常時	C	VL	長期
積雪時*2	S	VL+SL	短期
暴風時*2	W	VL+WL	
地震時	E1	VL+K(+NS)	
	E2	VL+K(-NS)	
	E3	VL+K(+EW)	
	E4	VL+K(-EW)	

*1：ガレキ撤去時はcase1及びcase2，燃料取り出し時はcase3及びcase4の状態とする

*2：短期事象では地震時が支配的であることから、積雪時及び暴風時の検討は省略する。ただし、外装材の検討は暴風時が支配的であることから暴風時に対して検討を行う

5.2.1 設計方針

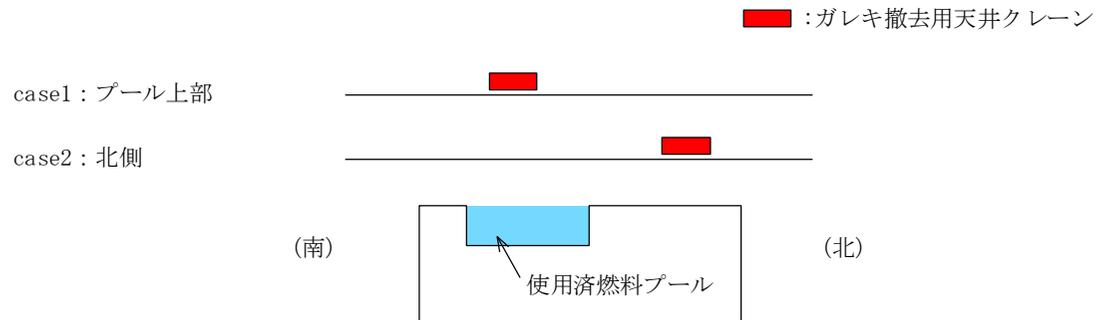
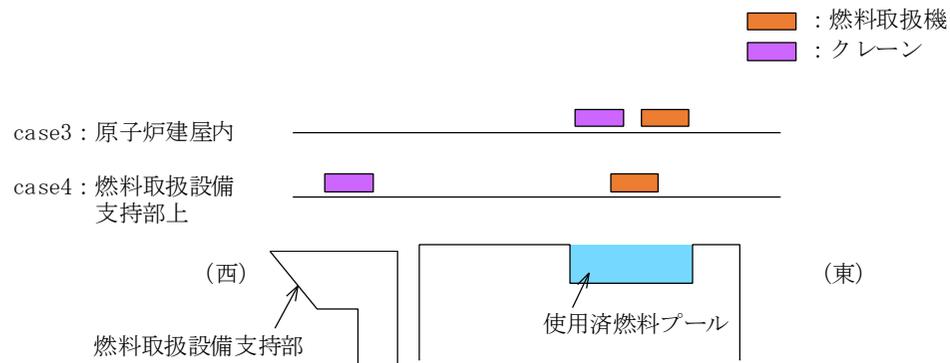


図5.2.1-2 ガレキ撤去用天井クレーンの位置



注：燃料取り出し時のガレキ撤去用天井クレーン位置は北側とする。

図5.2.1-2 燃料取扱設備の位置

5.2.1 設計方針

■ 層せん断力

地震時と暴風時の大型カバーの層せん断力について、風荷重の受圧面積が大きいEW方向で比較した結果を図5.2.1-4に示す。図5.2.1-4より、地震時の層せん断力は暴風時の層せん断力を包絡しており、支配的な荷重である。

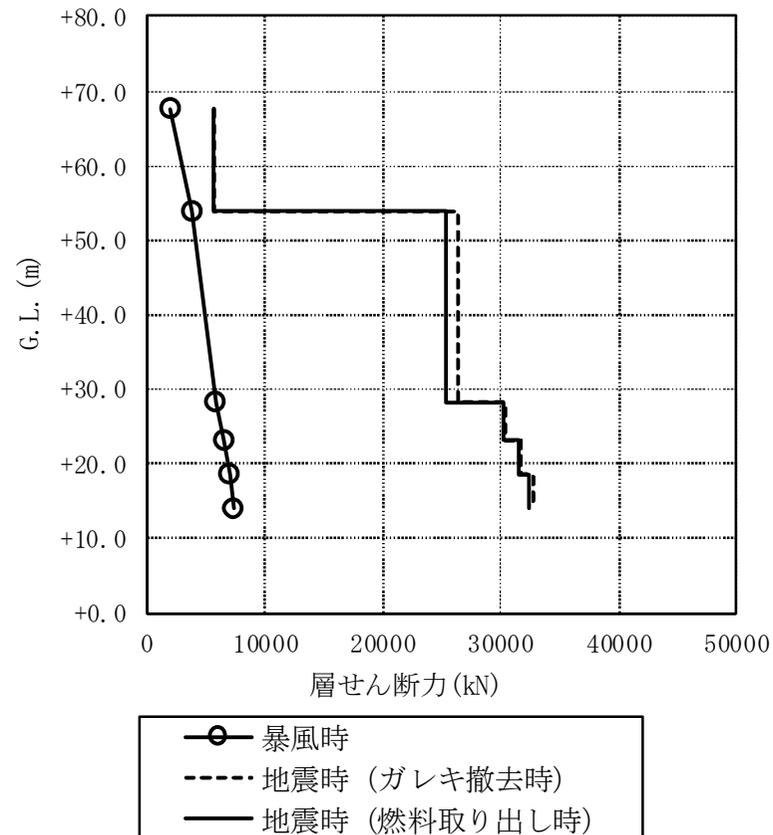


図5.2.1-4 地震時と暴風時の層せん断力の比較 (EW方向)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ 解析モデル

原子炉建屋は質点系モデルとし，大型カバーの解析モデルは，一般部及び燃料取扱設備支持部を構成する主要な鉄骨部材からなる立体架構モデルとする。図5.2.2-1に立体解析モデルを示す。また，屋根は重量として見込む。

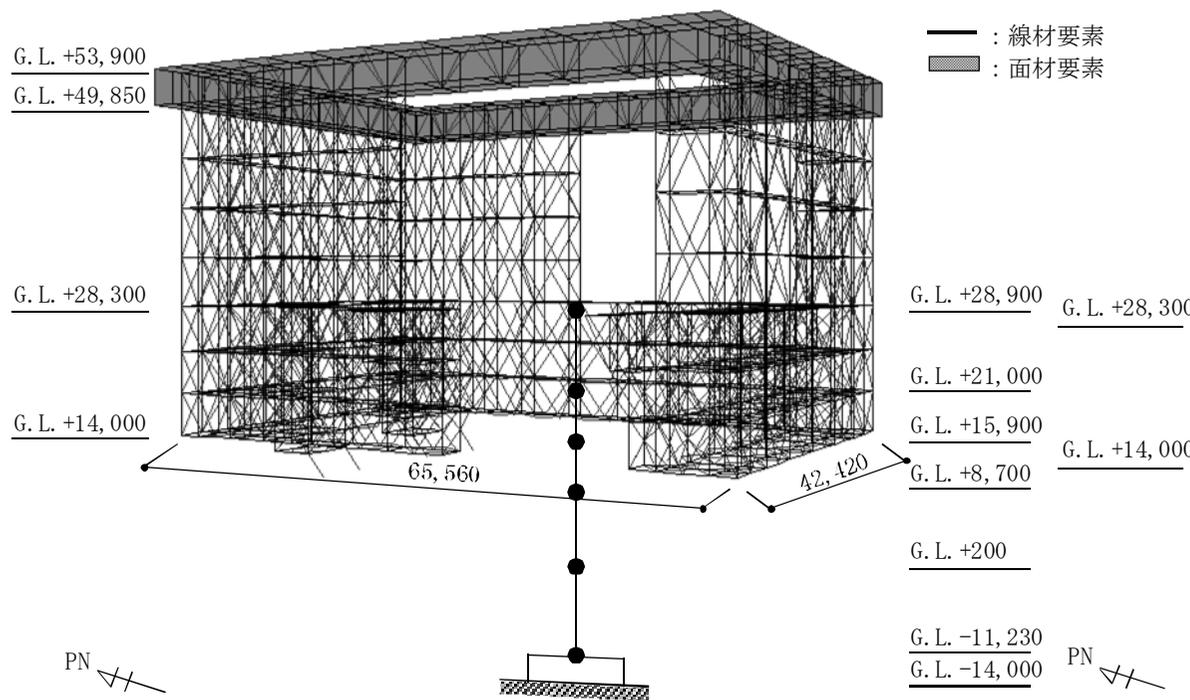


図5.2.2-1(1) 大型カバー（一般部）の解析モデル
 (単位：mm)

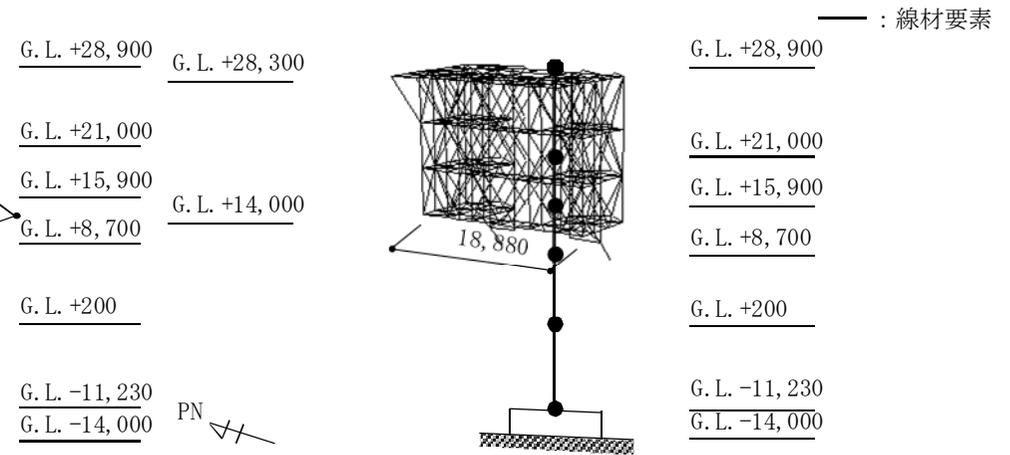


図5.2.2-1(2) 大型カバー（燃料取扱設備支持部）の解析モデル
 (単位：mm)

5.2.2 大型カバールの構造強度に対する検討

■ 柱, 梁, 水平・鉛直ブレースの検討

部材の応力度比は, 「鋼構造設計規準」に従い, 軸力に対して下式にて検討を行う。

・ 軸圧縮の場合 $\frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1$

・ 軸引張の場合 $\frac{\sigma_t}{f_t} \leq 1$

ここで, σ_c : 圧縮応力度 (N/A) (N/mm²)
 σ_t : 引張応力度 (T/A) (N/mm²)
N : 圧縮力(N), T : 引張力(N), A : 断面積(mm²)
 f_c : 許容圧縮応力度(N/mm²)
 f_t : 許容引張応力度(N/mm²)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ 大型カバー頂部鋼板部

応力度比の検討は、「鋼構造設計規準」に従い、面内力に対し下式にて検討を行う。

・ 組合せ応力の場合
$$\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}{f_t^2} \leq 1$$

ここで、

σ_x : X方向圧縮応力度 (Nx/A) (N/mm²)

σ_y : Y方向圧縮応力度 (Ny/A) (N/mm²)

Nx : X方向面内力(N), Ny : Y方向面内力(N), A : 断面積(mm²)

τ_{xy} : せん断応力度 (Nxy/As) (N/mm²)

Nxy : 面内せん断力(N), As : せん断断面積(mm²)

f_t : 許容引張応力度(N/mm²)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ ガレキ撤去時

表5.2.2-1及び表5.2.2-2に応力度比が最大となる部位の断面検討結果を示す。
断面検討の結果、全ての部材に対する応力度比が1以下になることを確認した。

表5.2.2-1(1) 断面検討結果（一般部，常時）

部位*1	部材形状 (mm) <使用材料*2>	荷重 ケース (位置) *3	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定	
①	柱	H-400×400×13×21	C (case1)	σ_c	89.6	f_c	170.9	0.53	O.K.
②	梁	H-588×300×12×20	C (case1)	σ_c	50.7	f_c	201.1	0.26	O.K.
③	水平 ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91)	C (case1)	σ_c	106.1	f_c	187.5	0.57	O.K.
④	鉛直 ブレース	ϕ -267.4×6.6	C (case1)	σ_c	147.8	f_c	204.2	0.73	O.K.
⑤	鋼板	PL-16 <SN400B>	C (case1)	σ_x	4.1	f_t	156.0	0.39	O.K.
				σ_y	8.7				
				T_{xy}	34.1				

*1：①～⑤の符号は図5.2.2-2の応力検討箇所を示す

*2：各部材の使用材料は、特記なき限り、鋼管：STKN490B，その他SN490B

*3：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*4：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

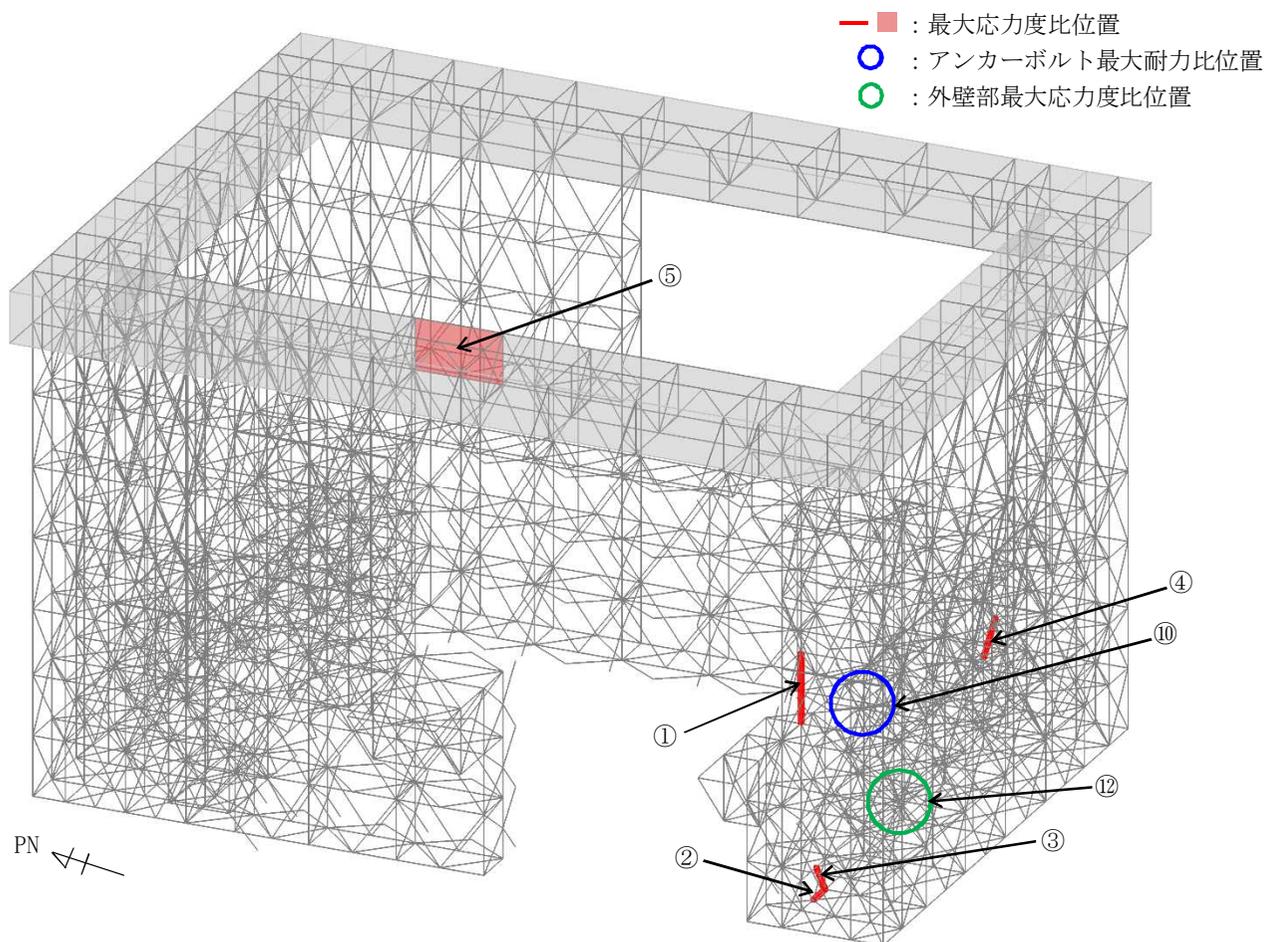


図5.2.2-2(1) 最大応力度比位置図(一般部, 常時)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ ガレキ撤去時

表5.2.2-1(2) 断面検討結果（燃料取扱設備支持部，常時）

部位*1	部材形状 (mm) <使用材料*2>	荷重 ケース (位置)*3	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
			σ_c		f_c			
⑥	柱 H-400×400×13×21	C (-*4)	σ_c	13.1	f_c	202.7	0.07	O.K.
⑦	梁 H-800×300×14×26	C (-*4)	σ_c	20.2	f_c	175.8	0.12	O.K.
⑧	水平 ブレース 十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91)	C (-*4)	σ_t	40.7	f_t	216.6	0.19	O.K.
⑨	鉛直 ブレース ϕ -355.6×7.9	C (-*4)	σ_c	58.7	f_c	207.7	0.29	O.K.

*1：①～⑨の符号は図5.2.2-2の応力検討箇所を示す

*2：各部材の使用材料は，特記なき限り，鋼管：STKN490B，その他SN490B

*3：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*4：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

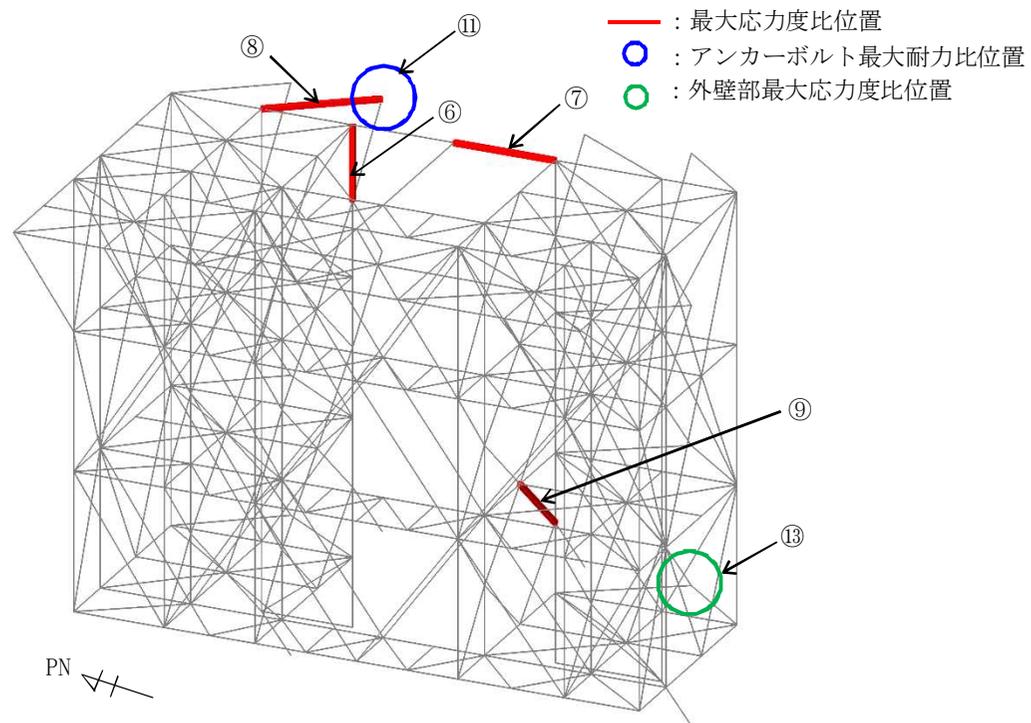


図5.2.2-2(2) 最大応力度比位置図(燃料取扱設備支持部, 常時)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ ガレキ撤去時

表5.2.2-2(1) 断面検討結果（一般部，地震時）

部位*1	部材形状 (mm) <使用材料*2>	荷重 ケース (位置)*3	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定	
			σ_c		f_c				
①	柱	H-428×407×20×35	E2 (case1)	σ_c	171.8	f_c	305.6	0.57	O.K.
②	梁	H-588×300×12×20	E4 (case1)	σ_c	132.2	f_c	301.6	0.44	O.K.
③	水平 ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91)	E4 (case1)	σ_c	276.9	f_c	284.6	0.98	O.K.
④	鉛直 ブレース	ϕ -267.4×6.6	E1 (case2)	σ_t	301.1	f_t	325.0	0.93	O.K.
⑤	鋼板	PL-16 <SN400B>	E4 (case2)	σ_x	34.5	f_t	235.0	0.42	O.K.
				σ_y	8.0				
				τ_{xy}	53.1				

*1：①～⑤の符号は図5.2.2-3の応力検討箇所を示す

*2：各部材の使用材料は，特記なき限り，鋼管：STKN490B，その他SN490B

*3：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*4：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

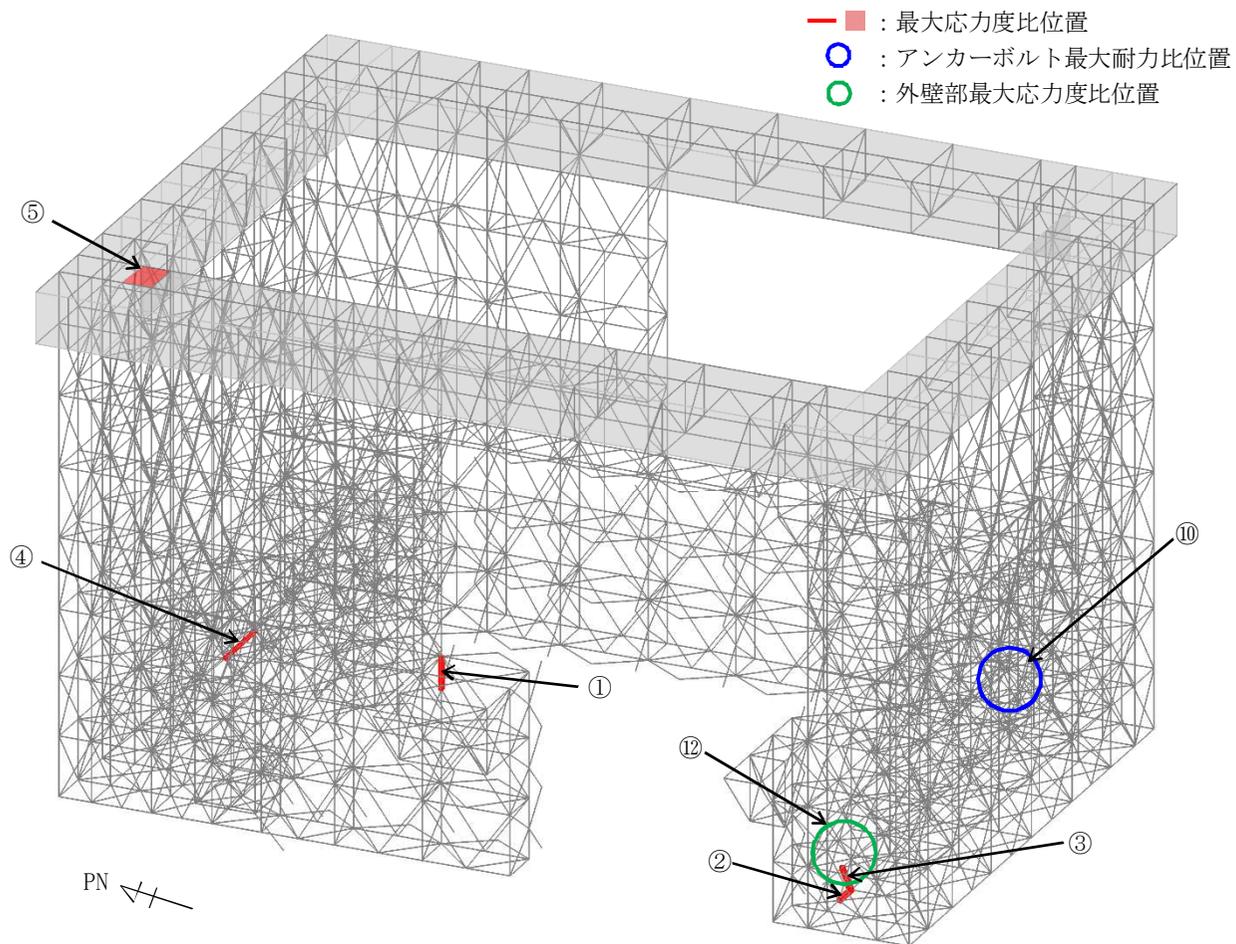


図5.2.2-3(1) 最大応力度比位置図(一般部, 地震時)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ ガレキ撤去時

表5.2.2-2(2) 断面検討結果（燃料取扱設備支持部，地震時）

部位*1	部材形状 (mm) <使用材料*2>	荷重 ケース (位置)*3	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定	
			σ_c		f_c				
⑥	柱	H-400×400×13×21	E1 (- *4)	σ_c	7.0	f_c	304.1	0.03	O.K.
⑦	梁	H-800×300×14×26	E4 (- *4)	σ_c	24.3	f_c	263.7	0.10	O.K.
⑧	水平 ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91)	E1 (- *4)	σ_t	58.8	f_t	325.0	0.19	O.K.
⑨	鉛直 ブレース	ϕ -355.6×7.9	E1 (- *4)	σ_c	69.5	f_c	311.5	0.23	O.K.

