

(補足説明資料 地震対策(耐震設計方針)について)

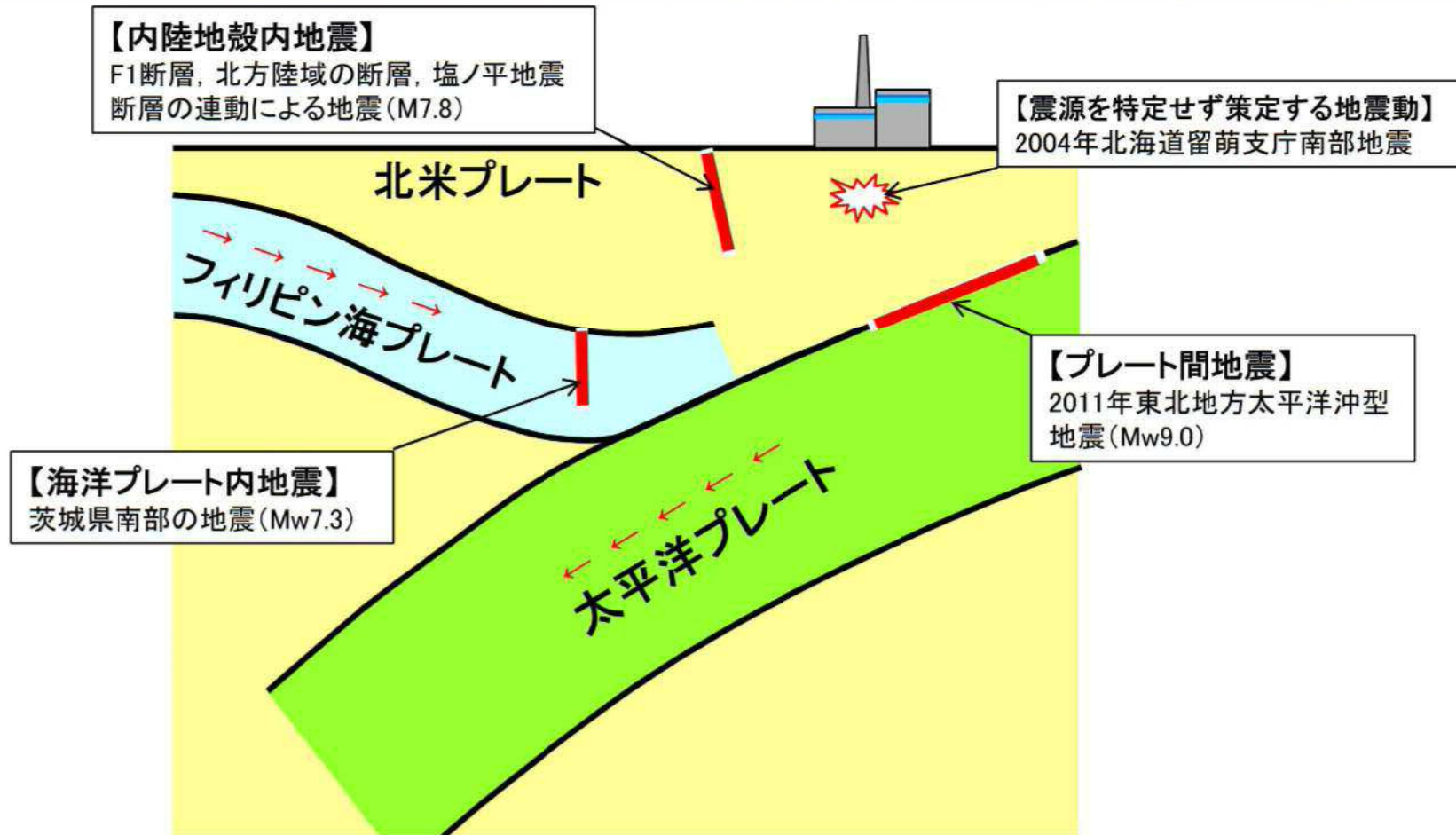
補足説明資料 目次

1. 耐震安全性を確認する地震動	1-3- 40
2. 弾性設計用地震動Sd	1-3- 47
3. 既設の耐震補強工事	1-3- 49
4. 耐震評価手法	1-3- 60
① 機器・配管系	1-3- 60
② 建物・構築物	1-3- 64
③ 土木構造物	1-3- 67
5. 耐震評価結果一覧	1-3- 73
① 機器・配管系	1-3- 73
② 建物・構築物	1-3-103
③ 土木構造物	1-3-104
6. 機器・配管系構造概要	1-3-108
7. 建物・構築物の評価手法（応力平均化）	1-3-117
8. 防潮堤の構造	1-3-119
9. 屋外アクセスルートの補強対策	1-3-127

1. 耐震安全性を確認する基準地震動 (1/7)

東海第二発電所周辺の直下は、3つのプレートが重なり合っており、そこで発生する地震のタイプ也多岐にわたっている。

地震動評価(基準地震動 S_s の策定)にあたっては、以下の4つの地震(震源)を考慮した。

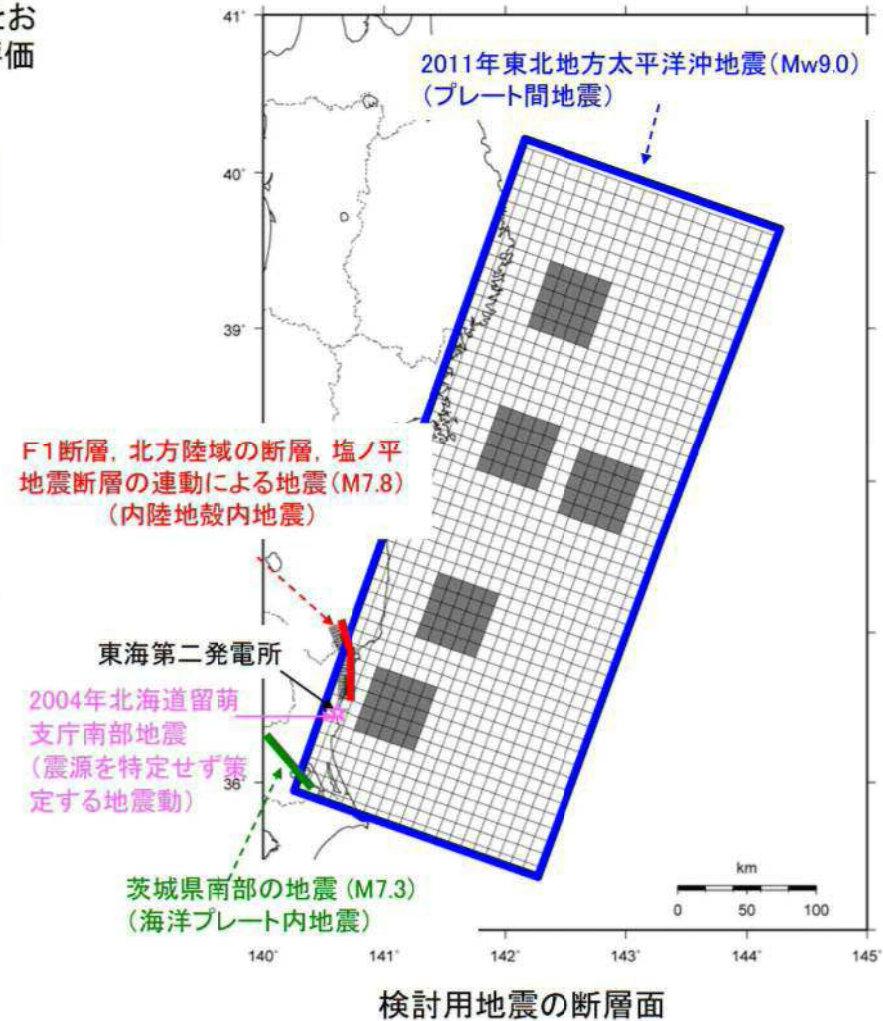


発電所周辺で発生する地震のイメージ図

1. 耐震安全性を確認する基準地震動 (2/7)