*1：①～⑨の符号は図5.2.2-3の応力検討箇所を示す

*2：各部材の使用材料は，特記なき限り，鋼管：STKN490B，その他SN490B

*3：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*4：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

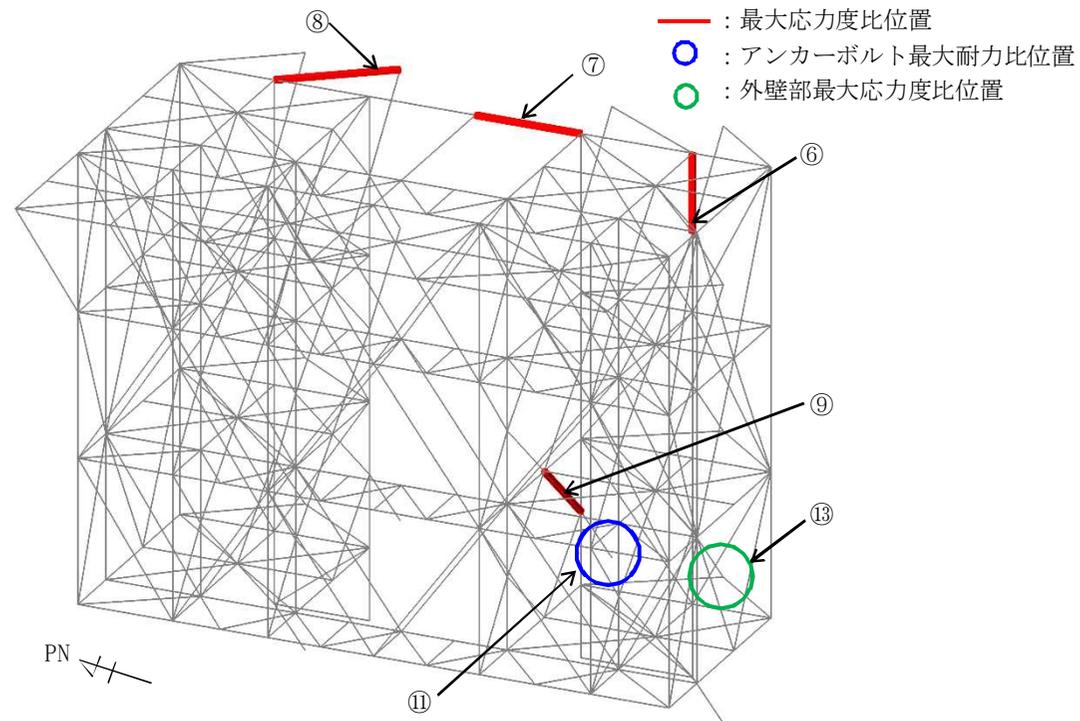


図5.2.2-3(2) 最大応力度比位置図(燃料取扱設備支持部, 地震時)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ 燃料取り出し時

表5.2.2-3及び表5.2.2-4に応力度比が最大となる部位の断面検討結果を示す。
断面検討の結果、全ての部材に対する応力度比が1以下になることを確認した。

表5.2.2-3(1) 断面検討結果（一般部，常時）

部位*1	部材形状 (mm) <使用材料*2>	荷重 ケース (位置)*3	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
			σ_c		f_c			
① 柱	H-400×400×13×21	C (case3)	σ_c	91.3	f_c	202.7	0.46	O.K.
② 梁	H-350×350×12×19	C (case3)	σ_c	49.6	f_c	183.8	0.27	O.K.
③ 水平 ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91)	C (case3)	σ_c	91.1	f_c	187.5	0.49	O.K.
④ 鉛直 ブレース	ϕ -267.4×6.6	C (case3)	σ_c	127.8	f_c	204.2	0.63	O.K.
⑤ 鋼板	PL-16 <SN400B>	C (case3)	σ_x	1.7	f_t	156.0	0.17	O.K.
			σ_y	5.5				
			τ_{xy}	14.2				

*1：①～⑤の符号は図5.2.2-4の応力検討箇所を示す

*2：各部材の使用材料は、特記なき限り、鋼管：STKN490B，その他SN490B

*3：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

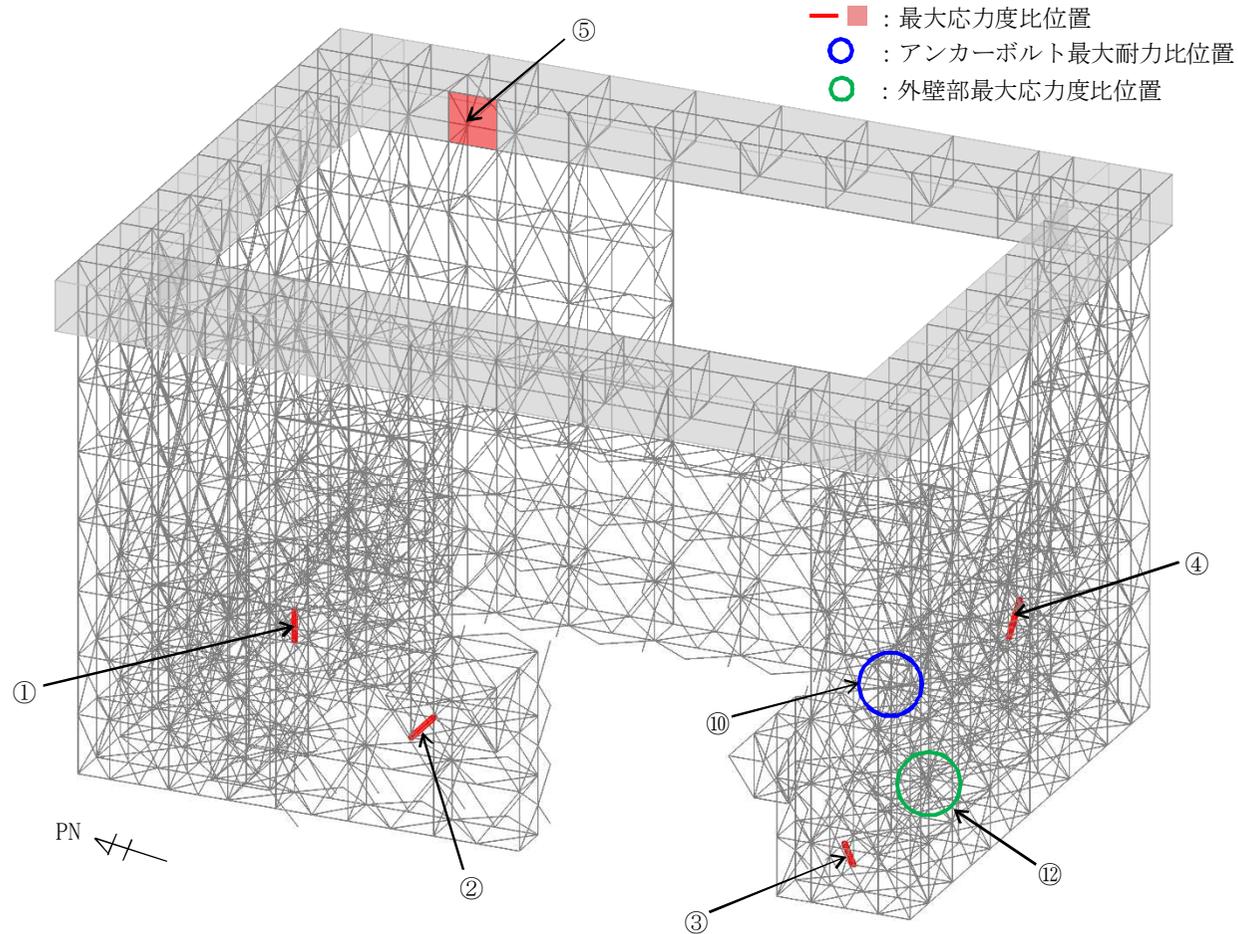


図5.2.2-4(1) 最大応力度比位置図(一般部, 常時)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ 燃料取り出し時

表5.2.2-3(2) 断面検討結果（燃料取扱設備支持部，常時）

部位*1	部材形状 (mm) <使用材料*2>	荷重 ケース (位置)*3	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
			σ_c		f_c			
⑥	柱	H-400×400×13×21 C (case4)	σ_c	17.3	f_c	202.7	0.09	O.K.
⑦	梁	H-588×300×12×20 C (case4)	σ_t	7.6	f_t	216.6	0.04	O.K.
⑧	水平 ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91) C (case4)	σ_t	46.6	f_t	216.6	0.22	O.K.
⑨	鉛直 ブレース	ϕ -355.6×7.9 C (case4)	σ_c	99.8	f_c	207.7	0.49	O.K.

*1：①～⑨の符号は図5.2.2-4の応力検討箇所を示す

*2：各部材の使用材料は，特記なき限り，鋼管：STKN490B，その他SN490B

*3：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

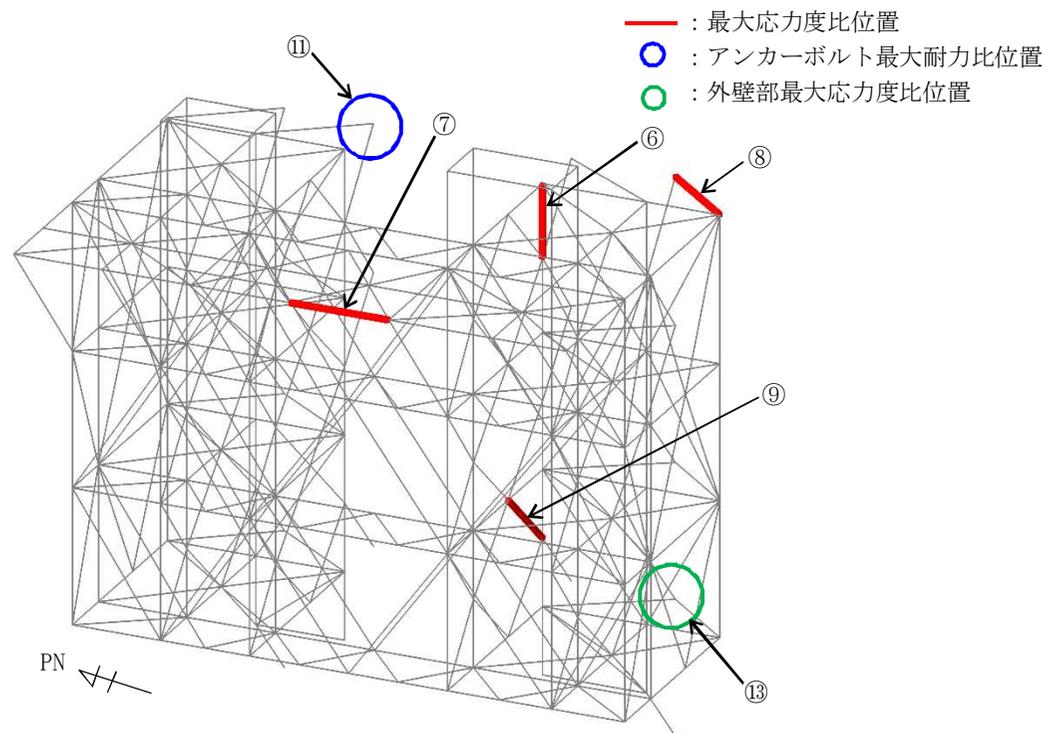


図5.2.2-4(2) 最大応力度比位置図(燃料取扱設備支持部, 常時)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ 燃料取り出し時

表5.2.2-4(1) 断面検討結果（一般部，地震時）

部位*1	部材形状 (mm) <使用材料*2>	荷重 ケース (位置)*3	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定	
①	柱	H-400×400×13×21	E1 (case3)	σ_c	171.8	f_c	304.1	0.57	O.K.
②	梁	H-588×300×12×20	E1 (case3)	σ_t	136.3	f_t	325.0	0.42	O.K.
③	水平 ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91)	E3 (case3)	σ_t	299.2	f_t	325.0	0.93	O.K.
④	鉛直 ブレース	ϕ -267.4×6.6	E1 (case3)	σ_t	295.4	f_t	325.0	0.91	O.K.
⑤	鋼板	PL-16 <SN400B>	E4 (case3)	σ_x	34.2	f_t	235.0	0.41	O.K.
				σ_y	8.0				
				τ_{xy}	52.2				

*1：①～⑤の符号は図5.2.2-5の応力検討箇所を示す

*2：各部材の使用材料は，特記なき限り，鋼管：STKN490B，その他SN490B

*3：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

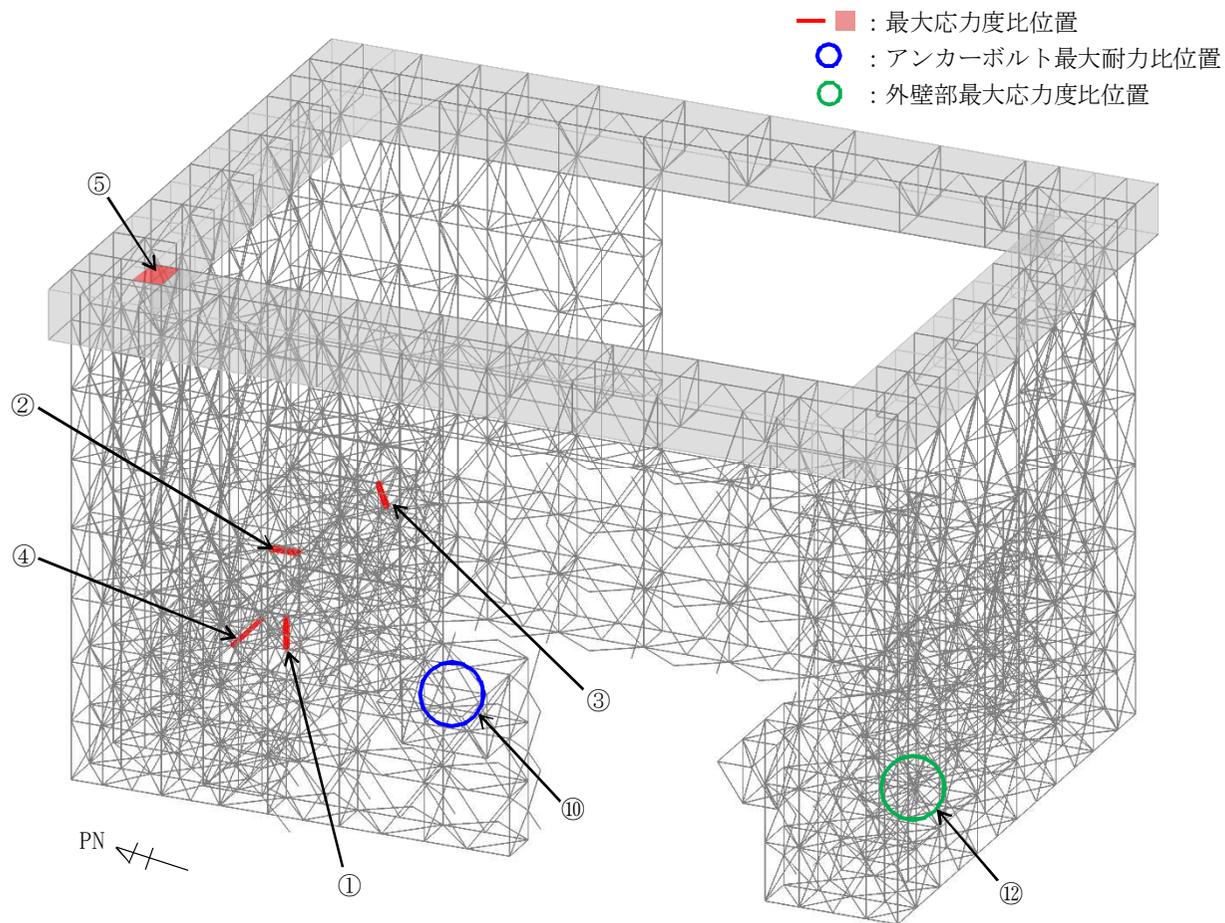


図5.2.2-5(1) 最大応力度比位置図(一般部, 地震時)

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

■ 燃料取り出し時

表5.2.2-4(2) 断面検討結果（燃料取扱設備支持部，地震時）

部位*1	部材形状 (mm) <使用材料*2>	荷重 ケース (位置)*3	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
			σ_c		f_c			
⑥	柱	H-400×400×13×21 E4 (case4)	σ_c	19.9	f_c	304.1	0.07	O.K.
⑦	梁	H-588×300×12×20 E1 (case4)	σ_t	11.3	f_t	325.0	0.04	O.K.
⑧	水平 ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91) E1 (case4)	σ_t	68.0	f_t	325.0	0.21	O.K.
⑨	鉛直 ブレース	ϕ -355.6×7.9 E1 (case4)	σ_c	113.9	f_c	311.5	0.37	O.K.

*1：①～⑨の符号は図5.2.2-5の応力検討箇所を示す

*2：各部材の使用材料は，特記なき限り，鋼管：STKN490B，その他SN490B

*3：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.2.2 大型カバーの構造強度に対する検討

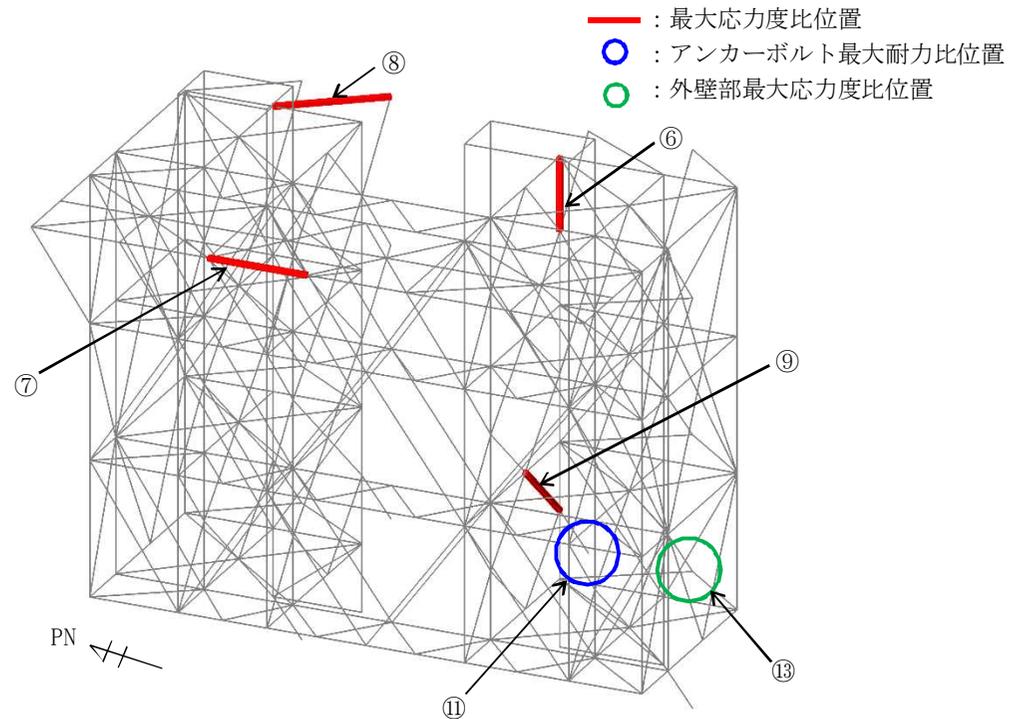


図5.2.2-5(2) 最大応力度比位置図(燃料取扱設備支持部, 地震時)

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

■ アンカーボルトの検討（引抜き，せん断）

大型カバーはアンカーボルトにより原子炉建屋外壁に取り付く。アンカーボルトの仕様は，M33（SNR490B）の接着系アンカーボルトとし，許容耐力は「あと施工アンカー施工指針（案）（一般社団法人日本建築あと施工アンカー協会）」，「各種合成構造設計指針・同解説」に従い，原子炉建屋の設計基準強度を用いて下式によって求める。

$$p_a = \min(\phi_1 \cdot p_{a1}, \phi_2 \cdot p_{a2}, \phi_3 \cdot p_{a3})$$

$$q_a = \min(\phi_1 \cdot q_{a1}, \phi_2 \cdot q_{a2})$$

$\phi_1 \sim \phi_3$: 低減係数（長期，短期）

p_a : 接着系アンカーボルトの許容引張力（kN/本）

p_{a1} : アンカーボルトの降伏により決まる許容引張力（kN/本）

p_{a2} : 躯体のコーン状破壊により決まる許容引張力（kN/本）

p_{a3} : 付着力により決まる許容引張力（kN/本）

q_a : 接着系アンカーボルトの許容せん断力（kN/本）

q_{a1} : アンカーボルトのせん断強度により決まる許容せん断力（kN/本）

q_{a2} : 躯体の支圧強度により決まる許容せん断力（kN/本）

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

表5.2.3-1接着系アンカーボルトの許容耐力

部位		一般部	燃料取扱設備支持部	
			GL+13.7	GL+27.9
タイプ		標準	標準	ロング
鋼材種類		M33	M33	M33
		SNR490B	SNR490B	SNR490B
埋め込み長さ (mm)		375	375	450
アンカーボルト間隔 (mm)		400	400	400
長期	許容引張力(pa_L) (kN/本)	83	118	90
	許容せん断力(qa_L) (kN/本)	76	76	76
短期	許容引張力(pa_S) (kN/本)	166	236	180
	許容せん断力(qa_S) (kN/本)	152	152	152

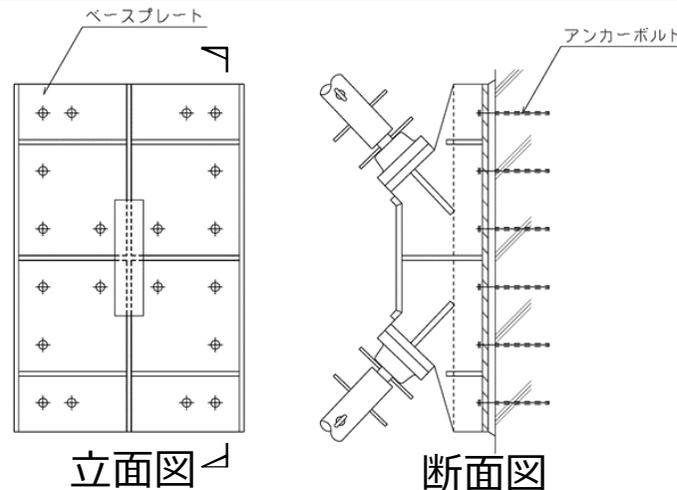


図5.2.3-1 アンカー標準図

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

■ アンカーボルトの検討

アンカーボルトの検討は、建屋取り合い部に生じる最大支点反力に対し、下式にて検討を行う。

$$\frac{P}{P_a} \leq 1$$

$$\frac{Q}{Q_a} \leq 1$$

$$\left(\frac{P}{P_a}\right)^2 + \left(\frac{Q}{Q_a}\right)^2 \leq 1$$

P_a	: アンカーボルトの許容引張耐力 (kN)
Q_a	: アンカーボルトの許容せん断耐力 (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)

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

■ ガレキ撤去時

表 5.2.3-2に耐力比が最大となる部位の検討結果を示す。

検討の結果，アンカーボルトの最大耐力比は1以下になることを確認した。

表5.2.3-2(1) アンカーボルトの検討結果（一般部，常時）

部位*1 (アンカー本数)	荷重 ケース (位置)*2	作用応力		許容耐力		耐力比	判定	
		引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	許容 引張力 Pa(kN)	許容 せん断力 Qa(kN)			
⑩	アンカー ボルト (12)	C (case1)	27	730	996	912	0.81	O.K.

表5.2.3-2(2) アンカーボルトの検討結果（燃料取扱設備支持部，常時）

部位*1 (アンカー本数)	荷重 ケース (位置)*2	作用応力		許容耐力		耐力比	判定	
		引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	許容 引張力 Pa(kN)	許容 せん断力 Qa(kN)			
⑪	アンカー ボルト (22)	C (-*3)	814	737	1980	1672	0.45	O.K.

*1：図5.2.2-2に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*3：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

表5.2.3-2(3) アンカーボルトの検討結果（一般部，地震時）

部位*1 (アンカー本数)	荷重 ケース (位置)*2	作用応力		許容耐力		耐力比	判定	
		引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	許容 引張力 Pa(kN)	許容 せん断力 Qa(kN)			
⑩	アンカー ボルト (34)	E3 (case1)	0	3288	5644	5168	0.64	O.K.

表5.2.3-2(4) アンカーボルトの検討結果（燃料取扱設備支持部，地震時）

部位*1 (アンカー本数)	荷重 ケース (位置)*2	作用応力		許容耐力		耐力比	判定	
		引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	許容 引張力 Pa(kN)	許容 せん断力 Qa(kN)			
⑪	アンカー ボルト (12)	E1 (-*3)	0	487	2832	1824	0.27	O.K.

*1：図5.2.2-3に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*3：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

■ 燃料取り出し時

表5.2.3-3に耐力比が最大となる部位の検討結果を示す。

検討の結果、アンカーボルトの最大耐力比は1以下になることを確認した。

表5.2.3-3(1) アンカーボルトの検討結果（一般部，常時）

部位*1 (アンカー本数)	荷重 ケース (位置)*2	作用応力		許容耐力		耐力比	判定	
		引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	許容 引張力 Pa(kN)	許容 せん断力 Qa(kN)			
⑩	アンカー ボルト (12)	C (case3)	0	747	996	912	0.82	O.K.

表5.2.3-3(2) アンカーボルトの検討結果（燃料取扱設備支持部，常時）

部位*1 (アンカー本数)	荷重 ケース (位置)*2	作用応力		許容耐力		耐力比	判定	
		引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	許容 引張力 Pa(kN)	許容 せん断力 Qa(kN)			
⑪	アンカー ボルト (22)	C (case4)	1206	1136	1980	1672	0.84	O.K.

*1：図5.2.2-4に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

表5.2.3-3(3) アンカーボルトの検討結果（一般部，地震時）

部位*1 (アンカー本数)	荷重 ケース (位置)*2	作用応力		許容耐力		耐力比	判定	
		引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	許容 引張力 Pa(kN)	許容 せん断力 Qa(kN)			
⑩	アンカー ボルト (36)	E2 (case3)	0	3503	5976	5472	0.65	O.K.

表5.2.3-3(4) アンカーボルトの検討結果（燃料取扱設備支持部，地震時）

部位*1 (アンカー本数)	荷重 ケース (位置)*2	作用応力		許容耐力		耐力比	判定	
		引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	許容 引張力 Pa(kN)	許容 せん断力 Qa(kN)			
⑪	アンカー ボルト (12)	E1 (case4)	0	748	2832	1824	0.42	O.K.

*1：図5.2.2-5に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

■ 原子炉建屋外壁の検討

原子炉建屋外壁部に生じる最大圧縮反力に対し、下式にて検討を行う。

図5.2.3-2にベースプレート標準図を示す。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1$$

ここで、 σ_c : 圧縮応力度 (N/A) (N/mm²)

N : 圧縮力(N), A : ベースプレート面積 (B×H) (mm²)

f_c : 許容応力度(N/mm²)

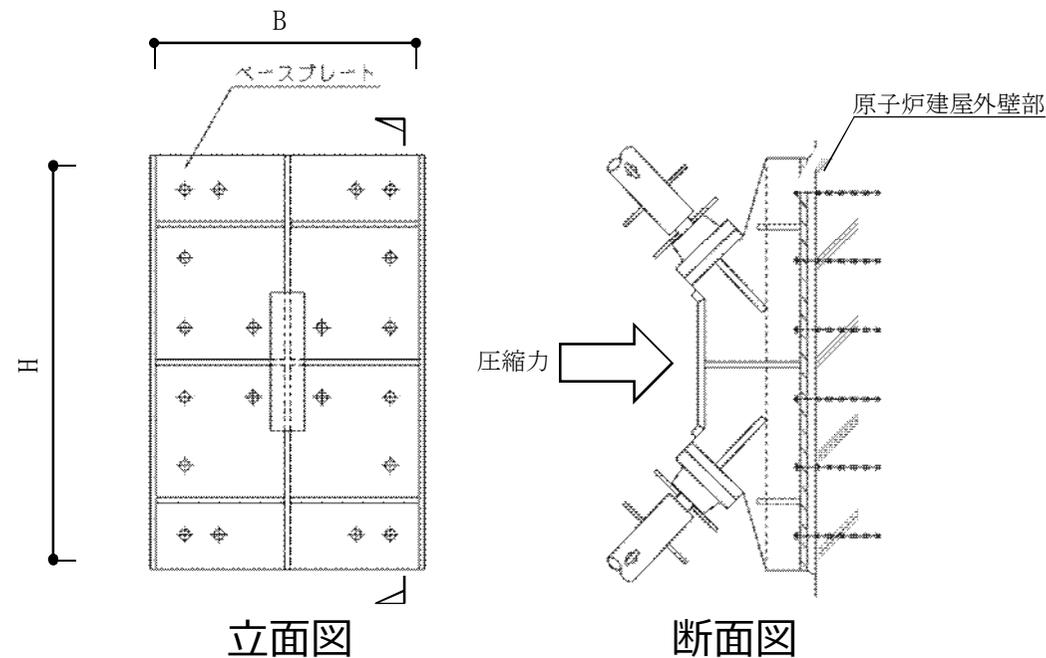


図5.2.3-2 ベースプレート標準図

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

■ ガレキ撤去時

表5.2.3-4及び表5.2.3-5に応力度比が最大となる部位の検討結果を示す。
 検討の結果、原子炉建屋外壁部の最大応力度比は1以下になることを確認した。

表5.2.3-4(1) 外壁部の検討結果（一般部，常時）

部位*1		荷重ケース (位置)*2	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力度比	判定
⑫	外壁	C (case1)	0.3	7.4	0.05	O.K.

表5.2.3-4(2) 外壁部の検討結果（燃料取扱設備支持部，常時）

部位*1		荷重ケース (位置)*2	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力度比	判定
⑬	外壁	C (- *3)	0.3	7.4	0.05	O.K.

*1：図5.2.2-2に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*3：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

表5.2.3-5(1) 外壁部の検討結果（一般部，地震時）

部位*1		荷重ケース (位置)*2	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力度比	判定
⑫	外壁	E4 (case1)	0.5	14.8	0.04	O.K.

表5.2.3-5(2) 外壁部の検討結果（燃料取扱設備支持部，地震時）

部位*1		荷重ケース (位置)*2	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力度比	判定
⑬	外壁	E2 (- *3)	0.3	14.8	0.03	O.K.

*1：図5.2.2-3に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*3：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

■ 燃料取り出し時

表5.2.3-6及び表5.2.3-7に応力度比が最大となる部位の検討結果を示す。

検討の結果，原子炉建屋外壁部の最大応力度比は1以下になることを確認した。

表5.2.3-6(1) 外壁部の検討結果（一般部，常時）

部位*1		荷重ケース (位置)*2	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力度比	判定
⑫	外壁	C (case3)	0.3	7.4	0.05	O.K.

表5.2.3-6(2) 外壁部の検討結果（燃料取扱設備支持部，常時）

部位*1		荷重ケース (位置)*2	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力度比	判定
⑬	外壁	C (case4)	0.5	7.4	0.07	O.K.

*1：図5.2.2-4に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.2.3 建屋取り合い部の構造強度に対する検討

表5.2.3-7(1) 外壁部の検討結果（一般部，地震時）

部位*1		荷重ケース (位置)*2	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力度比	判定
⑫	外壁	E2 (case3)	0.5	14.8	0.04	O.K.

表5.2.3-7(2) 外壁部の検討結果（燃料取扱設備支持部，地震時）

部位*1		荷重ケース (位置)*2	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力度比	判定
⑬	外壁	E2 (case4)	0.5	14.8	0.04	O.K.

*1：図5.2.2-5に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.2.4 屋根の構造強度に対する検討

■ 構造概要

屋根は、東西方向49.62m、南北方向65.56m、高さ13.65mである。構造形式はトラス構造で、構造種別は鉄骨造である。図5.2.4-1に屋根伏図、図5.2.4-2及び図5.2.4-3に断面図を示す。屋根は4つの架構に分かれており、それぞれの架構が可動する構造である。屋根と大型カバーは構造的に分離されている。

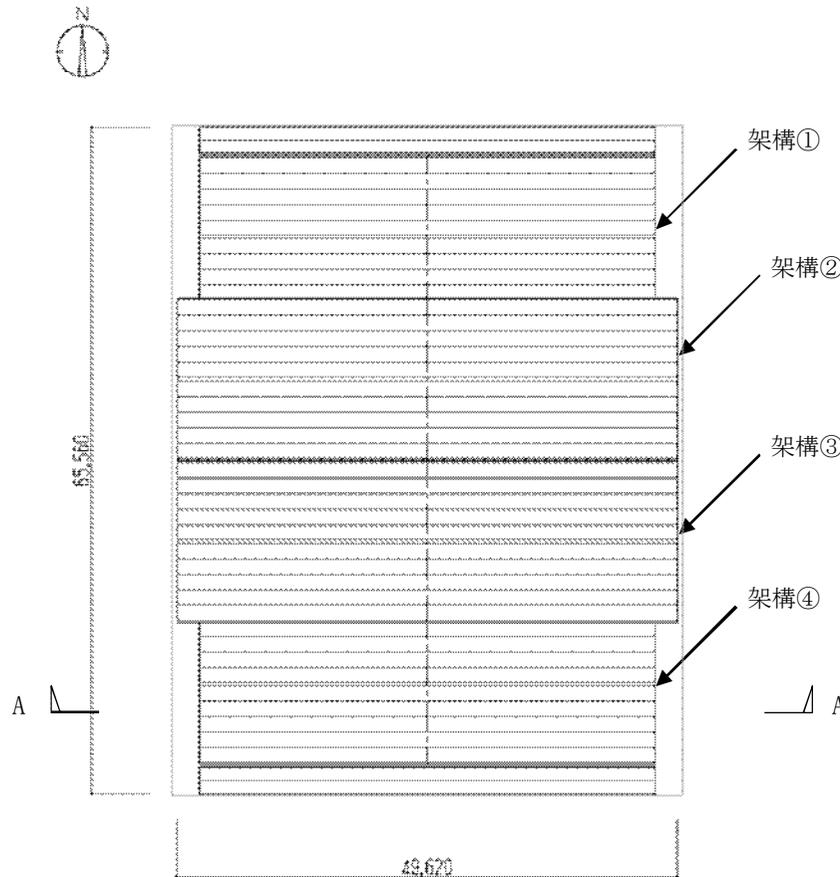


図5.2.4-1 屋根伏図 (単位 : mm)

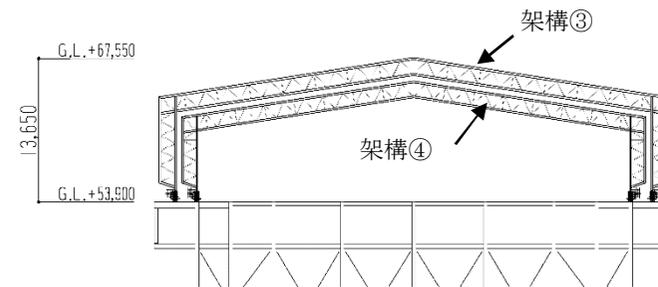


図5.2.4-2 A-A断面図 (単位 : mm)

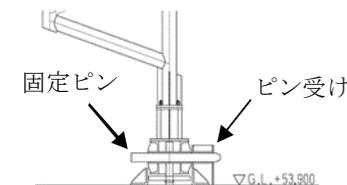


図5.2.4-3 柱脚断面図 (単位 : mm)

5.2.4 屋根の構造強度に対する検討

■ 解析モデル

屋根の解析モデルは、屋根を構成する主要な鉄骨部材からなる立体架構モデルとする。検討はスパン及びせいが大きく構造上の条件が厳しい架構③を対象とする。図5.2.4-4に屋根の解析モデルを示す。柱脚部は固定としている。

■ 設計用荷重

設計で考慮する荷重及び荷重組合せは表5.2.1-8に示す。また、地震荷重は表5.2.1-6及び表5.2.1-7に示したG.L.+53.9mでの水平震度から算定する。なお、屋根はガレキ撤去時及び燃料取り出し時で重量は変わらないため、両方の状態を包絡した燃料取り出し時の水平震度にて検討を行う。

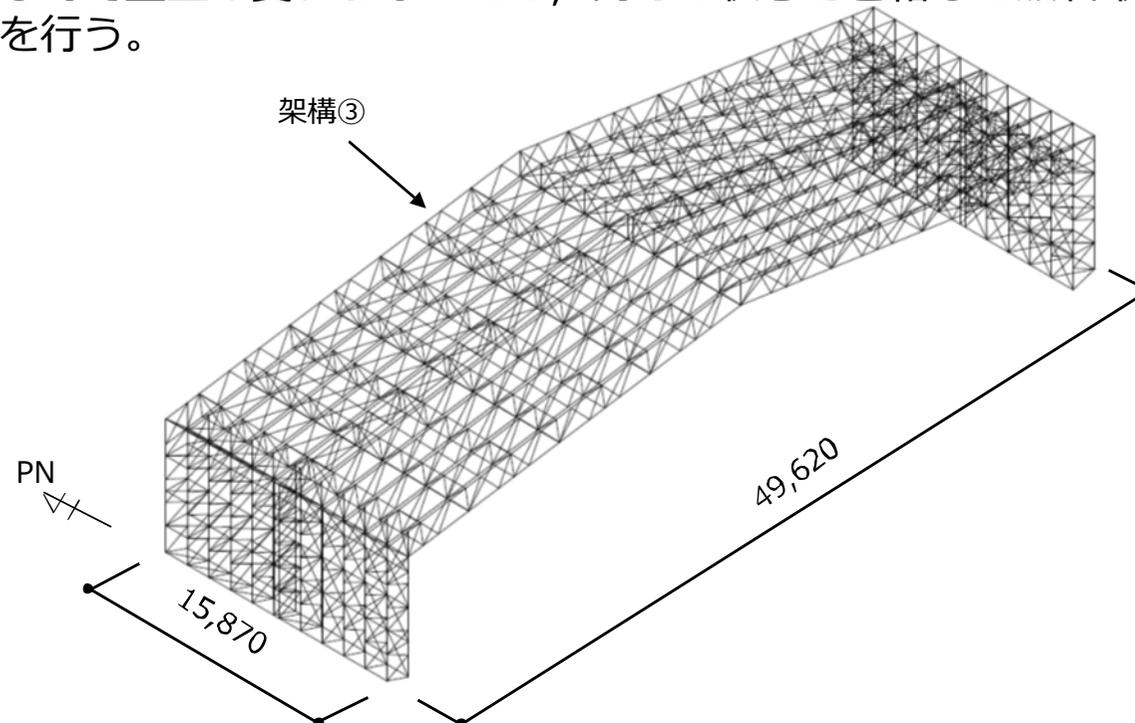


図5.2.4-4 屋根の解析モデル (単位 : mm)

5.2.4 屋根の構造強度に対する検討

■ 弦材, 斜材, ブレース

部材の応力度比は, 「鋼構造設計規準」に従い, 下記にて検討を行う。

- ・ 軸圧縮の場合

$$\frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1$$

- ・ 軸引張の場合

$$\frac{\sigma_t}{f_t} \leq 1$$

ここで,

σ_c : 圧縮応力度 (N/A) (N/mm²)

σ_t : 引張応力度 (T/A) (N/mm²)

N : 圧縮力(N), T : 引張力(N), A : 断面積(mm²)

f_c : 許容圧縮応力度(N/mm²)

f_t : 許容引張応力度(N/mm²)

5.2.4 屋根の構造強度に対する検討

■ ガレキ撤去時及び燃料取り出し時

表5.2.4-1に応力度比が最大となる部位の断面検討結果を示す。

断面検討の結果、全ての部材に対する応力度比が1以下になることを確認した。

表5.2.4-1(1) 断面検討結果（常時）

部位*1		部材形状 (mm)	荷重 ケース (位置)*2	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
①	弦材	P-216.3φ×7.0t <STKT590>	C (- *3)	σ_c	16.6	f_c	286.8	0.06	O.K.
②	斜材	P-76.3φ×2.8t <STK490>	C (- *3)	σ_c	26.9	f_c	155.7	0.18	O.K.
③	ブレース	1-M30 <SNR490B>	C (- *3)	σ_c	5.9	f_c	186.9	0.04	O.K.

*1：①～③の符号は図5.2.4-5の応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*3：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.4 屋根の構造強度に対する検討

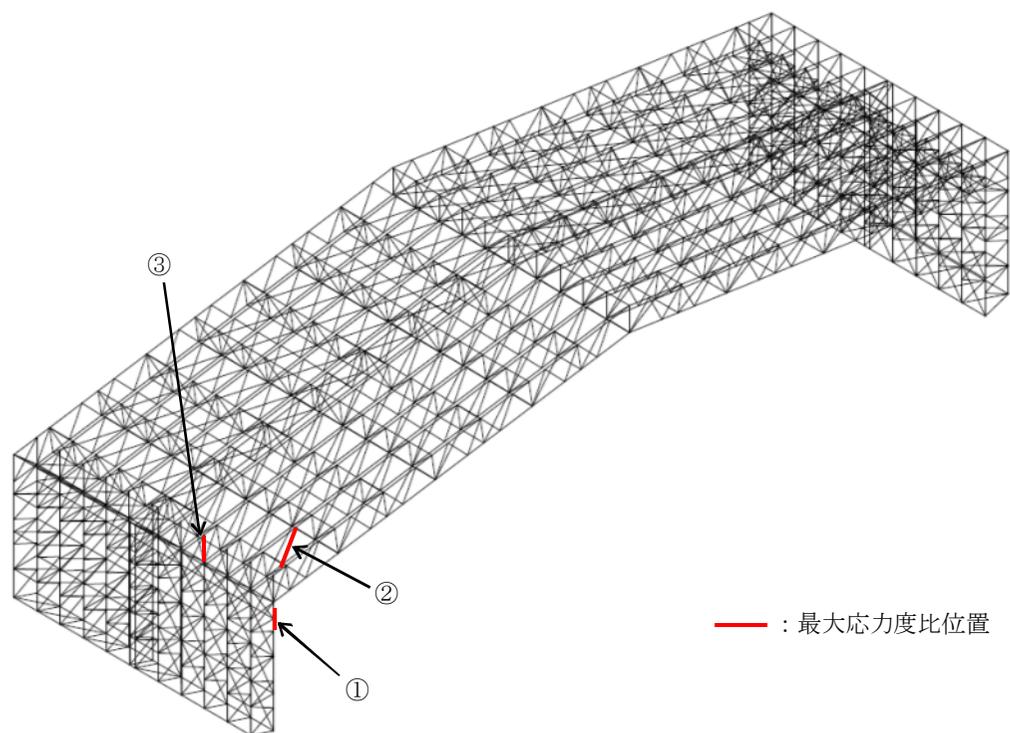


図5.2.4-5 最大応力度比位置図

5.2.4 屋根の構造強度に対する検討

■ ガレキ撤去時及び燃料取り出し時

表5.2.4-1に応力度比が最大となる部位の断面検討結果を示す。

断面検討の結果、全ての部材に対する応力度比が1以下になることを確認した。

表5.2.4-1(2) 断面検討結果（地震時）

部位*1		部材形状 (mm)	荷重 ケース (位置)*2	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
①	弦材	P-216.3φ×7.0t <STKT590>	E1, E2 (- *3)	σ_c	42.2	f_c	417.8	0.11	O.K.
②	斜材	P-89.1φ×3.2t <STK490>	E1, E2 (- *3)	σ_c	65.7	f_c	267.2	0.25	O.K.
③	ブレース	1-M30 <SNR490B>	E1, E2 (- *3)	σ_c	76.2	f_c	280.4	0.28	O.K.

*1：①～③の符号は図5.2.4-6の応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*3：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.2.4 屋根の構造強度に対する検討

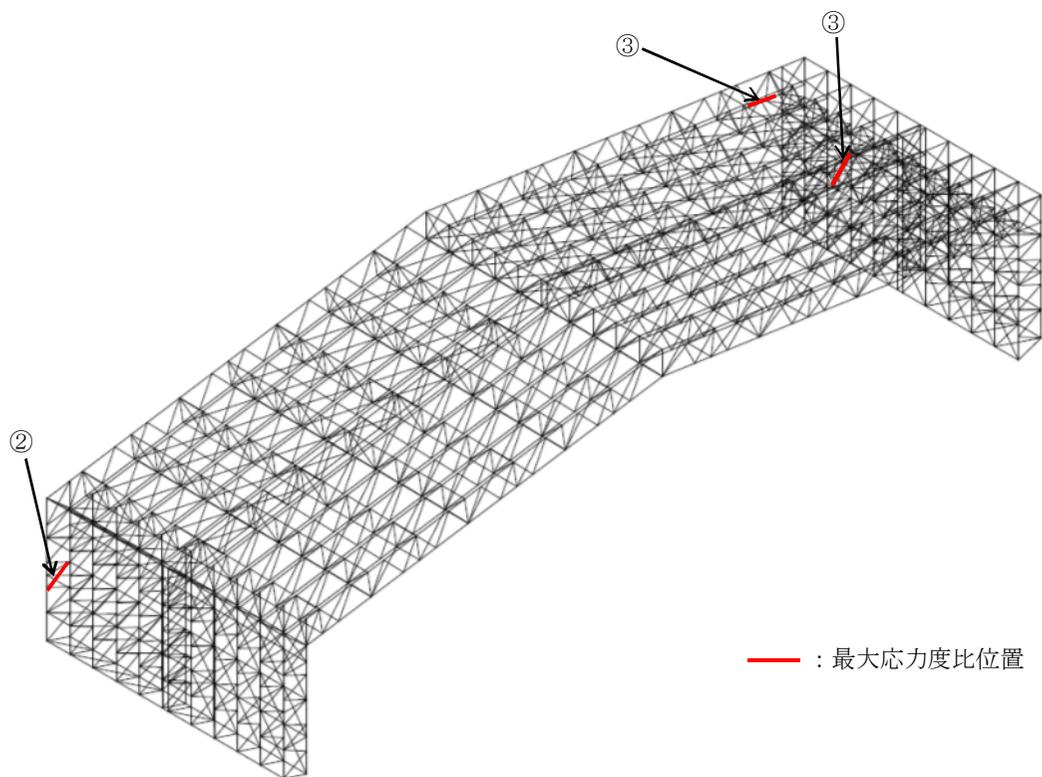


図5.2.4-6 最大応力度比位置図

5.2.5 外装材の構造強度に対する検討

■ 検討箇所

大型カバーの側面を覆う外装材は、折板を用いる。強度検討は、外装材に風圧力により生じる応力度が短期許容応力度以下であることを確認する。なお、短期事象においては、暴風時の影響が支配的であることから、積雪時及び地震時の検討は省略する。検討箇所を図5.2.5-1に示す。

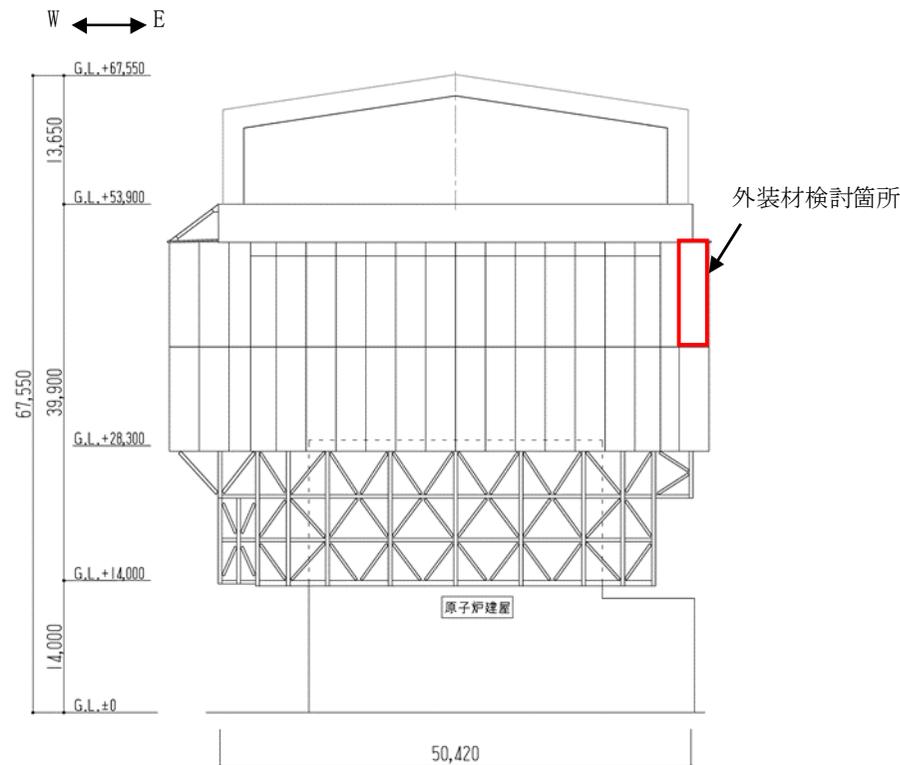


図5.2.5-1 外装材検討箇所 (単位 : mm)