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価について、内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震毎に検討用地震を下記のとおり選定した。また震源を特定せず策定する地震動として下記のとおり評価を実施した。

地震発生様式		検討用地震
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	内陸地殻内地震	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (M7.8)
	プレート間地震	2011年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0)
	海洋プレート内地震	茨城県南部の地震 (M7.3)
震源を特定せず策定する地震動	2004年北海道留萌支庁南部地震	



1. 耐震安全性を確認する基準地震動 (3/7)

■敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

■震源を特定せず策定する地震動

プレート間地震	海洋プレート内地震	内陸地殻内地震	既往の知見
<p>【検討用地震の選定】</p> <p>2011年東北地方太平洋沖型地震 (Mw9.0)</p>	<p>【検討用地震の選定】</p> <p>中央防災会議 茨城県南部の地震 (Mw7.3)</p>	<p>【検討用地震の選定】</p> <p>F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (M7.8)</p>	<p>震源を事前に特定できない地震に関する既往の知見である加藤ほか(2004)による応答スペクトル</p>
<p>【基本震源モデルの設定】</p> <p>強震動予測レシピに基づく震源モデル (Mw9.0)</p>	<p>【基本震源モデルの設定】</p> <p>中央防災会議(2013)等の各種知見に基づく震源モデル (Mw7.3)</p>	<p>【基本震源モデルの設定】</p> <p>地質調査結果や強震動予測レシピに基づく震源モデル (M7.8)</p>	
<p>主な特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既往最大である2011年東北地方太平洋沖地震と同様のMw9.0を想定している。 ・巨大プレート間地震に対して適用性を確認した強震動予測レシピに基づきパラメータを設定している。 ・基本震源モデルによる評価結果は、東北地方太平洋沖地震における敷地観測記録と良く対応していることを確認している。 	<p>主な特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・想定になった中央防災会議(2013)は、フィリピン海プレートに関する最新知見を踏まえたものであり、1855年安政江戸地震の再現モデル(応力降下量52MPa)に2割程度保守性を考慮(応力降下量62MPa)している。 ・フィリピン海プレートの厚さが20km以上となる領域のうち、敷地に近い位置に想定している。 	<p>主な特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2011年福島県浜通りの地震の知見から、地震発生層の上端深さを3kmと設定している。下端深さについては保守的に18kmとし、断層幅をより厚く想定している。 ・断層傾斜角については、F1断層における音波探査結果や2011年福島県浜通りの地震の震源インバージョンモデルでの傾斜角を参考に西傾斜60度としている。 ・断層全長約58kmを南部と北部に区分けする際、リニアメントが判読されない区間をF1断層側に含め、これらを合わせて一つの区間とすることで敷地に近い南部区間に配置するアスペリティの地震モーメントや短周期レベルを大きくし、安全側の設定としている。 	
			<p>審査ガイド例示16地震</p>
<p>【不確かさの考慮】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SMGA位置の不確かさ (過去に発生した地震の位置→敷地最短) ・短周期レベルの不確かさ (宮城県沖で発生する地震の短周期励起特性を概ねカバーするレベルとして基本震源モデルの1.5倍を考慮) ・SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳 	<p>【不確かさの考慮】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・断層傾斜角の不確かさ (90度→敷地に向く角度) ・アスペリティ位置の不確かさ (海洋マントル上端→海洋地殻上端) ・応力降下量の不確かさ (62MPa→77MPa) ・地震規模の不確かさ (Mw7.3→Mw7.4) 	<p>【不確かさの考慮】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・短周期レベルの不確かさ (2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ基本震源モデルの1.5倍を考慮) ・断層傾斜角の不確かさ (2011年福島県浜通りの地震の震源域での余震分布の形状を考慮し、傾斜角45度を考慮) ・アスペリティ位置の不確かさ (端部1マス離隔あり→端部1マス離隔なし) 	<p>信頼性のある基盤地震動の検討結果を踏まえ2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮</p>
<p>【不確かさの考慮】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SMGA位置の不確かさ (過去に発生した地震の位置→敷地最短) ・短周期レベルの不確かさ (宮城県沖で発生する地震の短周期励起特性を概ねカバーするレベルとして基本震源モデルの1.5倍を考慮) ・SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳 	<p>【不確かさの考慮】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・断層傾斜角の不確かさ (90度→敷地に向く角度) ・アスペリティ位置の不確かさ (海洋マントル上端→海洋地殻上端) ・応力降下量の不確かさ (62MPa→77MPa) ・地震規模の不確かさ (Mw7.3→Mw7.4) 	<p>【不確かさの考慮】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・短周期レベルの不確かさ (2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ基本震源モデルの1.5倍を考慮) ・断層傾斜角の不確かさ (2011年福島県浜通りの地震の震源域での余震分布の形状を考慮し、傾斜角45度を考慮) ・アスペリティ位置の不確かさ (端部1マス離隔あり→端部1マス離隔なし) 	<p>2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動を設定</p>