5.2.5 外装材の構造強度に対する検討

■ 設計用荷重の算定

設計用風圧力は、建築基準法施行令第82条の4及び建設省告示第1458号に基づき、基準風速30m/s、地表面粗度区分Ⅱとして算定する。速度圧の算定結果を表5.2.5-1に、ピーク風力係数を表5.2.5-2に、風力係数の算定箇所を図5.2.5-2に示す。

表5.2.5-1 速度圧の算定結果

高さ*	平均風速の高さ方向の分布を表す係数	基準風速	平均速度圧
H (m)	E_r	V_0 (m/s)	q (N/m ²)
49.9	1.32	30	945

*：高さは外装材の最頂部の高さとした

5.2.5 外装材の構造強度に対する検討

表5.2.5-2 ピーク風力係数

高さ* H (m)	壁面		
	正圧	負圧(一般部)	負圧(隅角部)
49.9	2.43	-2.40	-3.00

* : 高さは外装材の最頂部の高さとした

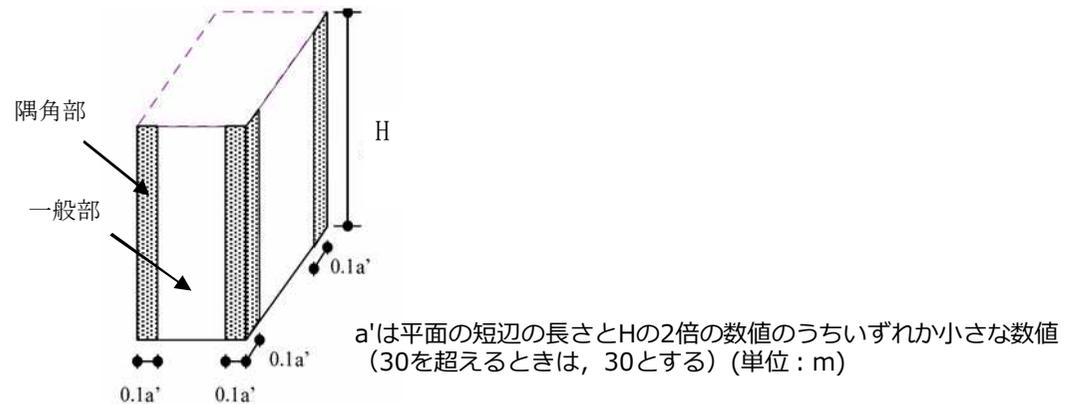


図5.2.5-2 風力係数の算定箇所のイメージ

5.2.5 外装材の構造強度に対する検討

■ 外装材の強度検討

設計用風圧力は検討は、応力が厳しくなる部位について行う。ここでは、折板の自重は考慮しないものとする。折板の間隔は0.6mで単純支持されているものと仮定する。

外装材の材料諸元を表5.2.5-3に示す。また、検討結果を表5.2.5-4に示す。

断面検討の結果、全ての外装材に対する応力度比が1以下になることを確認した。

表5.2.5-3 外装材の材料諸元

板厚	自重	正曲げ方向		負曲げ方向	
		断面2次 モーメント	断面係数	断面2次 モーメント	断面係数
t (mm)	G (N/m ²)	I _x (cm ⁴ /m)	Z _x (cm ³ /m)	I _x (cm ⁴ /m)	Z _x (cm ³ /m)
0.6	59	2.31	1.67	2.31	1.67

表5.2.5-4 応力度に対する検討結果

部位	作用応力度 (N/mm ²)	許容 応力度* (N/mm ²)	応力度比	判定
外装材	78	137	0.57	O.K.

*: 「JIS G 3321-2010」による

・ 応力度に対する検討

壁面

$$w = 945 \times (-3.00) = -2835 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$M = (1/8) \times w \times L^2 = (1/8) \times (-2835) \times 0.6^2 \times 10^{-3} = -0.13 \text{ (kNm/m)}$$

$$\sigma_b = M/Z = 0.13 \times 10^6 / (1.67 \times 10^3) = 78 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_b / f_b = 78 / 137 = 0.57 \leq 1.0 \quad \text{O.K.}$$

5.3.1 検討方針（耐震性）

- 耐震性の検討は、大型カバー、建屋取り合い部、屋根及び原子炉建屋の健全性について行い、基準地震動 S_s に対して、これらの応答性状を適切に表現できる地震応答解析を用いて評価する。
- 地震応答解析は水平方向及び鉛直方向を同時に入力する。

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 解析に用いる入力地震動

検討に用いる地震動は、「福島第一原子力発電所『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」（東京電力株式会社，平成20年3月31日）にて作成した解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s とする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図5.3.2-1に示す。モデルに入力する地震動は一次元波動論に基づき，解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価する。解放基盤表面位置（G.L.-206.0m（震災前O.P.-196.0m））における基準地震動 S_s -1， S_s -2及び S_s -3の加速度時刻歴波形を図5.3.2-2及び図5.3.2-3に示す。

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

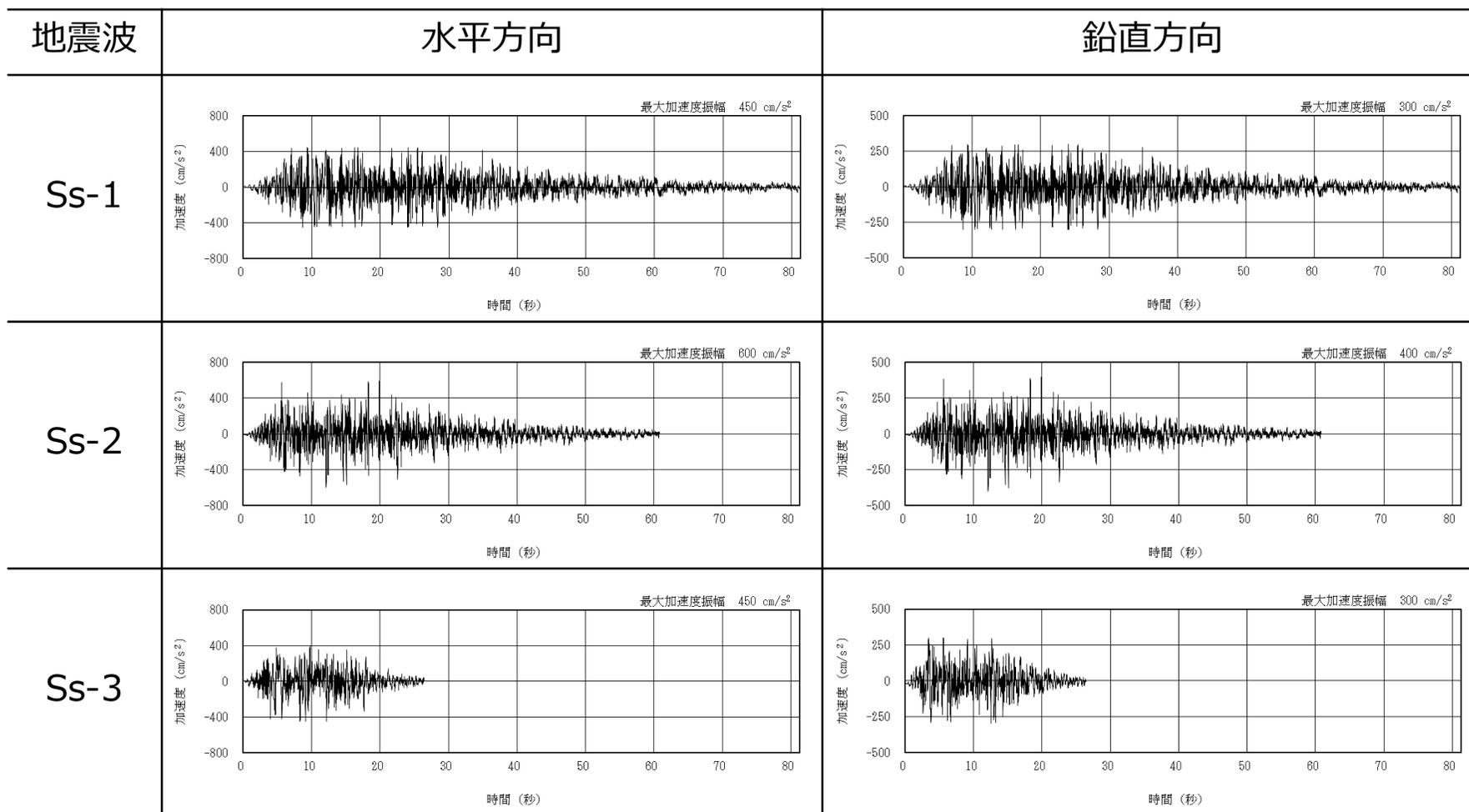


図 5.3.2-2,3 解放基盤表面における地震動の加速度時刻歴波形

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

- 地震応答解析モデルは、曲げ、せん断剛性及び軸剛性を考慮した原子炉建屋の質点系モデルの質点に、立体架構でモデル化した大型カバーを接続し、地盤との相互作用を考慮した建屋－地盤連成系モデルとする。なお、原子炉建屋の質点は炉心位置にモデル化する。解析モデルを図5.3.2-4に示す。
- 地震応答解析に用いる鉄骨の物性値を表5.3.2-1に示す。大型カバーの部材接合部の節点は機器荷重・仕上げ材等を考慮した重量とし、原子炉建屋の諸元は表5.3.2-2～表5.3.2-5に示す諸元とする。大型カバーの柱・梁・鋼板は弾性部材とし、大型カバーのブレースは「鉄骨X型ブレース架構の復元力特性に関する研究」（日本建築学会構造工学論文集37B号1991年3月）に示されている修正若林モデルによる。また、原子炉建屋の質点系モデルは、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。
- 大型カバーの地盤定数は、「福島第一原子力発電所『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」（東京電力株式会社、平成20年3月31日）と同様とし、その結果を表5.3.2-6に示す。
- 原子炉建屋の地盤ばねは、「JEAG4601-1991」に示されている手法を参考にして、底面地盤を成層補正し振動アドミタンス理論によりスウェイ及びロッキングばねを、側面地盤をNovakの方法により建屋側面ばねとして評価する。

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-1 地震応答解析に用いる物性値

材料	ヤング係数 E(N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ(kN/m ³)	減衰定数 h(%)	備考
鉄骨	2.05×10 ⁵	0.3	77.0	2	SS400, SN400B, SM490A, SN490B, STKN490B, TMCP325B, S45C

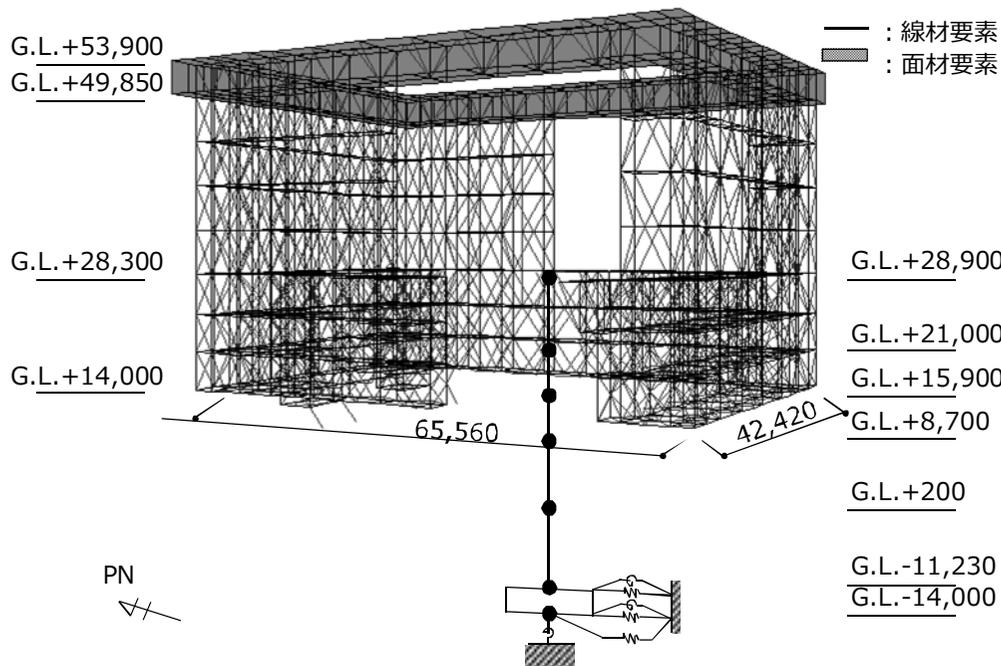


図5.3.2-4(1) 大型カバー（一般部）の解析モデル
（単位：mm）

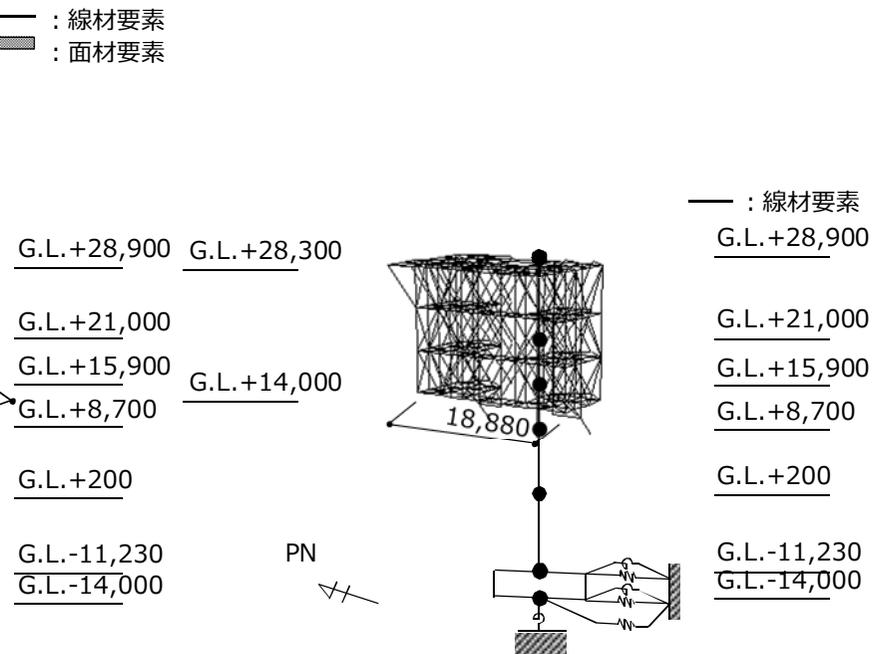


図5.3.2-4(2) 大型カバー（燃料取扱設備支持部）の解析モデル
（単位：mm）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-2(1) ガレキ撤去時の一般部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(a)水平 (NS) 方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	せん断断面積 A_s (m 2)	断面二次モーメント I (m 4)
+28.90	65430	94.13		
+21.00	75710	109.00	135.0	16012
+15.90	81370	117.08	160.8	21727
+8.70	87240	125.59	132.8	24274
+0.20	162800	234.31	155.6	36481
-11.23	185210	266.64	294.0	52858
-14.00	62400	89.83	1914.3	275530
合計	720160		ヤング係数 E_c 2.57 $\times 10^7$ (kN/m 2)	
			せん断弾性係数 G 1.07 $\times 10^7$ (kN/m 2)	
			ポアソン比 ν 0.20	
			減衰 h 5%	

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している (滞留している場合を含む) 建屋 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評価)」において用いた各階重量に燃料取扱設備支持部重量7040kNを考慮した数値 (ただし, 一般部の重量63770kN (屋根部を含む) は含まない)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-2(1) ガレキ撤去時の一般部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(b)水平 (EW) 方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	せん断断面積 A_s (m 2)	断面二次モーメント I (m 4)
+28.90	65430	53.88		
+21.00	75710	62.32	102.7	9702
+15.90	81370	66.97	163.9	13576
+8.70	87240	125.59	131.6	14559
+0.20	162800	234.31	197.8	36427
-11.23	185210	327.39	294.0	52858
-14.00	62400	110.32	1914.3	338428
合計	720160		ヤング係数 E_c 2.57 $\times 10^7$ (kN/m 2) せん断弾性係数 G 1.07 $\times 10^7$ (kN/m 2) ポアソン比 ν 0.20 減衰 h 5%	

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量に燃料取扱設備支持部重量7040kNを考慮した数値（ただし、一般部の重量63770kN（屋根部を含む）は含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-2(2) ガレキ撤去時の一般部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(c)鉛直方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	軸断面積 A _N (m ²)	軸ばね剛性 K _A (×10 ⁸ kN/m)
+28.90	65430		
+21.00	75710	151.1	4.92
+15.90	81370	205.0	10.33
+8.70	87240	221.7	7.91
+0.20	162800	301.0	9.10
-11.23	185210	495.7	11.15
-14.00	62400	1914.3	177.61
合計	720160	ヤング係数Ec	2.57×10 ⁷ (kN/m ²)
		せん断弾性係数G	1.07×10 ⁷ (kN/m ²)
		ポアソン比ν	0.20
		減衰h	5%

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量に燃料取扱設備支持部重量7040kNを考慮した数値（ただし、一般部の重量63770kN（屋根部を含む）は含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-3(1) ガレキ撤去時の燃料取扱設備支持部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(a)水平 (NS) 方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m ²)	せん断断面積 A_s (m ²)	断面二次モーメント I (m ⁴)
+28.90	109700	157.81		
+21.00	80370	115.71	135.0	16012
+15.90	88940	127.97	160.8	21727
+8.70	87470	125.92	132.8	24274
+0.20	162800	234.31	155.6	36481
-11.23	185210	266.64	294.0	52858
-14.00	62400	89.83	1914.3	275530
合計	776890		ヤング係数 E_c 2.57×10^7 (kN/m ²) せん断弾性係数 G 1.07×10^7 (kN/m ²) ポアソン比 ν 0.20 減衰 h 5%	

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量に大型カバー一般部の63770kN（屋根部を含む）を考慮した数値（ただし、燃料取扱設備支持部の重量7040kNは含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-3(1) ガレキ撤去時の燃料取扱設備支持部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(b)水平 (EW) 方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	せん断断面積 A_s (m 2)	断面二次モーメント I (m 4)
+28.90	109700	90.34		
+21.00	80370	66.16	102.7	9702
+15.90	88940	73.20	163.9	13576
+8.70	87470	125.92	131.6	14559
+0.20	162800	234.31	197.8	36427
-11.23	185210	327.39	294.0	52858
-14.00	62400	110.32	1914.3	338428
合計	776890		ヤング係数 E_c 2.57 $\times 10^7$ (kN/m 2) せん断弾性係数G 1.07 $\times 10^7$ (kN/m 2) ポアソン比 ν 0.20 減衰h 5%	

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量に大型カバー一般部の63770kN（屋根部を含む）を考慮した数値（ただし、燃料取扱設備支持部の重量7040kNは含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-3(2) ガレキ撤去時の燃料取扱設備支持部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(c)鉛直方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	軸断面積 A _N (m ²)	軸ばね剛性 K _A (×10 ⁸ kN/m)
+28.90	109700		
+21.00	80370	151.1	4.92
+15.90	88940	205.0	10.33
+8.70	87470	221.7	7.91
+0.20	162800	301.0	9.10
-11.23	185210	495.7	11.15
-14.00	62400	1914.3	177.61
合計	776890	ヤング係数E _c	2.57×10 ⁷ (kN/m ²)
		せん断弾性係数G	1.07×10 ⁷ (kN/m ²)
		ポアソン比ν	0.20
		減衰h	5%

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量に大型カバー一般部の重量63770kN（屋根部を含む）を考慮した数値（ただし、燃料取扱設備支持部の重量7040kNは含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-4(1) 燃料取り出し時の一般部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(a)水平 (NS) 方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	せん断断面積 A_s (m 2)	断面二次モーメント I (m 4)
+28.90	114100	164.14		
+21.00	75710	109.00	135.0	16012
+15.90	81360	117.07	160.8	21727
+8.70	87810	126.41	132.8	24274
+0.20	163140	234.80	155.6	36481
-11.23	185210	266.64	294.0	52858
-14.00	62400	89.83	1914.3	275530
合計	769730		ヤング係数 E_c 2.57×10^7 (kN/m 2) せん断弾性係数 G 1.07×10^7 (kN/m 2)	

ポアソン比 ν 0.20

減衰 h 5%

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量にガレキ撤去等による重量増減と燃料取扱設備支持部重量7930kNを考慮した数値（ただし、大型カバー一般部の重量62660kN（屋根部を含む）は含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-4(1) 燃料取り出し時の一般部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(b)水平 (EW) 方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	せん断断面積 A_s (m 2)	断面二次モーメント I (m 4)
+28.90	114100	93.95		
+21.00	75710	62.32	102.7	9702
+15.90	81360	66.96	163.9	13576
+8.70	87810	126.41	131.6	14559
+0.20	163140	234.80	197.8	36427
-11.23	185210	327.39	294.0	52858
-14.00	62400	110.32	1914.3	338428
合計	769730		ヤング係数 E_c 2.57 $\times 10^7$ (kN/m 2) せん断弾性係数 G 1.07 $\times 10^7$ (kN/m 2) ポアソン比 ν 0.20 減衰 h 5%	

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量にガレキ撤去等による重量増減と燃料取扱設備支持部重量7930kNを考慮した数値（ただし、大型カバー一般部の重量62660kN（屋根部を含む）は含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-4(2) 燃料取り出し時の一般部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(c)鉛直方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	軸断面積 A_N (m ²)	軸ばね剛性 K_A (×10 ⁸ kN/m)
+28.90	114100		
+21.00	75710	151.1	4.92
+15.90	81360	205.0	10.33
+8.70	87810	221.7	7.91
+0.20	163140	301.0	9.10
-11.23	185210	495.7	11.15
-14.00	62400	1914.3	177.61
合計	769730	ヤング係数 E_c	2.57×10 ⁷ (kN/m ²)
		せん断弾性係数 G	1.07×10 ⁷ (kN/m ²)
		ポアソン比 ν	0.20
		減衰 h	5%

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量にガレキ撤去等による重量増減と燃料取扱設備支持部重量7930kNを考慮した数値（ただし、大型カバー一般部の重量62660kN（屋根部を含む）は含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-5(1) 燃料取り出し時の燃料取扱設備支持部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(a)水平 (NS) 方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	せん断断面積 A_s (m 2)	断面二次モーメント I (m 4)
+28.90	156400	224.99		
+21.00	80370	115.71	135.0	16012
+15.90	88940	127.97	160.8	21727
+8.70	88000	126.68	132.8	24274
+0.20	163140	234.80	155.6	36481
-11.23	185210	266.64	294.0	52858
-14.00	62400	89.83	1914.3	275530
合計	824460		ヤング係数 E_c 2.57×10^7 (kN/m 2) せん断弾性係数 G 1.07×10^7 (kN/m 2) ポアソン比 ν 0.20 減衰 h 5%	

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量にガレキ撤去等による重量増減と大型カバー一般部の重量62660kN（屋根部を含む）を考慮した数値（ただし、燃料取扱設備支持部の重量7930kNは含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-5(1) 燃料取り出し時の燃料取扱設備支持部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(b)水平 (EW) 方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	せん断断面積 A_s (m 2)	断面二次モーメント I (m 4)
+28.90	156400	128.79		
+21.00	80370	66.16	102.7	9702
+15.90	88940	73.20	163.9	13576
+8.70	88000	126.68	131.6	14559
+0.20	163140	234.80	197.8	36427
-11.23	185210	327.39	294.0	52858
-14.00	62400	110.32	1914.3	338428
合計	824460		ヤング係数 E_c 2.57×10^7 (kN/m 2) せん断弾性係数 G 1.07×10^7 (kN/m 2) ポアソン比 ν 0.20 減衰 h 5%	