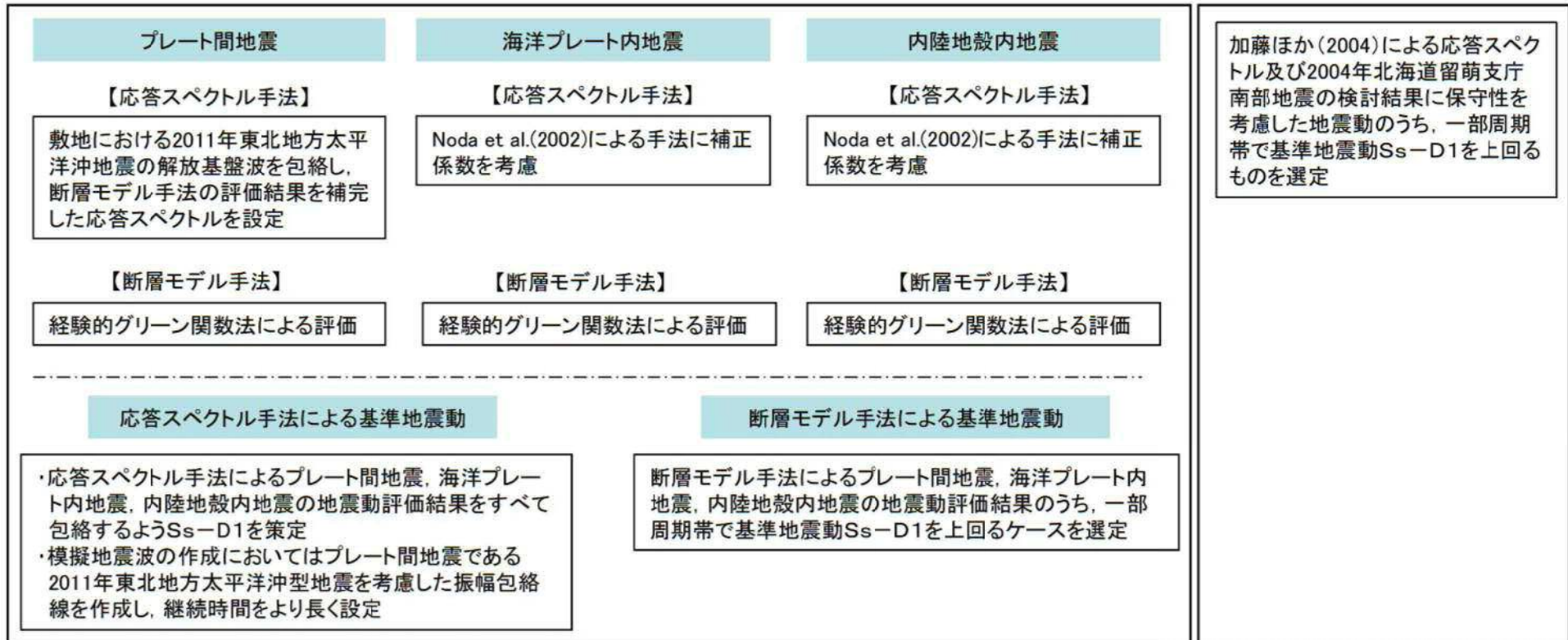
↓ 次頁へ

↓ 次頁へ

1. 耐震安全性を確認する基準地震動 (4/7)

■敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

■震源を特定せず策定する地震動



■基準地震動 S_s の策定

- S_s-D1 応答スペクトル手法による基準地震動
- S_s-11 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)
- S_s-12 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)
- S_s-13 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)
- S_s-14 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)(断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)
- S_s-21 2011年東北地方太平洋沖型地震(Mw9.0)(短周期レベルの不確かさ)
- S_s-22 2011年東北地方太平洋沖型地震(Mw9.0)(SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- S_s-31 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

1. 耐震安全性を確認する基準地震動 (5/7)

■設置変更許可申請時からの地震動評価に関する主な変更点は下表のとおり。 ○:考慮, -:未考慮

発生様式	検討ケース	申請時	さらなる不確かさを考慮
プレート間地震	基本震源モデル	2011年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0)	2011年東北地方太平洋沖型地震 (Mw9.0)
	SMGA位置の不確かさ	○	○
	短周期レベルの不確かさ	○	○
	SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳	-	○
海洋プレート内地震	基本震源モデル	茨城県南部の地震 (Mw7.3) ・中央防災会議(2004)を参考に設定 ・アスペリティの応力降下量21MPa	茨城県南部の地震 (Mw7.3) ・中央防災会議(2013)を参考に設定 ・アスペリティの応力降下量62MPa
	断層傾斜角の不確かさ	-	○
	アスペリティ位置の不確かさ	○	○
	応力降下量の不確かさ	-	○
	地震規模の不確かさ	-	○
内陸地殻内地震	基本震源モデル	F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震 (M7.6) ・破壊開始点2箇所 ・断層上端深さ5km	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (M7.8) ・破壊開始点7箇所のうち影響の大きい3箇所を選定 ・断層上端深さ3km
	短周期レベルの不確かさ	○	○
	断層傾斜角の不確かさ	-	○
	アスペリティ位置の不確かさ	-	○
震源を特定せず策定する地震動		加藤ほか(2004)による応答スペクトル	・加藤ほか(2004)による応答スペクトル ・2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動
模擬地震波		応答スペクトル手法の評価結果を包絡し作成 ・水平700ガル, 鉛直420ガル ・振幅包絡線を内陸地殻内地震 (M7.6, Xeq=25.7km) をもとに作成	応答スペクトル手法の評価結果を包絡し作成 ・水平870ガル, 鉛直560ガル ・振幅包絡線をプレート間地震 (M8.3, Xeq=135.8km) をもとに作成し継続時間をより長く設定

1. 耐震安全性を確認する基準地震動 (6/7)

■最大加速度の比較

設置変更許可申請時					さらなる不確かさを反映				
基準地震動		最大加速度 (cm/s ²)			基準地震動		最大加速度 (cm/s ²)		
		NS成分	EW成分	UD成分			NS成分	EW成分	UD成分
Ss-D	応答スペクトル手法による基準地震動	700		420	Ss-D1	応答スペクトル手法による基準地震動	870		560
Ss-1	F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震 (M7.6) (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)	788	728	563	Ss-11	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (M7.8) (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)	717	619	579
					Ss-12	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (M7.8) (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)	871	626	602
					Ss-13	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (M7.8) (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)	903	617	599
					Ss-14	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (M7.8) (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)	586	482	451
Ss-2	2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)	901	887	620	Ss-21	2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)	901	887	620
—	—	—	—	—	Ss-22	2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)	1009	874	736
—	—	—	—	—	Ss-31	2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に 保守性を考慮した地震動	610		280

1. 耐震安全性を確認する基準地震動 (7/7)

不確かさなどを考慮した地震動評価のまとめ

プレート間地震

基本震源モデル: 2011年東北地方太平洋沖型地震(Mw9.0)