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量にガレキ撤去等による重量増減と大型カバー一般部の重量62660kN（屋根部を含む）を考慮した数値（ただし、燃料取扱設備支持部の重量7930kNは含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-5(2) 燃料取り出し時の燃料取扱設備支持部の地震応答解析モデルのうち原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元
(c)鉛直方向

G.L.(m)	質点重量* W (kN)	軸断面積 A_N (m ²)	軸ばね剛性 K_A (×10 ⁸ kN/m)
+28.90	156400		
+21.00	80370	151.1	4.92
+15.90	88940	205.0	10.33
+8.70	88000	221.7	7.91
+0.20	163140	301.0	9.10
-11.23	185210	495.7	11.15
-14.00	62400	1914.3	177.61
合計	824460	ヤング係数 E_c	2.57×10 ⁷ (kN/m ²)
		せん断弾性係数 G	1.07×10 ⁷ (kN/m ²)
		ポアソン比 ν	0.20
		減衰 h	5%

* : 「II.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」において用いた各階重量にガレキ撤去等による重量増減と大型カバー一般部の重量62660kN（屋根部を含む）を考慮した数値（ただし、燃料取扱設備支持部の重量7930kNは含まない）

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-6 地盤定数の設定結果
(a)Ss-1

G.L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位 体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
0.0	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-8.1	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-20.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-90.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-118.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-206.0		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-6 地盤定数の設定結果
(b)Ss-2

G.L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位 体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
0.0	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-8.1	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-20.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-90.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-118.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
-206.0		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

表5.3.2-6 地盤定数の設定結果
(c)Ss-3

G.L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位 体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
0.0	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-8.1	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-20.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-90.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-118.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-206.0		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時の地震応答解析結果

ガレキ撤去時の一般部の最大応答加速度分布を図5.3.2-5に、燃料取扱設備支持部の最大応答加速度分布を図5.3.2-6に示す。なお、ガレキ撤去用天井クレーン位置はcase1とする。

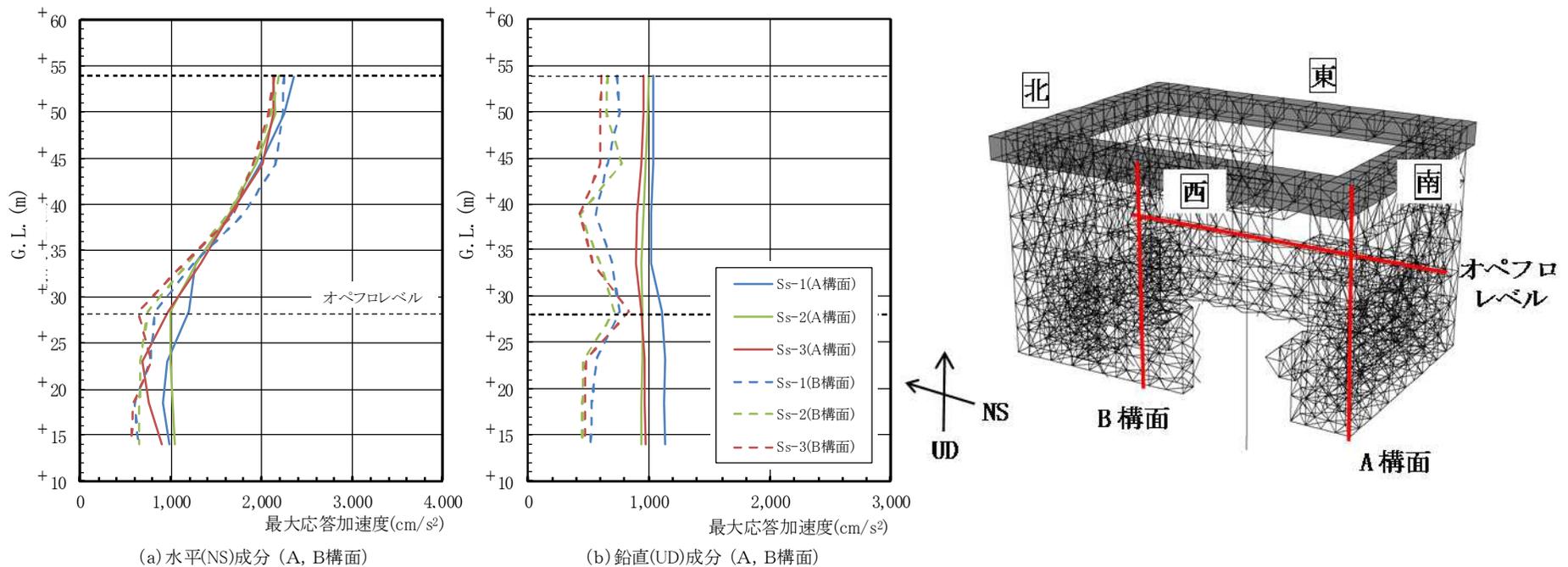


図5.3.2-5(1) NS・UD方向 最大応答加速度分布(一般部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時の地震応答解析結果

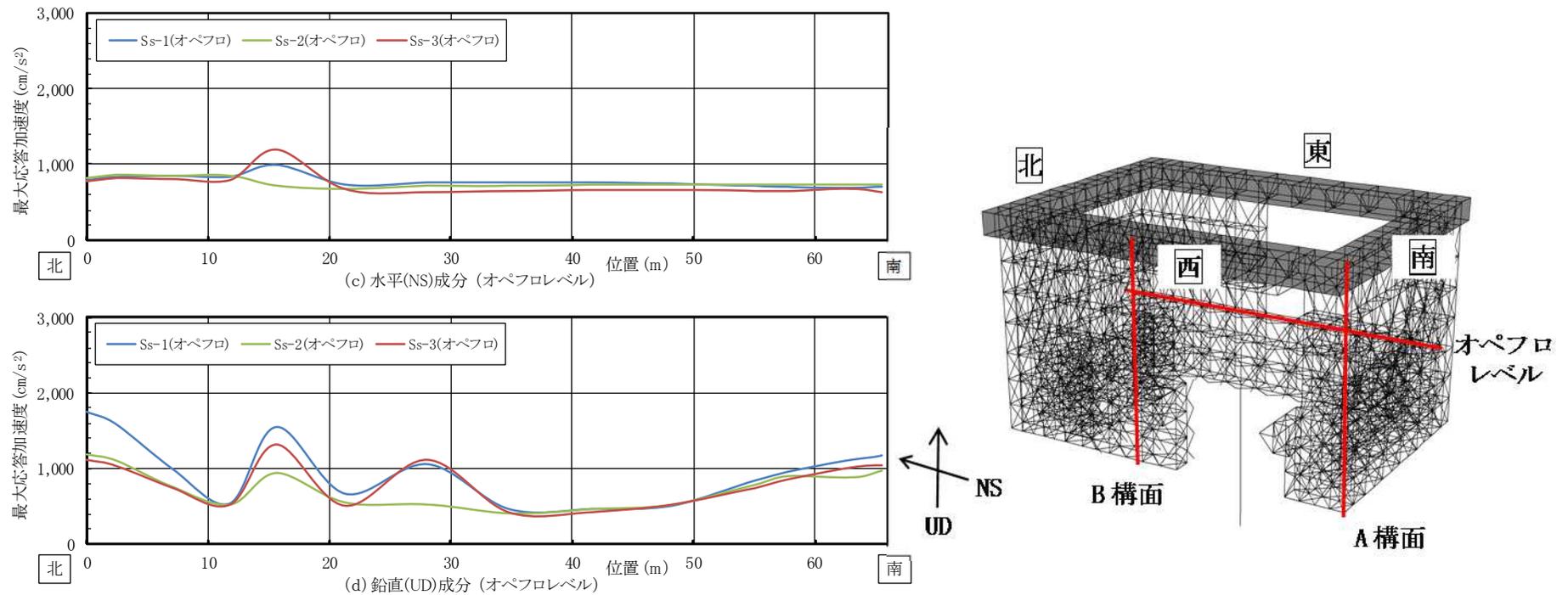


図5.3.2-5(1) NS・UD方向 最大応答加速度分布(一般部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時の地震応答解析結果

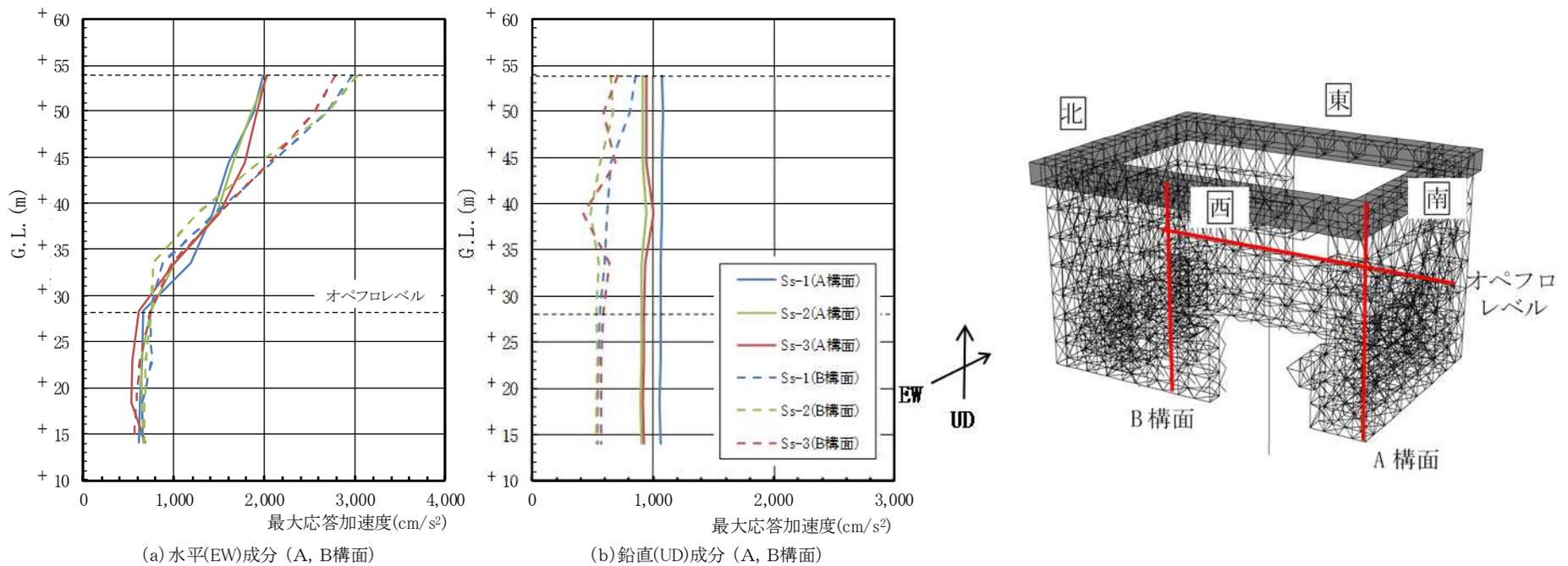


図5.3.2-5(2) EW・UD方向 最大応答加速度分布(一般部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時の地震応答解析結果

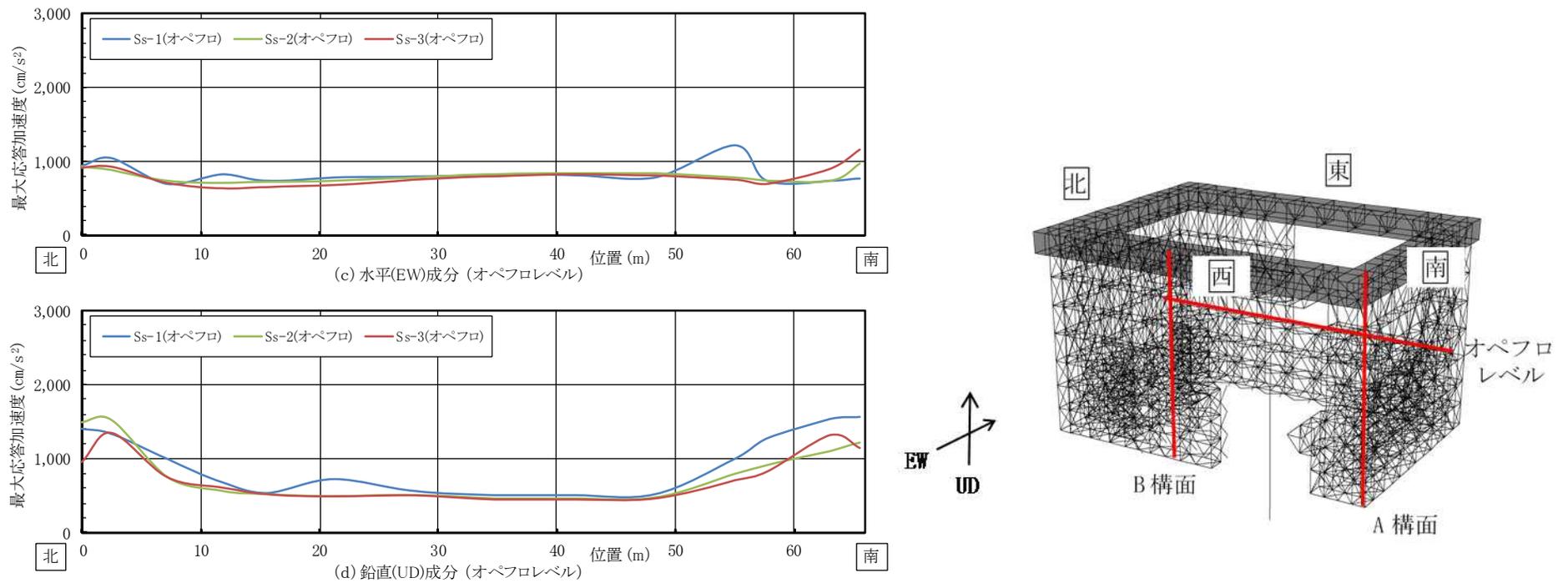


図5.3.2-5(2) EW・UD方向 最大応答加速度分布(一般部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時の地震応答解析結果

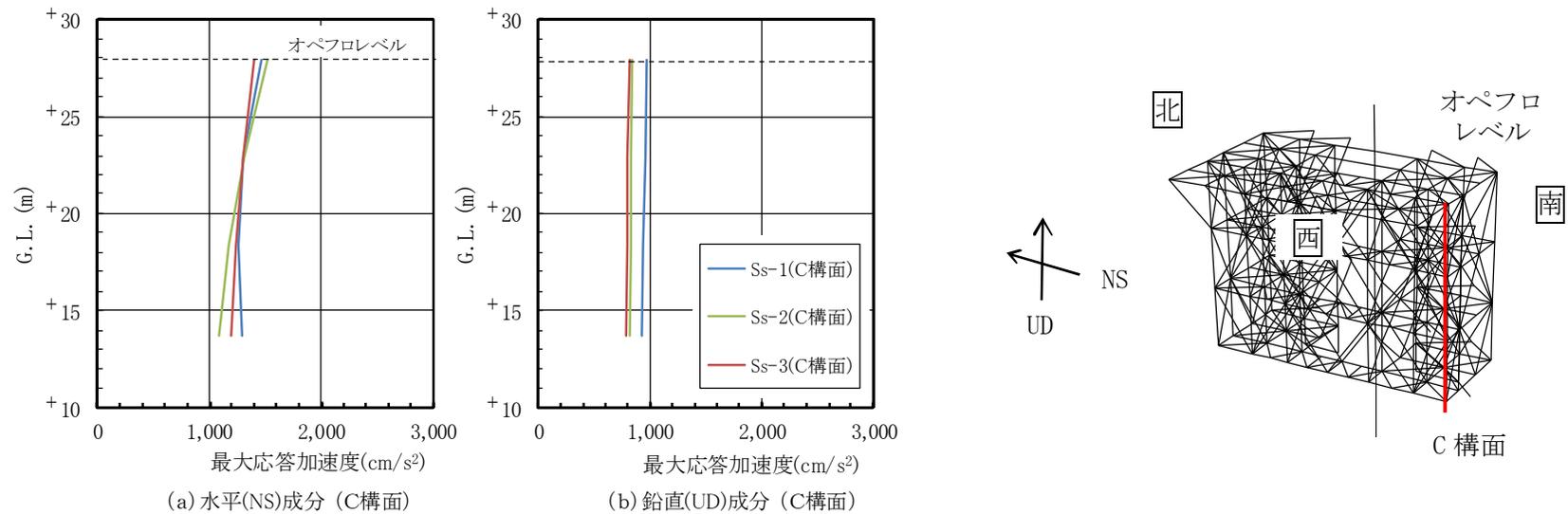


図5.3.2-6(1) NS・UD方向 最大応答加速度分布(燃料取扱設備支持部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時の地震応答解析結果

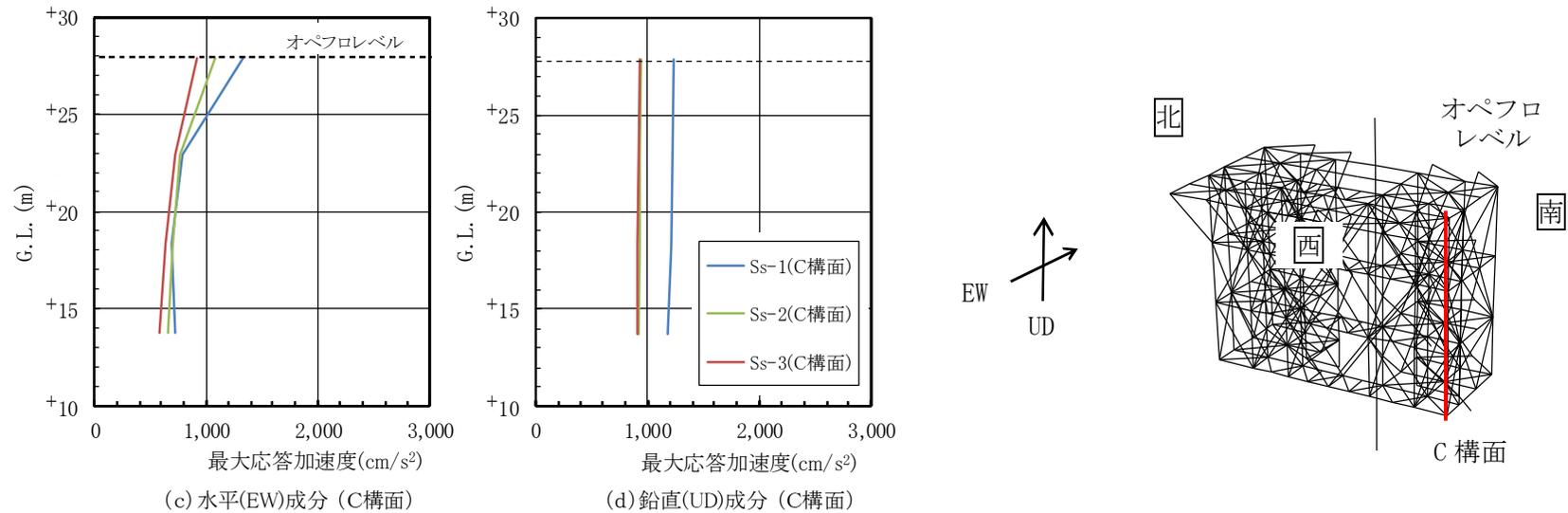


図5.3.2-6(2) EW・UD方向 最大応答加速度分布(燃料取扱設備支持部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時の地震応答解析結果

燃料取り出し時の一般部の最大応答加速度分布を図5.3.2-7に、燃料取扱設備支持部最大応答加速度分布を図5.3.2-8に示す。なお、一般部の場合、燃料取扱設備位置はcase3、燃料取扱設備支持部の場合、燃料取扱設備位置はcase4とする。

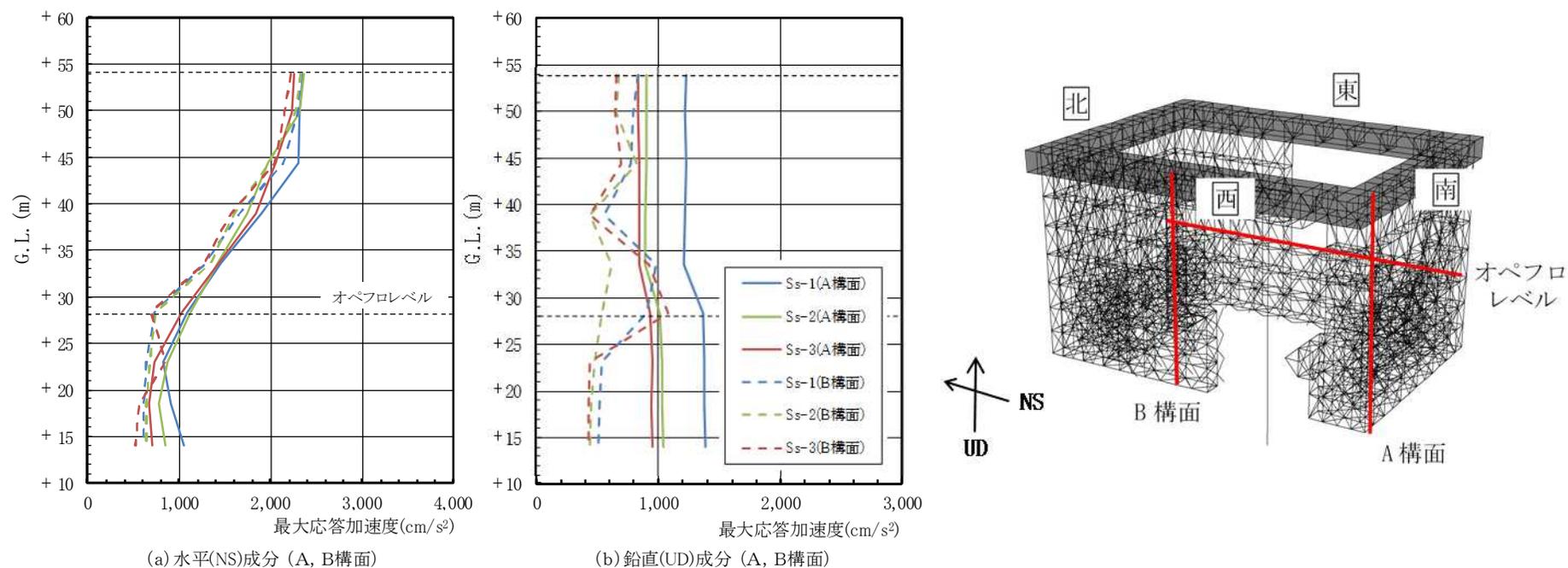


図5.3.2-7(1) NS・UD方向 最大応答加速度分布(一般部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時の地震応答解析結果

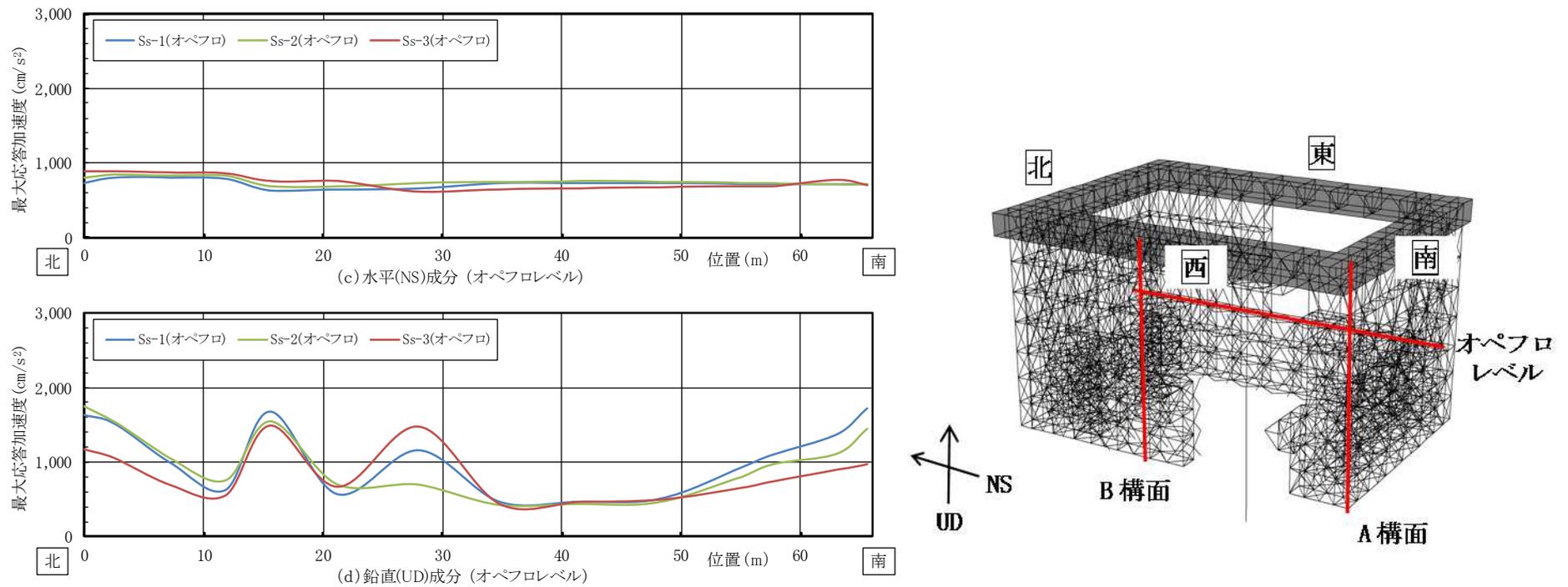


図5.3.2-7(1) NS・UD方向 最大応答加速度分布(一般部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時の地震応答解析結果

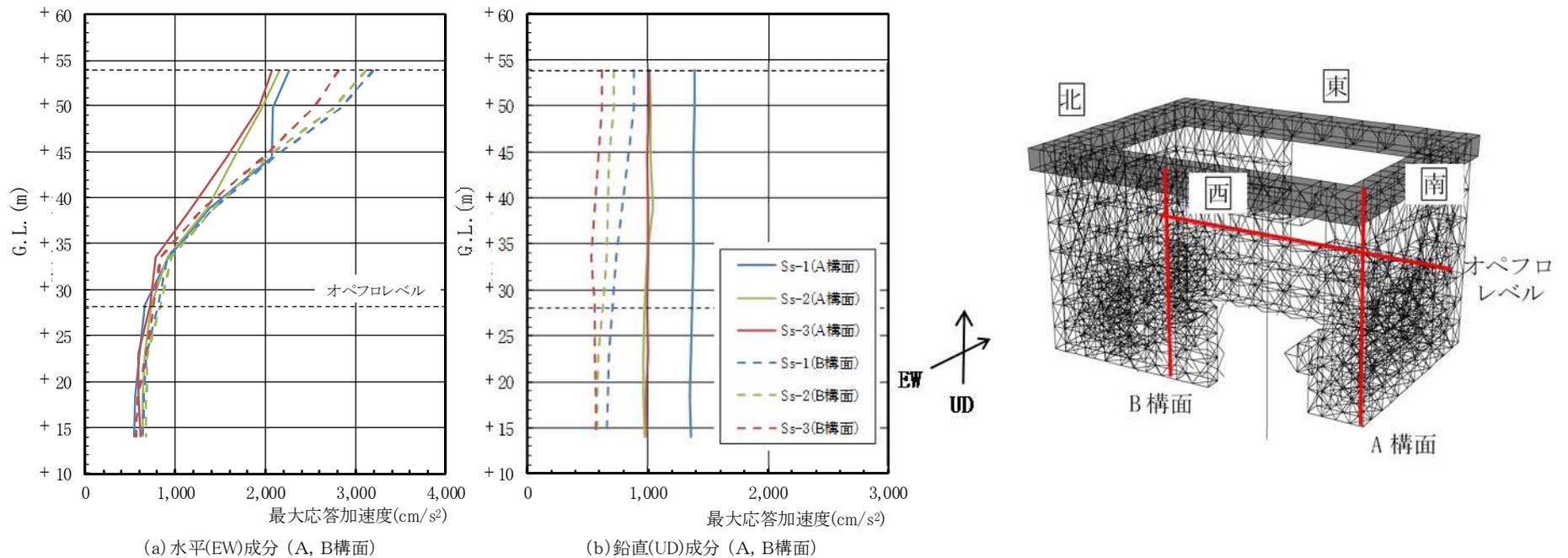


図5.3.2-7(2) EW・UD方向 最大応答加速度分布(一般部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時の地震応答解析結果

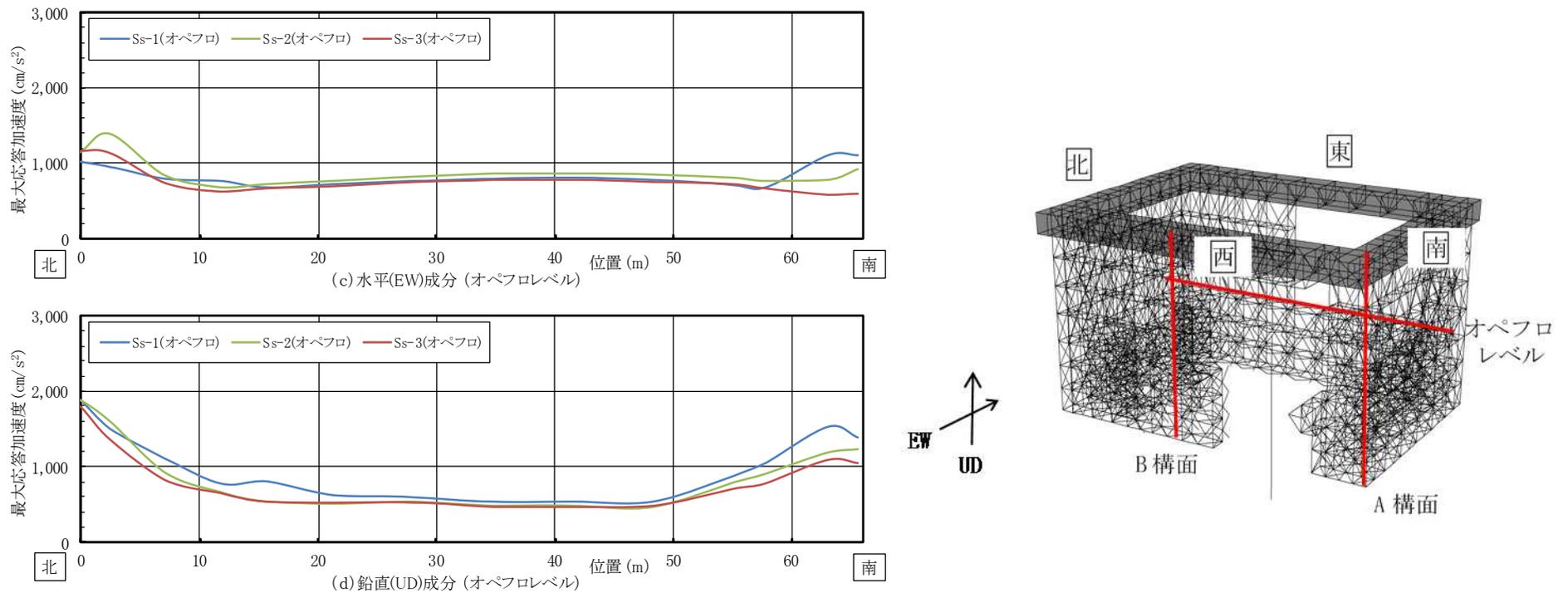


図5.3.2-7(2) EW・UD方向 最大応答加速度分布(一般部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時の地震応答解析結果

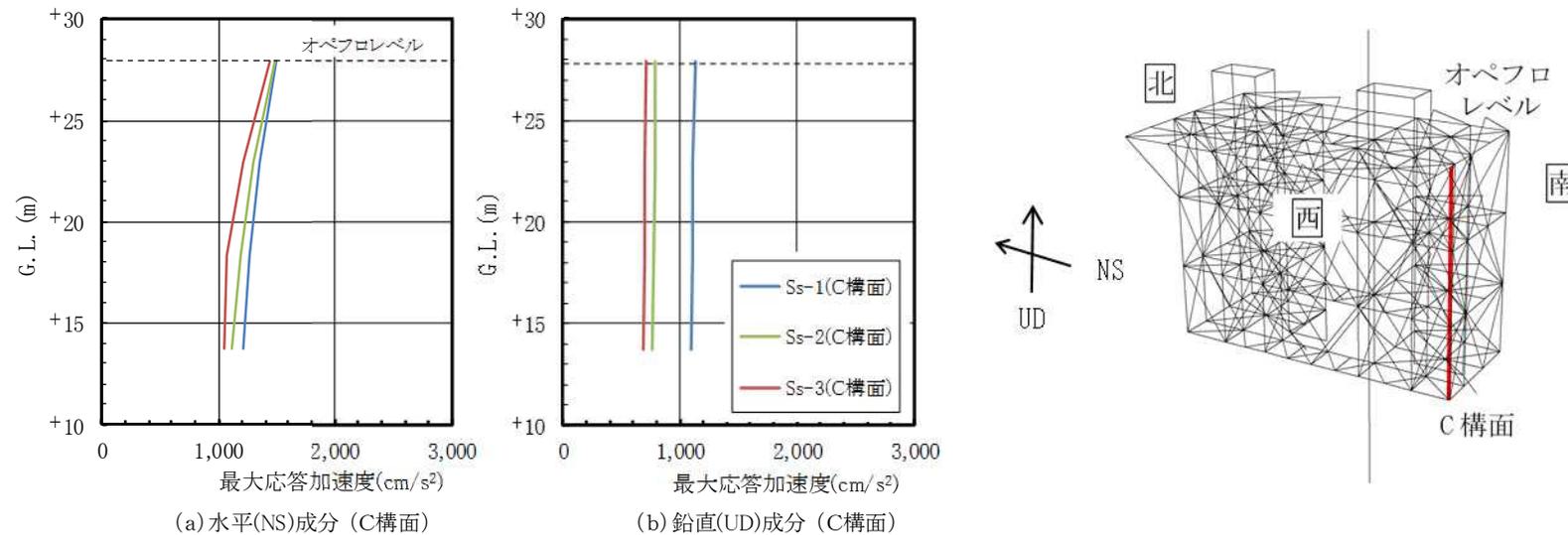


図5.3.2-8(1) NS・UD方向 最大応答加速度分布(燃料取扱設備支持部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時の地震応答解析結果

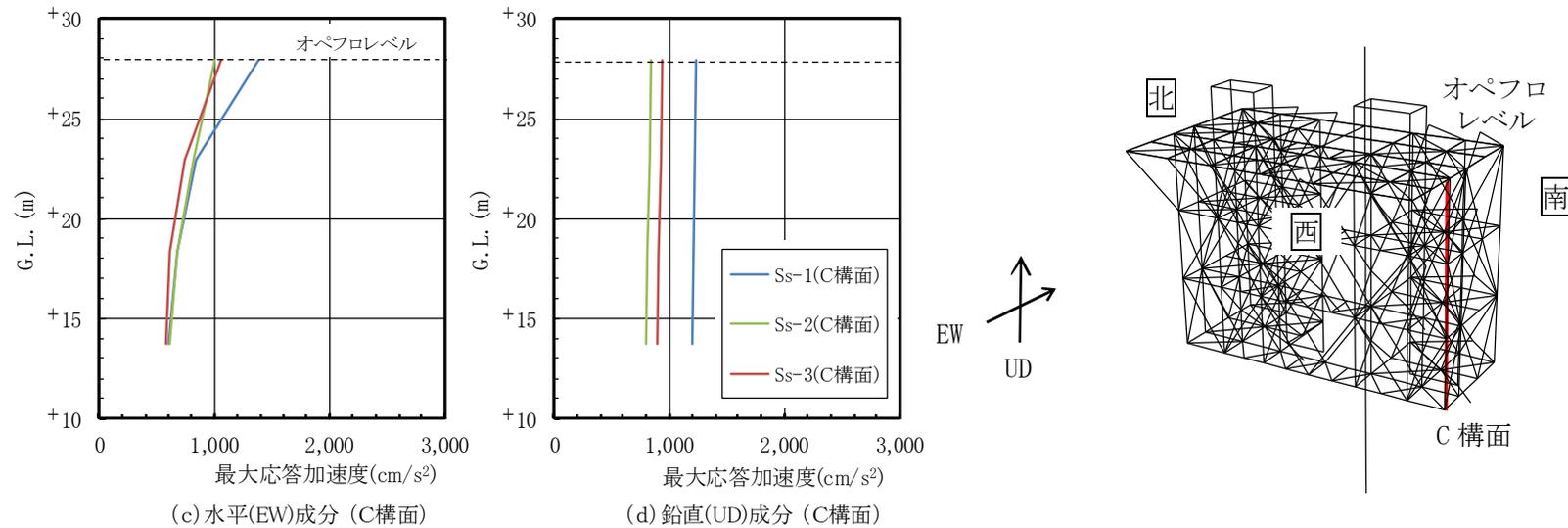


図5.3.2-8(2) EW・UD方向 最大応答加速度分布(燃料取扱設備支持部)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

- 地震応答解析結果が、JSCA性能設計説明書2017年版（社団法人日本建築構造技術者協会，2018年）を参考に定めたクライテリア（「層間変形角は1/75以下，層の塑性率は4以下，部材の塑性率は5以下」*を満足することを確認する。なお，大型カバーは立体架構による検討のため，JSCA性能メニューのうち層の塑性率の評価を省略する。
- また，主要架構（柱，梁）の解析結果が「時刻歴応答解析建築物性能評価業務方法書」（財団法人日本建築センター，平成19年7月20日）に示されるクライテリア（層間変形角は1/100以下，層の塑性率は2以下，部材の塑性率は4以下）を超える場合には水平変形に伴う鉛直荷重の付加的影響を考慮した解析を実施し，安全性を確認する。

*：北村春幸，宮内洋二，浦本弥樹「性能設計における耐震性能判断基準値に関する研究」，日本建築学会構造系論文集，第604号，2006年6月

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時の層間変形角

最大応答層間変形角を表5.3.2-7に示す。

検討の結果、最大応答層間変形角は1/75以下となりクライテリアを満足することを確認した。

表5.3.2-7(1) 一般部の最大応答層間変形角の検討結果

検討箇所	地震波 (位置)*1	入力方向	応答値	クライテリア	判定
南北側 G.L.+53.9(m) ~G.L.+28.3(m) h =25.6(m)	Ss-1	NS	1/111	1/75	O.K.
	Ss-2	NS	1/263	1/75	O.K.
	Ss-3	NS	1/123	1/75	O.K.
東西側 G.L.+53.9(m) ~G.L.+28.3(m) h =25.6(m)	Ss-1	EW	1/121	1/75	O.K.
	Ss-2	EW	1/339	1/75	O.K.
	Ss-3	EW	1/132	1/75	O.K.

*1：特記なき限りcase1であり、図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

表5.3.2-7(2) 燃料取扱設備支持部の最大応答層間変形角の検討結果

検討箇所	地震波 (位置)*1	入力方向	応答値	クライテリア	判定
西側 G.L.+ 28.3(m) ~G.L.+14.0(m) h =14.3(m)	Ss-1	EW	1/632	1/75	O.K.
	Ss-2	EW	1/707	1/75	O.K.
	Ss-3	EW	1/700	1/75	O.K.

*1：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時の層間変形角

最大応答層間変形角を表5.3.2-8に示す。

検討の結果、最大応答層間変形角は1/75以下となりクライテリアを満足することを確認した。

表5.3.2-8(1) 一般部の最大応答層間変形角の検討結果

検討箇所	地震波 (位置)*1	入力方向	応答値	クライテリア	判定
南北側 G.L.+53.9(m) ~G.L.+28.3(m) h=25.6(m)	Ss-1	NS	1/107	1/75	O.K.
	Ss-2	NS	1/238	1/75	O.K.
	Ss-3	NS	1/115	1/75	O.K.
東西側 G.L.+53.9(m) ~G.L.+28.3(m) h=25.6(m)	Ss-1	EW	1/119	1/75	O.K.
	Ss-2	EW	1/309	1/75	O.K.
	Ss-3	EW	1/128	1/75	O.K.

*1：特記なき限りcase3であり、図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

表5.3.2-8(2) 燃料取扱設備支持部の最大応答層間変形角の検討結果

検討箇所	地震波 (位置)*1	入力方向	応答値	クライテリア	判定
西側 G.L.+28.3(m) ~G.L.+14.0(m) h=14.3(m)	Ss-1	EW	1/406	1/75	O.K.
	Ss-2	EW	1/415	1/75	O.K.
	Ss-3	EW	1/455	1/75	O.K.

*1：特記なき限りcase4であり、図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

- 部材の応答結果が塑性化する箇所があるため、断面検討結果は応力度比または塑性率で示す。
- 部材の応力度比は、軸力と各許容応力度との比で表される。部材の塑性率は、引張及び圧縮に対して最大軸力時のひずみを引張耐力又は座屈耐力時のひずみで除した値で表される。表5.3.2-9及び5.3.2-10に断面検討結果を示す。なお、各許容応力度、引張耐力及び座屈耐力算定時の材料強度は「平成12年建設省告示第2464号」に定められた基準強度F値の1.1倍を用いる。

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時の断面検討

表5.3.2-9に応力度比が最大となる部位の断面検討結果を示す。断面検討の結果、全ての部材の応力度比が1以下又は、塑性率が5以下になることを確認した。

表5.3.2-9(1) 断面検討結果（一般部，Ss地震時，応力度比）

部位*1		部材形状 (mm) <使用材料*2>	地震波 (位置)*3	入力 方向	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
①	柱	H-428×407×20×35	Ss-1	+NS-UD	σ_c	335.5	f_c	344.0	0.98	O.K.
②	梁	H-588×300×12×20	Ss-1	+NS-UD	σ_c	291.6	f_c	321.6	0.91	O.K.
③	ブレース	ϕ -355.6×7.9	Ss-1	+NS-UD	σ_c	299.0	f_c	337.2	0.89	O.K.
④	鋼板	PL-16 <SN400B>	Ss-1	+EW-UD	σ_x	89.5	f_t	258.0	0.90	O.K.
					σ_y	32.4				
					τ_{xy}	125.9				

表5.3.2-9(2) 断面検討結果（一般部，Ss地震時，塑性率）

部位*1		部材形状 (mm) <使用材料*2>	地震波 (位置)*3	入力 方向	塑性率	判定
⑤	水平ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91)	Ss-1	+EW-UD	4.51	O.K.
⑥	鉛直ブレース	ϕ -267.4×6.6	Ss-1	-NS+UD	4.34	O.K.

*1：①～⑩の符号は図 5.3.2-9の応力検討箇所を示す

*2：特記なき限り，各部材の使用材料は，鋼管：STKN490B，その他はSN490B

*3：特記なき限りcase1であり，図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*4：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

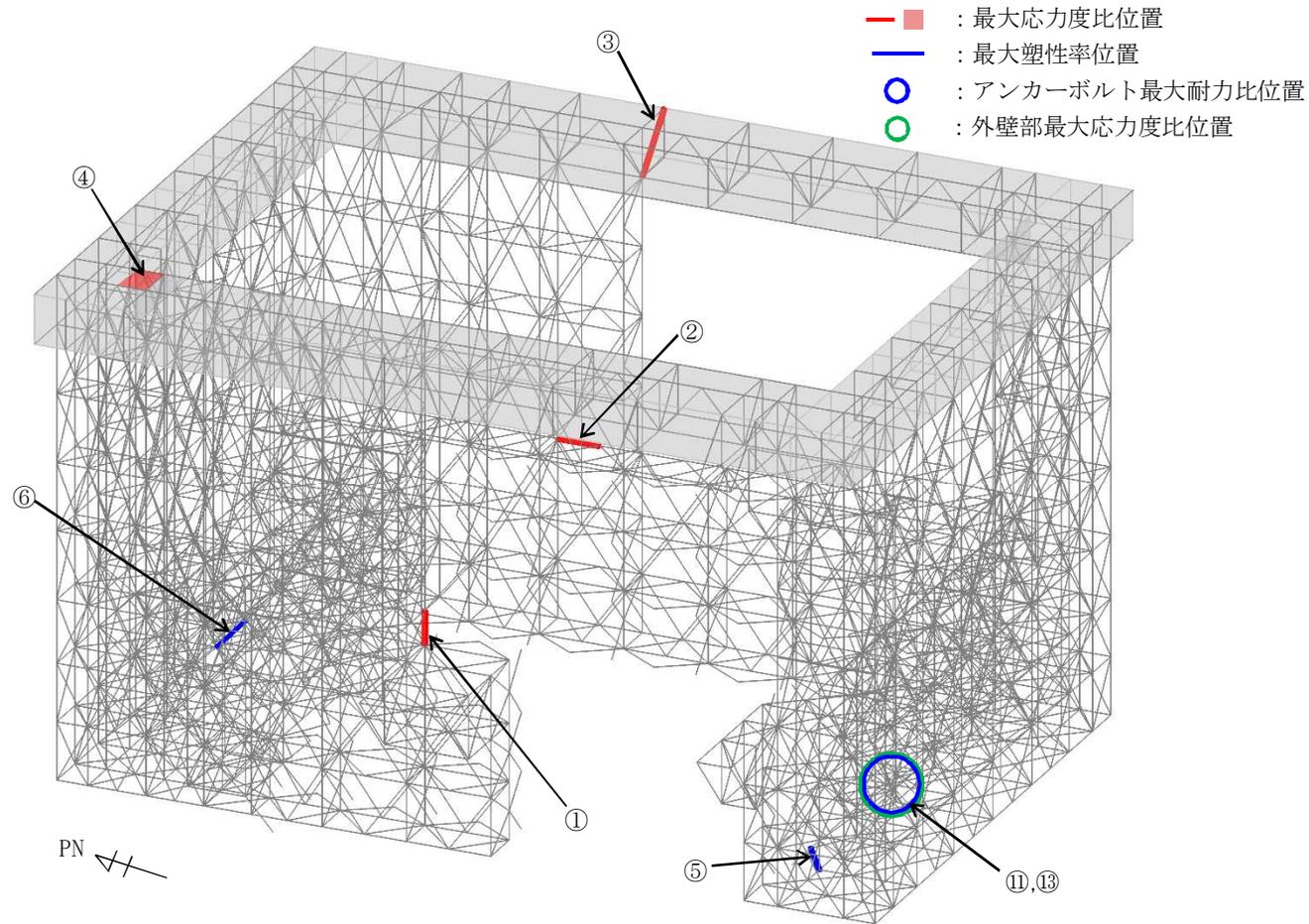


図5.3.2-9(1) 最大応力度比位置図(一般部, Ss地震時)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時の断面検討

表5.3.2-9(3) 断面検討結果（燃料取扱設備支持部，Ss地震時，応力度比）

部位*1		部材形状 (mm) <使用材料*2>	地震波 (位置)*3	入力 方向	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
⑦	柱	H-400×400×13×21	Ss-1 (- *4)	-EW-UD	σ_c	58.0	f_c	326.1	0.18	O.K.
⑧	梁	H-800×300×14×26	Ss-1 (- *4)	-EW-UD	σ_c	93.3	f_c	318.5	0.30	O.K.
⑨	水平 ブレース	十字PL (PL-28×10 +2PL-28×91)	Ss-1 (- *4)	-NS-UD	σ_t	219.2	f_t	357.5	0.62	O.K.
⑩	鉛直 ブレース	ϕ -355.6×7.9	Ss-1 (- *4)	-NS-UD	σ_c	185.5	f_c	349.6	0.54	O.K.