不確かさ: ①SMGA位置, ②短周期レベル, ③SMGA位置と短周期レベルの重畳

海洋プレート内地震

基本震源モデル: 茨城県南部の地震(Mw7.3)

不確かさ: ①断層傾斜角, ②アスペリティ位置, ③応力降下量, ④地震規模

内陸地殻内地震

基本震源モデル: F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)

不確かさ: ①短周期レベル, ②断層傾斜角, ③アスペリティ位置

震源を特定せず策定する地震動

・加藤ほか(2004)による応答スペクトル

・2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

模擬地震波

・応答スペクトル手法の評価結果を包絡し作成

以上の不確かさなどを考慮することで, さらなる安全性向上に努めている。

震災前 : 最大加速度 600ガル, 3波

申請時(2014年): 最大加速度 901ガル, 3波

2016年12月現在: 最大加速度 1009ガル, 8波

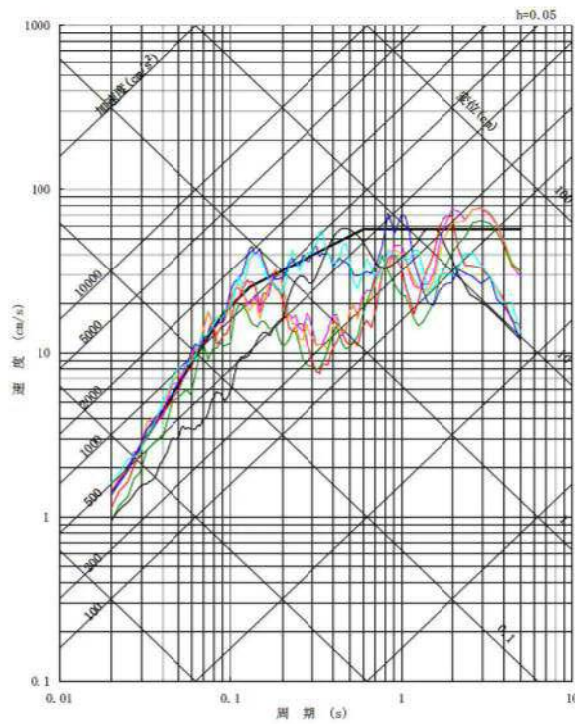
今後は, 基準地震動に対する建物及び設備などの耐震安全性確認をおこなう。

2. 弾性設計用地震動Sd (1/2)