*1：①～⑩の符号は図 5.3.2-9の応力検討箇所を示す

*2：特記なき限り，各部材の使用材料は，鋼管：STKN490B，その他はSN490B

*3：特記なき限りcase1であり，図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*4：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

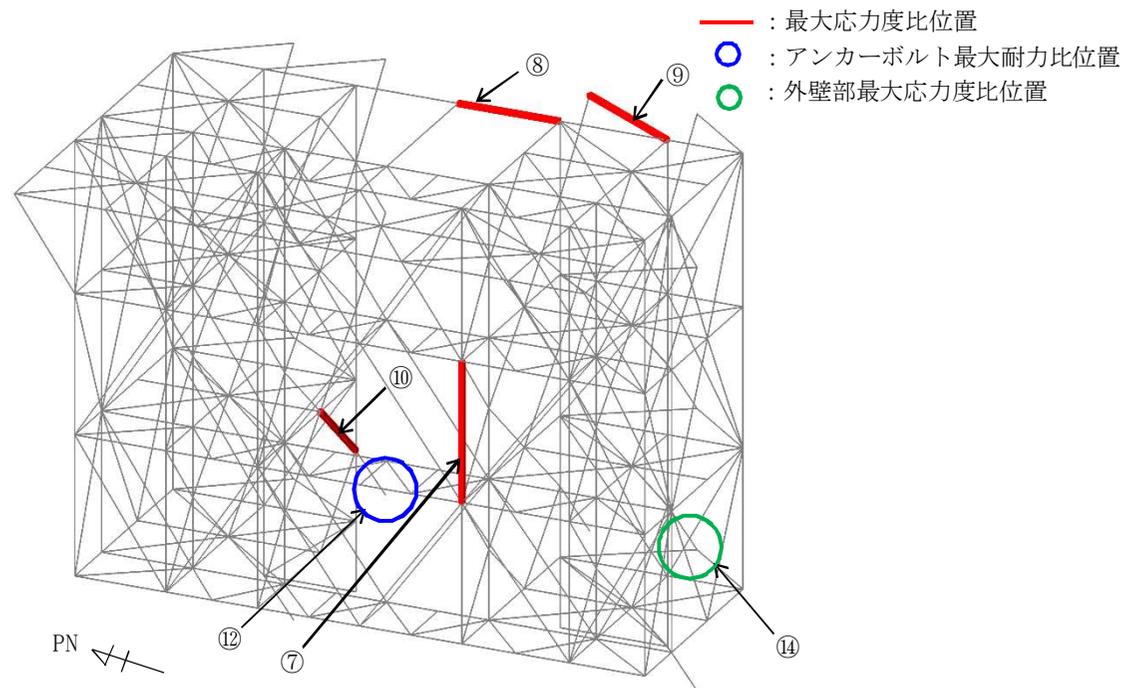


図5.3.2-9(2) 最大応力度比位置図(燃料取扱設備支持部, Ss地震時)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時の断面検討

表5.3.2-10に応力度比が最大となる部位の断面検討結果を示す。断面検討の結果、全ての部材の応力度比が1以下又は、塑性率が5以下になることを確認した。

表5.3.2-10(1) 断面検討結果（一般部，Ss地震時，応力度比）

部位*1		部材形状 (mm) <使用材料*2>	地震波 (位置)*3	入力 方向	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
①	柱	H-400×400×13×21	Ss-1	-NS+UD	σ_c	329.5	f_c	345.1	0.96	O.K.
②	梁	H-588×300×12×20	Ss-1	+EW-UD	σ_c	314.3	f_c	344.9	0.92	O.K.
③	ブレース	ϕ -355.6×9.5	Ss-1	-NS-UD	σ_c	318.5	f_c	343.2	0.93	O.K.
④	鋼板	PL-16 <SN400B>	Ss-1	+EW+UD	σ_x	82.2	f_t	258.0	0.97	O.K.
					σ_y	36.1				
					τ_{xy}	138.0				

表5.3.2-10(2) 断面検討結果（一般部，Ss地震時，塑性率）

部位*1		部材形状 (mm) <使用材料*2>	地震波 (位置)*3	入力 方向	塑性率	判定
⑤	水平ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91)	Ss-1	+EW-UD	4.16	O.K.
⑥	鉛直ブレース	ϕ -267.4×6.6	Ss-3	-NS-UD	4.52	O.K.

*1：①～⑩の符号は図5.3.2-10の応力検討箇所を示す

*2：特記なき限り，各部材の使用材料は，鋼管：STKN490B，その他はSN490B

*3：特記なき限りcase3であり，図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

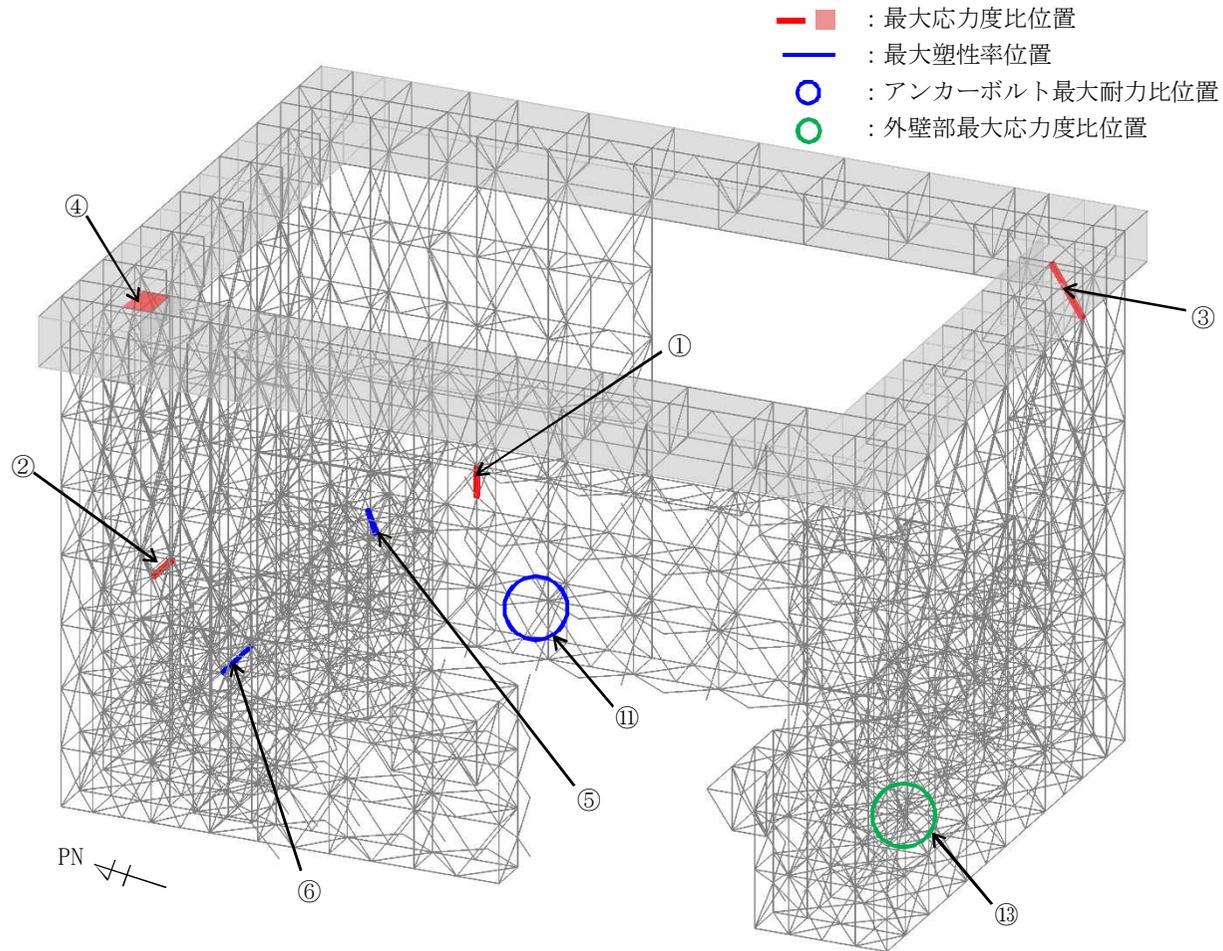


図5.3.2-10(1) 最大応力度比位置図(一般部, Ss地震時)

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時の断面検討

表5.3.2-10(3) 断面検討結果（燃料取扱設備支持部，Ss地震時，応力度比）

部位*1		部材形状 (mm) <使用材料*2>	地震波 (位置)*3	入力 方向	作用 応力度 (N/mm ²)		許容 応力度 (N/mm ²)		応力 度比	判定
⑦	柱	H-400×400×13×21	Ss-1 (case4)	-EW-UD	σ_c	88.1	f_c	326.1	0.28	O.K.
⑧	梁	H-350×350×12×19	Ss-1 (case4)	+NS+UD	σ_t	130.4	f_t	357.5	0.37	O.K.
⑨	水平 ブレース	十字PL (PL-28×210 +2PL-28×91)	Ss-1 (case4)	+NS+UD	σ_t	220.5	f_t	357.5	0.62	O.K.
⑩	鉛直 ブレース	ϕ -355.6×7.9	Ss-1 (case4)	-NS-UD	σ_c	261.4	f_c	349.6	0.75	O.K.

*1：①～⑩の符号は図 5.3.2-10の応力検討箇所を示す

*2：特記なき限り，各部材の使用材料は，鋼管：STKN490B，その他はSN490B

*3：特記なき限りcase3であり，図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討

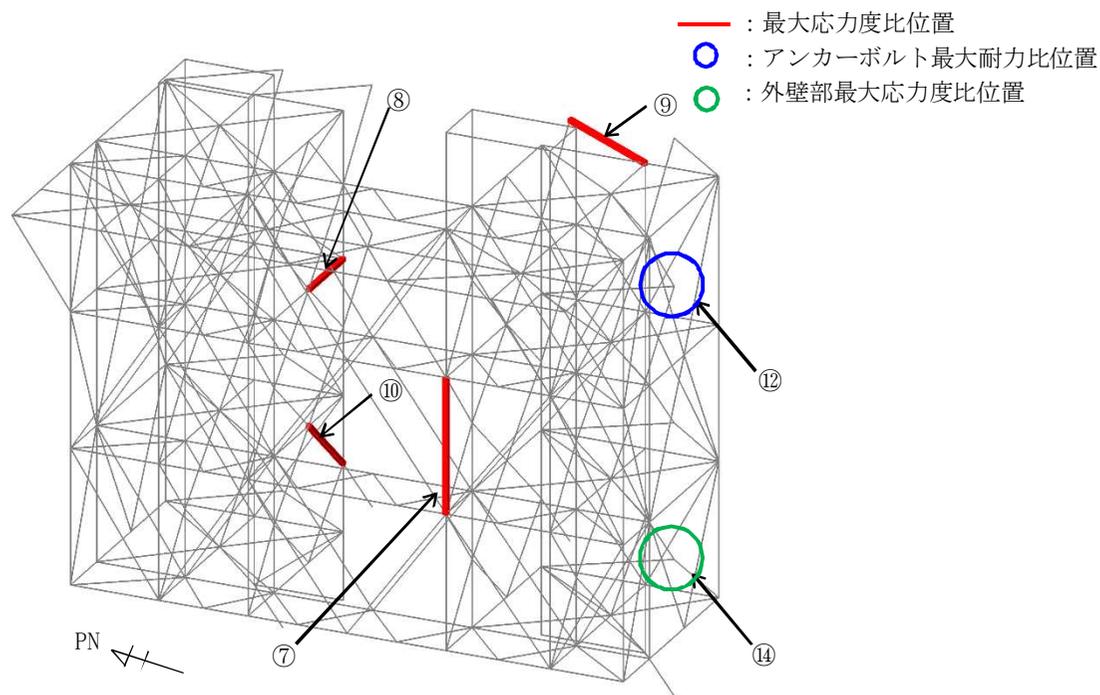


図5.3.2-10(2) 最大応力度比位置図(燃料取扱設備支持部, Ss地震時)

5.3.3 建屋取り合い部の耐震性に対する検討

■ アンカーボルトの検討（引抜き，せん断）

大型カバーはアンカーボルトにより原子炉建屋外壁に取り付く。アンカーボルトの仕様は，M33（SNR490B）の接着系アンカーボルトとし，終局耐力は「あと施工アンカー施工指針（案）（一般社団法人日本建築あと施工アンカー協会）」に従い，原子炉建屋の設計基準強度を用いて下式によって求める。表5.3.3-1にアンカーボルトの終局耐力を示す。

$$p_u = \min(p_{u1}, p_{u2}, p_{u3})$$

$$q_u = \min(q_{u1}, q_{u2})$$

p_u : 接着系アンカーボルトの終局引張力 (kN/本)

p_{u1} : アンカーボルトの降伏により決まる終局引張力 (kN/本)

p_{u2} : 躯体のコーン状破壊により決まる終局引張力 (kN/本)

p_{u3} : 付着力により決まる終局引張力 (kN/本)

q_u : 接着系アンカーボルトの終局せん断力 (kN/本)

q_{u1} : アンカーボルトのせん断強度により決まる終局せん断力 (kN/本)

q_{u2} : 躯体の支圧強度により決まる終局せん断力 (kN/本)

5.3.3 建屋取り合い部の耐震性に対する検討

表5.3.3-1接着系アンカーボルトの終局耐力

部位	一般部	燃料取扱設備支持部		
		GL+13.7	GL+22.9	
タイプ	標準	標準	標準	
鋼材種類	M33	M33	M33	
	SNR490B	SNR490B	SNR490B	
埋め込み長さ (mm)	375	375	375	
アンカーボルト間隔 (mm)	400	400	400	
終局	許容引張力(pu) (kN/本)	249	334	268
	許容せん断力(qu) (kN/本)	193	193	193

5.3.3 建屋取り合い部の耐震性に対する検討

- アンカーボルトの検討は、建屋取り合い部に生じる最大支点反力に対し、下式にて検討を行う。

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

- P_u : アンカーボルトの終局引張耐力 (kN)
 Q_u : 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)

5.3.3 建屋取り合い部の耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時

表5.3.3-2に耐力比が最大となる部位の検討結果を示す。

検討の結果、アンカーボルトの最大耐力比は1以下になることを確認した。

表5.3.3-2(1) アンカーボルトの検討結果（一般部，Ss地震時）

部位*1 (アンカー本数)	地震波 (位置)*2	入力 方向	作用応力		終局耐力		耐力比	判定
			引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	引張 耐力 Pu(kN)	せん断 耐力 Qu(kN)		
⑪ アンカー ボルト (12)	Ss-1 (case1)	+EW-UD	0	2082	2988	2316	0.90	O.K.

表5.3.3-2(2) アンカーボルトの検討結果（燃料取扱設備支持部，Ss地震時）

部位*1 (アンカー本数)	地震波 (位置)*2	入力 方向	作用応力		終局耐力		耐力比	判定
			引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	引張 耐力 Pu(kN)	せん断 耐力 Qu(kN)		
⑫ アンカー ボルト (12)	Ss-1 (- *3)	-NS-UD	606	1443	4008	2316	0.63	O.K.

*1：図5.3.2-9に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*3：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.3.3 建屋取り合い部の耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時

表5.3.3-3に耐力比が最大となる部位の検討結果を示す。

検討の結果、アンカーボルトの最大耐力比は1以下になることを確認した。

表5.3.3-3(1) アンカーボルトの検討結果（一般部，Ss地震時）

部位*1 (アンカー本数)	地震波 (位置)*2	入力 方向	作用応力		終局耐力		耐力比	判定
			引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	引張 耐力 Pu(kN)	せん断 耐力 Qu(kN)		
⑪ アンカー ボルト (20)	Ss-1 (case3)	-EW+UD	459	3398	4980	3860	0.89	O.K.

表5.3.3-3(2) アンカーボルトの検討結果（燃料取扱設備支持部，Ss地震時）

部位*1 (アンカー本数)	地震波 (位置)*2	入力 方向	作用応力		終局耐力		耐力比	判定
			引張力 P (kN)	せん断力 Q (kN)	引張 耐力 Pu(kN)	せん断 耐力 Qu(kN)		
⑫ アンカー ボルト (24)	Ss-1 (case4)	-NS+UD	3901	3100	6432	4632	0.83	O.K.

*1：図5.3.2-10に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.3.3 建屋取り合い部の耐震性に対する検討

「5.2.3(2) 原子炉建屋外壁部の検討」と同様に、壁面の圧縮応力度が許容応力度以下となることを確認する。

■ ガレキ撤去時

表5.3.3-4に応力度比が最大となる部位の検討結果を示す。

検討の結果、原子炉建屋外壁部の最大応力度比は1以下になることを確認した。

表5.3.3-4(1) 外壁部の検討結果（一般部，Ss地震時）

部位 ^{*1}		地震波 (位置) ^{*2}	入力方向	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力 度比	判定
⑬	外壁	Ss-1 (case1)	+NS-UD	1.2	22.1	0.06	O.K.

表5.3.3-4(2) 外壁部の検討結果（燃料取扱設備支持部，Ss地震時）

部位 ^{*1}		地震波 (位置) ^{*2}	入力方向	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力 度比	判定
⑭	外壁	Ss-1 (- ^{*3})	-NS-UD	0.8	22.1	0.04	O.K.

*1：図5.3.2-9に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

*3：ガレキ撤去用天井クレーンの位置によらない

5.3.3 建屋取り合い部の耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時

表5.3.3-5に応力度比が最大となる部位の検討結果を示す。

検討の結果，原子炉建屋外壁部の最大応力度比は1以下になることを確認した。

表5.3.3-5(1) 外壁部の検討結果（一般部，Ss地震時）

部位*1		地震波 (位置)*2	入力方向	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力 度比	判定
⑬	外壁	Ss-1 (case3)	+NS+UD	1.2	22.1	0.06	O.K.

表5.3.3-5(2) 外壁部の検討結果（燃料取扱設備支持部，Ss地震時）

部位*1		地震波 (位置)*2	入力方向	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	応力 度比	判定
⑭	外壁	Ss-1 (case4)	-NS-UD	1.2	22.1	0.06	O.K.

*1：図5.3.2-10に応力検討箇所を示す

*2：図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.3.4 屋根の耐震性に対する検討

- 屋根の評価に用いる応力は、地震応答解析により評価する。屋根の解析モデルは、屋根を構成する主要な鉄骨部材からなる立体架構モデルとする。検討はスパン及びせいが大きく構造上の条件が厳しい架構③を対象とする。立体解析モデルを図5.3.4-1に示す。柱脚部は固定としている。
- 弦材は弾性モデルとし、その他ブレース等は「鉄骨X型ブレース架構の復元力特性に関する研究」（日本建築学会構造工学論文集37B号 1991年3月）に示されている修正若林モデルによる。
- 解析モデルへの入力は、大型カバーの地震応答解析結果から得られる大型カバー頂部（G.L.+53.9m）の応答結果を用いることとし、屋根脚部に水平方向と鉛直方向の同時入力とする。
- 地震応答解析結果が、JSCA性能設計説明書2017年版（社団法人日本建築構造技術者協会、2018年）を参考に定めたクライテリアとして、部材の塑性率が5以下を満足することを確認する。

5.3.4 屋根の耐震性に対する検討

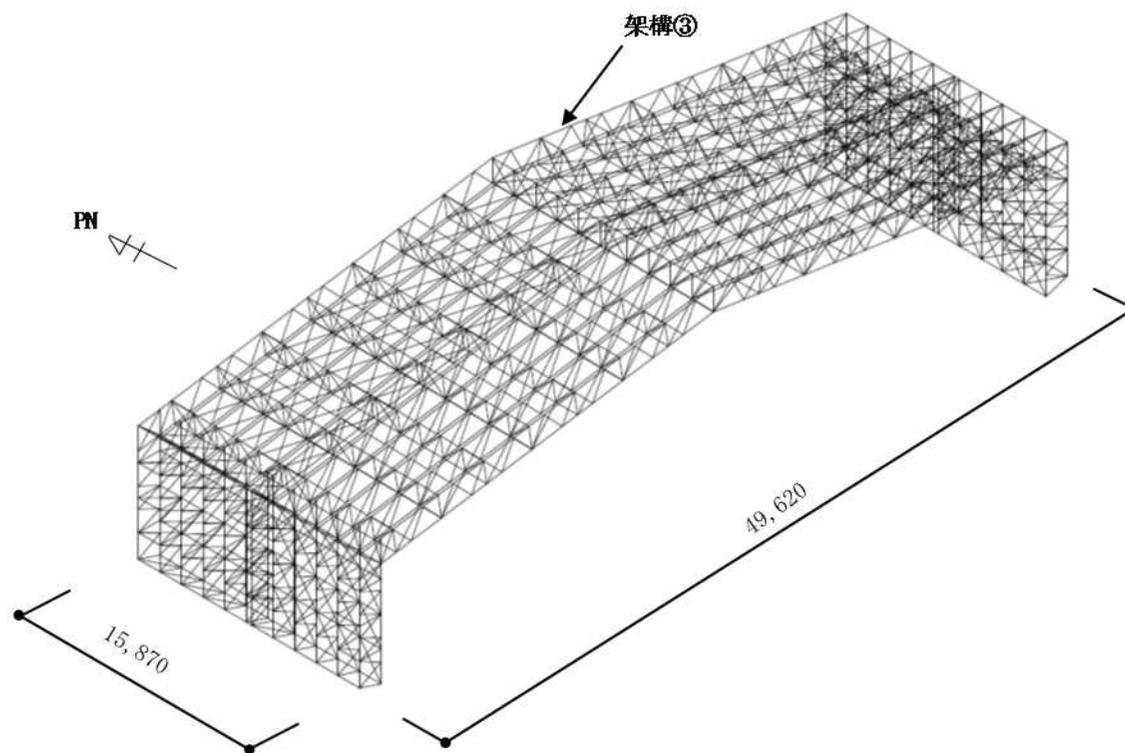


図5.3.4-1 屋根の解析モデル（単位：mm）

5.3.4 屋根の耐震性に対する検討

- 部材の塑性率は、引張及び圧縮に対して最大軸力時のひずみを引張耐力または座屈耐力時のひずみで除した値で表される。表5.3.4-1及び表5.3.4-2に断面検討結果を示す。なお、各許容応力度、引張耐力及び座屈耐力算定時の材料強度は「平成12年建設省告示第2464号」に定められた基準強度F値の1.1倍を用いる。

5.3.4 屋根の耐震性に対する検討

■ ガレキ撤去時

表5.3.4-1に塑性率が最大となる部位の断面検討結果を示す。断面検討の結果、全ての部材の塑性率が5以下になることを確認した。

表5.3.4-1 断面検討結果（屋根部，Ss地震時）

部位*1		部材形状 (mm) <使用材料>	地震波 (位置) *2	入力 方向	塑性率	判定
①	弦材	P-190.7φ×5.3t <STKT590>	Ss-1	+NS-UD	0.80	O.K.
②	斜材	P-89.1φ×3.2t <STK490>	Ss-1	+NS-UD	3.40	O.K.
③	ブレース	1-M30 <SNR490B>	Ss-1	+NS-UD	1.97	O.K.

*1：①～③の符号は図5.3.4-2の応力検討箇所を示す

*2：特記なき限りcase1であり，図5.2.1-2にガレキ撤去用天井クレーンの位置を示す

5.3.4 屋根の耐震性に対する検討

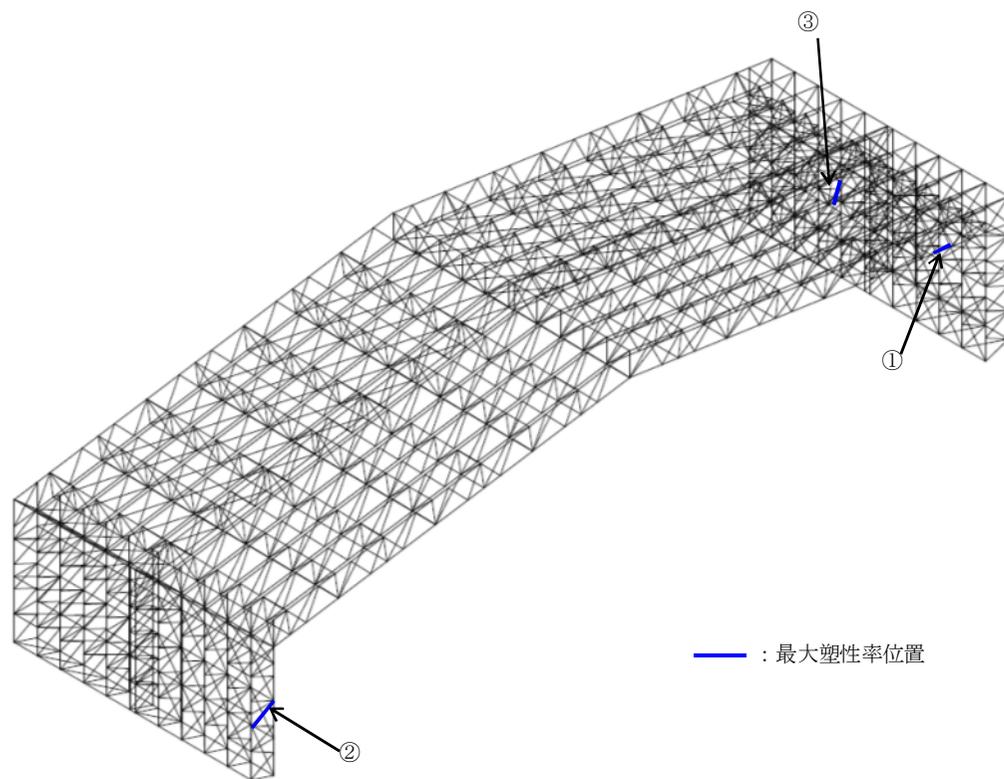


図5.3.4-2 最大塑性率位置図

5.3.4 屋根の耐震性に対する検討

■ 燃料取り出し時

表5.3.4-2に塑性率が最大となる部位の断面検討結果を示す。断面検討の結果、全ての部材の塑性率が5以下になることを確認した。

表5.3.4-2 断面検討結果（屋根部，Ss地震時）

部位*1		部材形状 (mm) <使用材料>	地震波 (位置) *2	入力 方向	塑性率	判定
①	弦材	P-190.7φ×5.3t <STKT590>	Ss-1	-NS+UD	0.82	O.K.
②	斜材	P-89.1φ×3.2t <STK490>	Ss-1	-NS+UD	3.67	O.K.
③	ブレース	1-M30 <SNR490B>	Ss-1	+NS+UD	1.82	O.K.