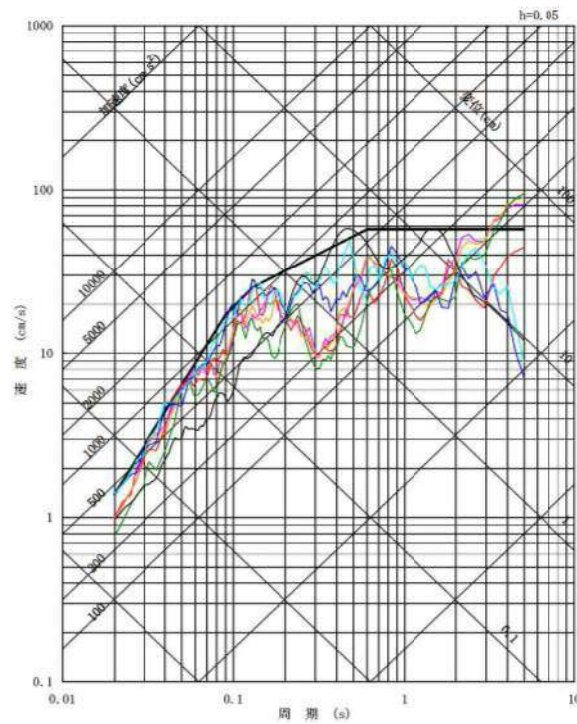


○ 弾性設計用地震動Sdの応答スペクトル

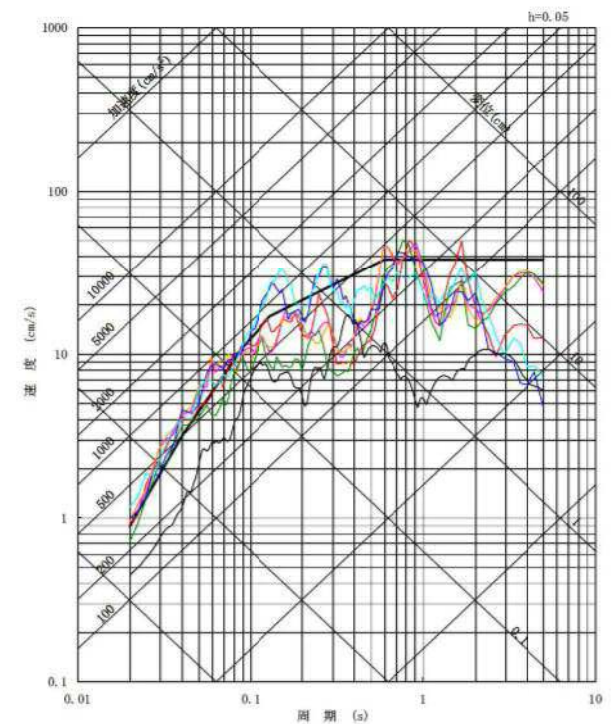
- Sd-D1
- Sd-11
- Sd-12
- Sd-13
- Sd-14
- Sd-21
- Sd-22
- Sd-31



NS成分



EW成分

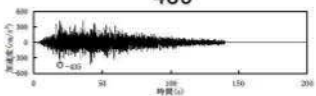
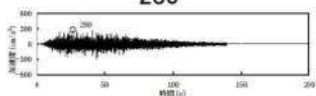
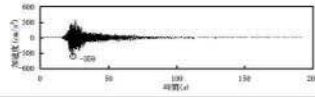
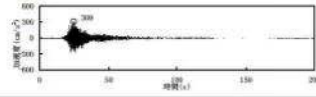
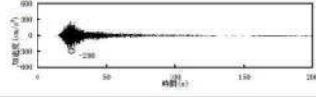
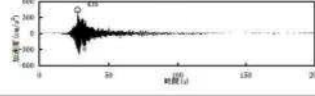
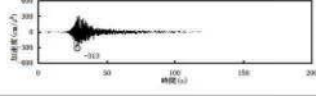
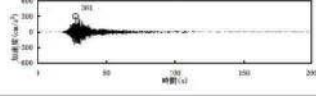
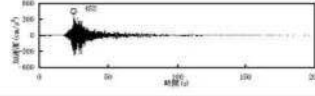
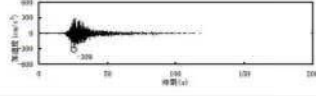
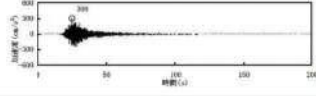
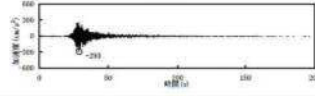
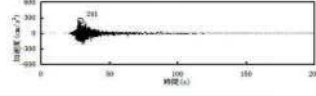
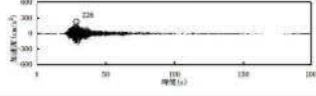
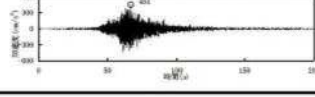
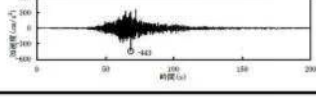
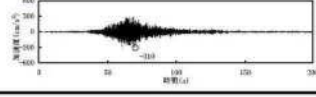
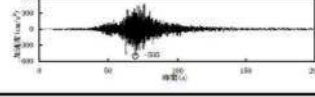
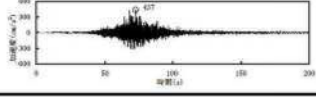
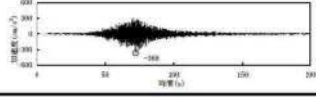
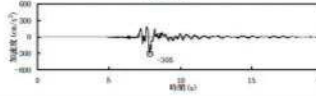
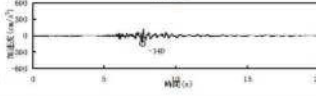