*1：①～③の符号は図5.3.4-3の応力検討箇所を示す

*2：特記なき限りcase3であり，図5.2.1-3に燃料取扱設備の位置を示す

5.3.4 屋根の耐震性に対する検討

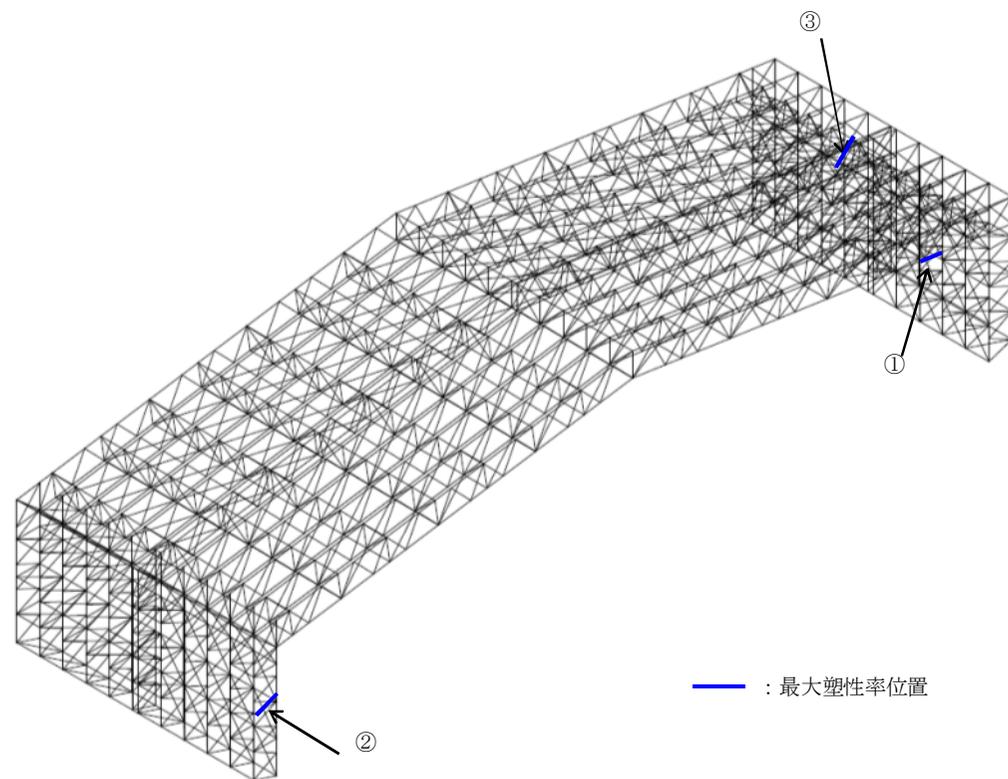


図5.3.4-3 最大塑性率位置図

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

■ 検討方針

大型カバーの設置に伴う原子炉建屋の耐震性の評価は、耐震安全上重要な設備への波及的影響防止の観点から、地震応答解析により得られる耐震壁のせん断ひずみが鉄筋コンクリート造耐震壁の終局限界に対応した評価基準値 (4.0×10^{-3}) 以下になることを確認する。

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

■ 原子炉建屋の地震応答解析

■ 解析に用いる入力地震動

検討に用いる地震動は、「5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討」で示した基準地震動Ssとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図は図5.3.2-1と同様であり、モデルに入力する地震動は「5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討」に示したものと同一である。

■ 地震応答解析モデル

原子炉建屋の地震応答解析モデルは、図5.3.5-1に示すように質点系でモデル化し、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。

地震応答解析モデルの諸元は、「Ⅱ.2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋 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評価）」に示される内容に、ガレキ撤去等による重量増減及び新規に設置する大型カバー、燃料取扱設備等の重量を考慮した。地震応答解析モデルの諸元の質点重量および回転慣性重量を表5.3.5-1に示す。

地盤定数は、「5.3.2 大型カバーの耐震性に対する検討」で示した地盤定数と同一である。

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

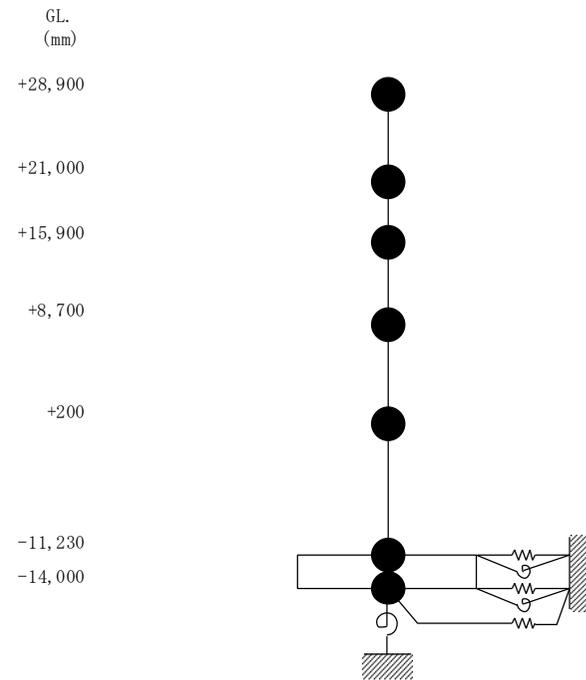


図5.3.5-1 原子炉建屋の地震応答解析モデル

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

表5.3.5-1(1) 原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元（水平方向，ガレキ撤去時）

G.L.(m)	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I_G ($\times 10^5$ kN \cdot m 2)	
		水平(NS)方向	水平(EW)方向
+28.90	113830	163.75	93.73
+21.00	81500	117.34	67.09
+15.90	90680	130.48	74.63
+8.70	87510	125.98	125.98
+0.20	162800	234.31	234.31
-11.23	185210	266.64	327.39
-14.00	62400	89.83	110.32
合計	783930		

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

表5.3.5-1(2) 原子炉建屋の地震応答解析モデルの諸元（水平方向，燃料取り出し時）

G.L.(m)	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 I _G (×10 ⁵ kN・m ²)	
		水平(NS)方向	水平(EW)方向
+28.90	161390	232.17	132.90
+21.00	81500	117.34	67.09
+15.90	90670	130.46	74.62
+8.70	88080	126.80	126.80
+0.20	163140	234.80	234.80
-11.23	185210	266.64	327.39
-14.00	62400	89.83	110.32
合計	832390		

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

■ 検討結果

基準地震動Ssに対する最大応答値を、「JEAG4601-1991」に基づき設定した耐震壁のせん断スケルトン曲線上にプロットした結果を、図5.3.5-2及び図5.3.5-3に示す。

検討の結果、地震応答解析により得られる最大応答値は、評価基準値（ 4.0×10^{-3} ）以下となり、クライテリアを満足することを確認した。

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

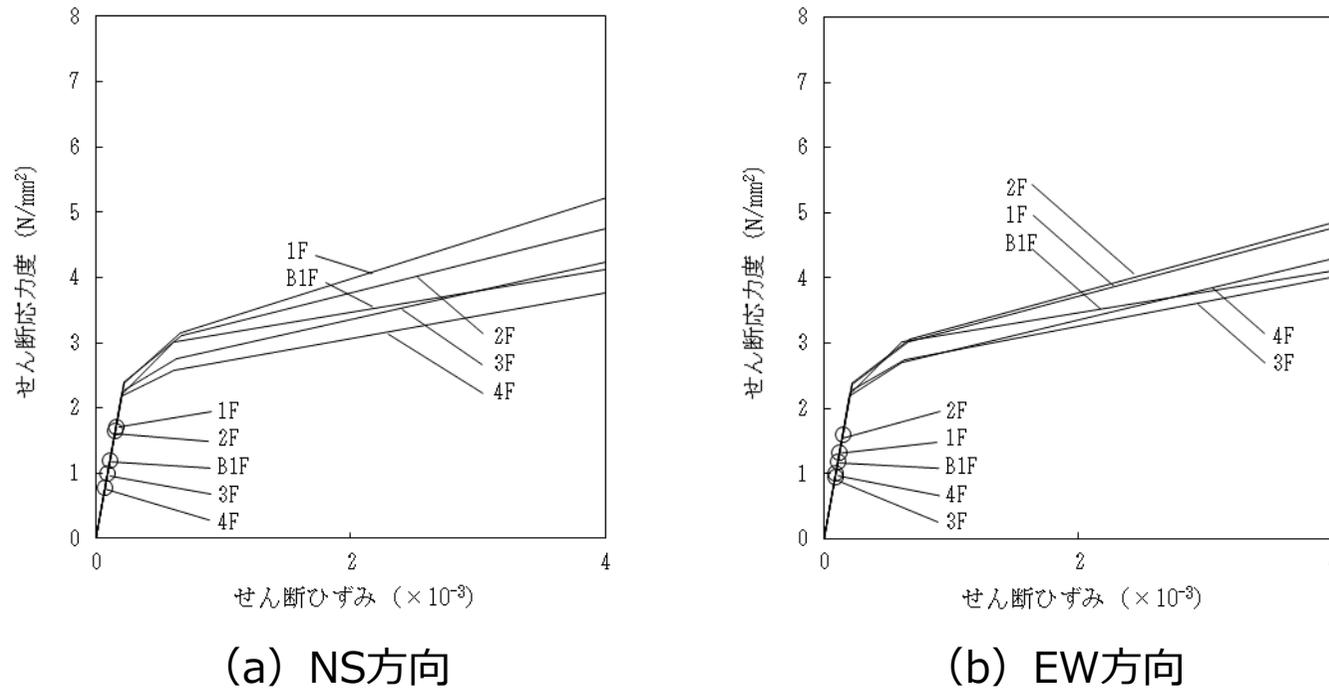


図5.3.5-2(1) せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1) (ガレキ撤去時)

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

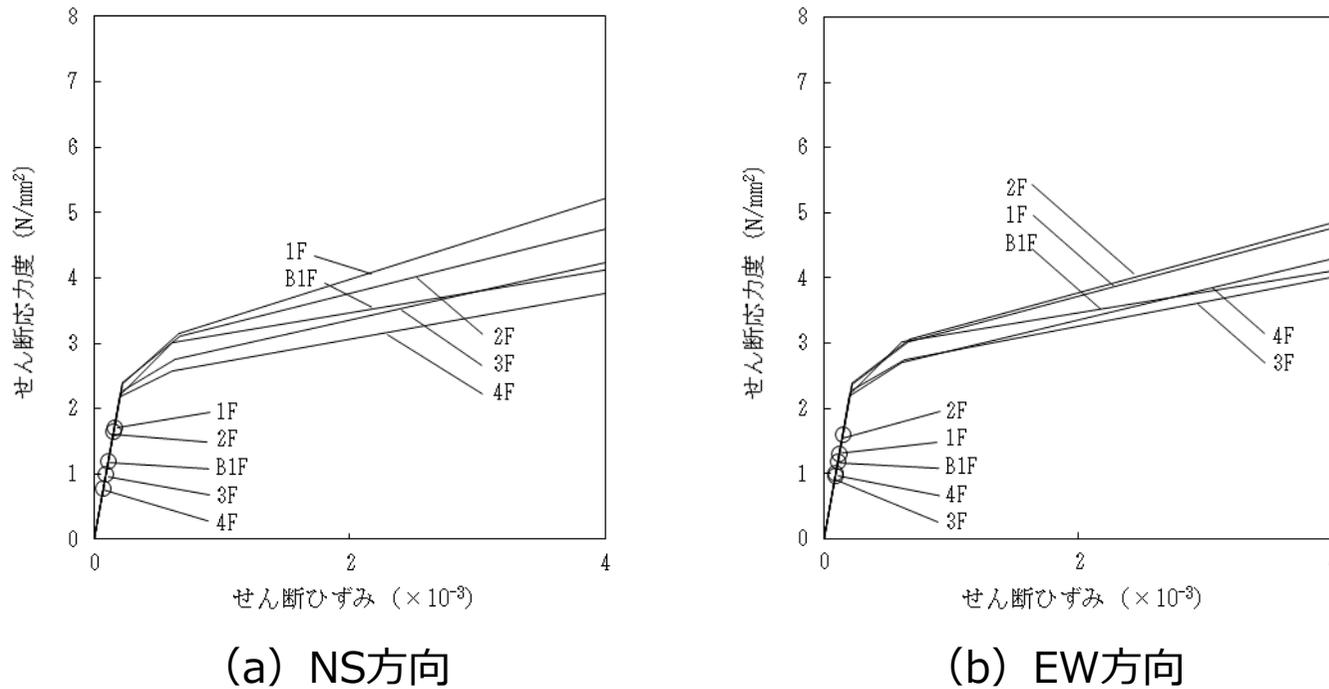
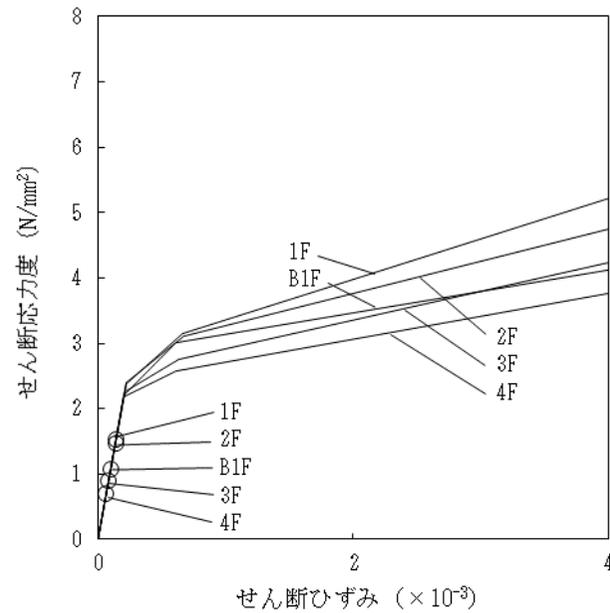
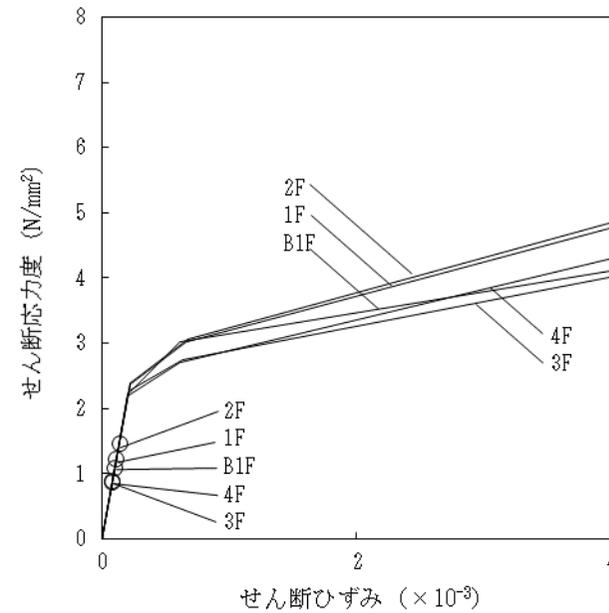


図5.3.5-2(2) せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-2) (ガレキ撤去時)

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討



(a) NS方向



(b) EW方向

図5.3.5-2(3) せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-3) (ガレキ撤去時)

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

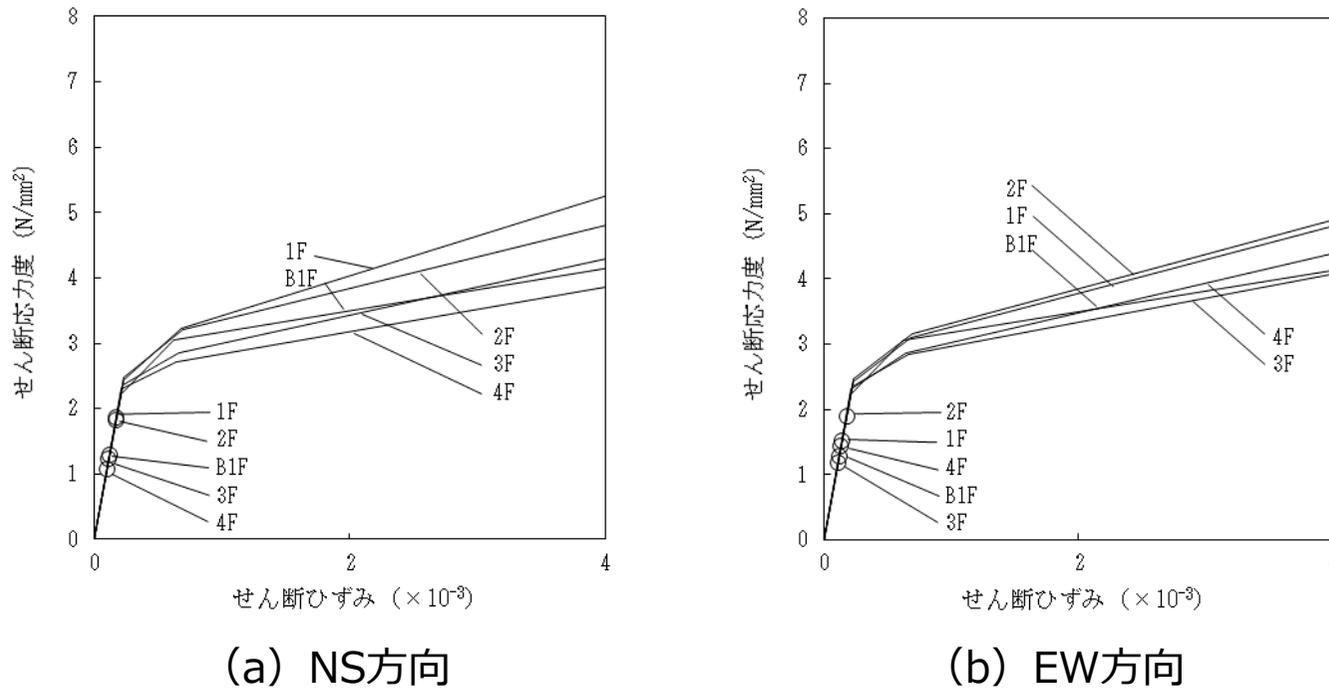


図5.3.5-3(1) せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-1) (燃料取り出し時)

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

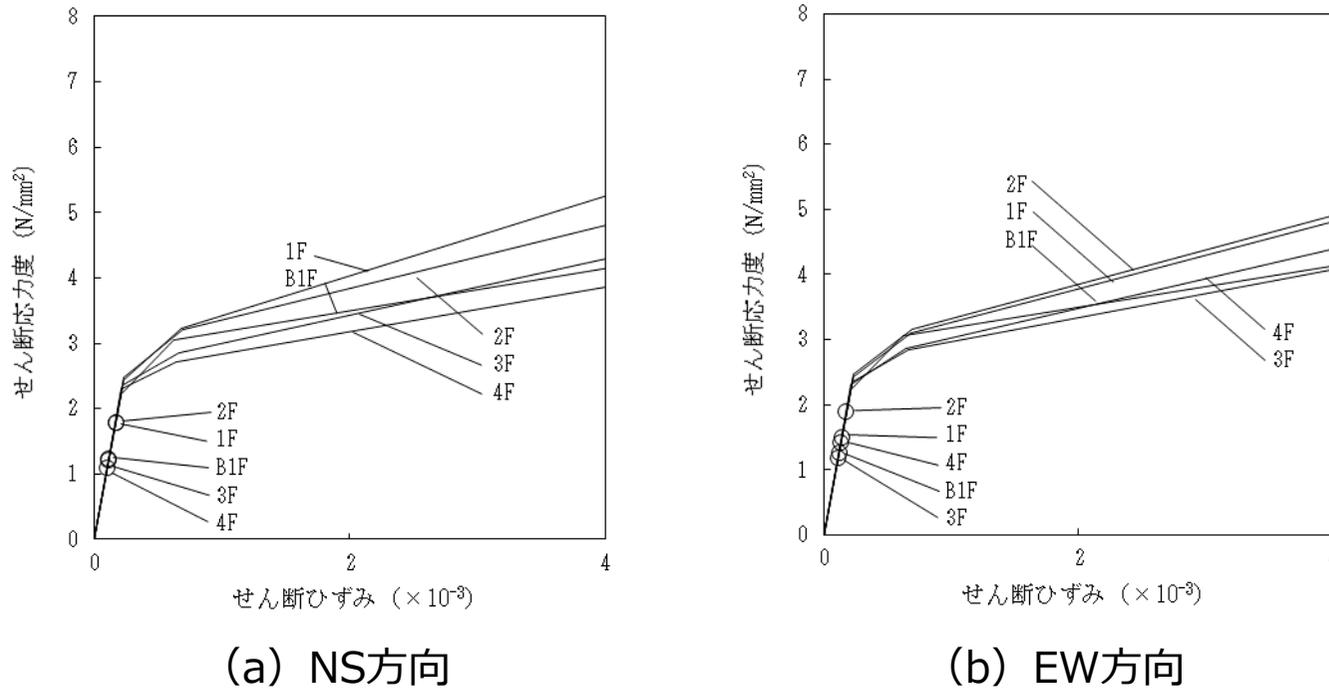


図5.3.5-3(2) せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-2) (燃料取り出し時)

5.3.5 原子炉建屋の耐震性に対する検討

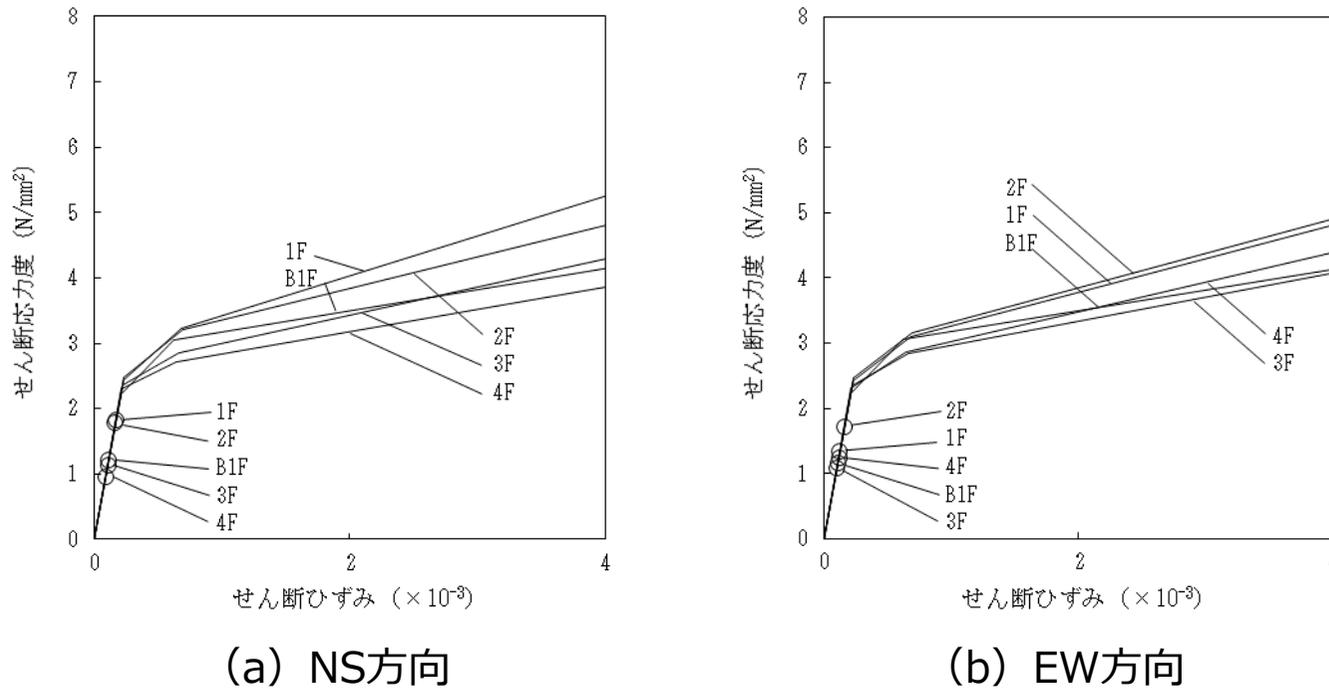


図5.3.5-3(3) せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (Ss-3) (燃料取り出し時)