UD成分

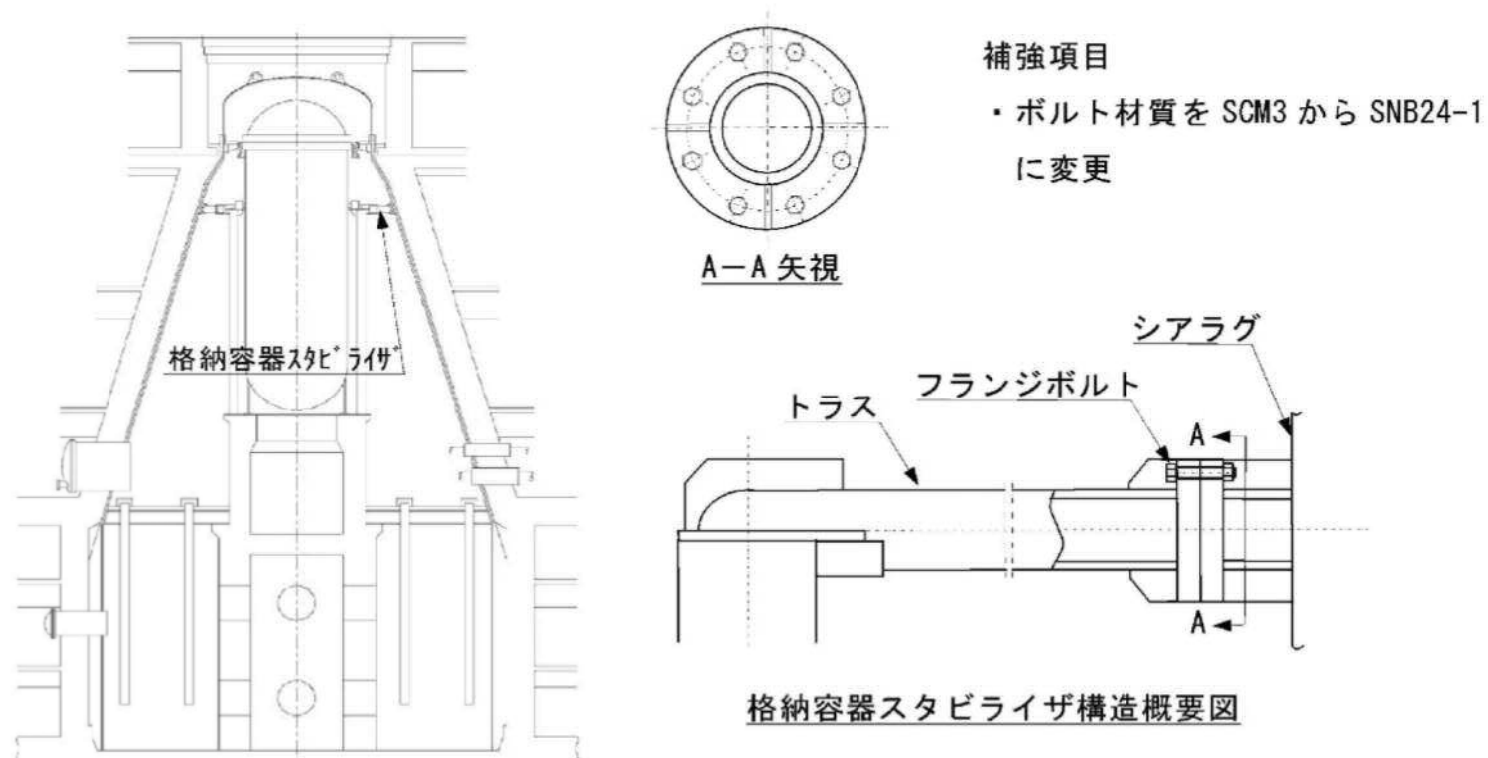
2. 弾性設計用地震動Sd (2/2)



○ 弾性設計用地震動Sdの最大加速度の一覧

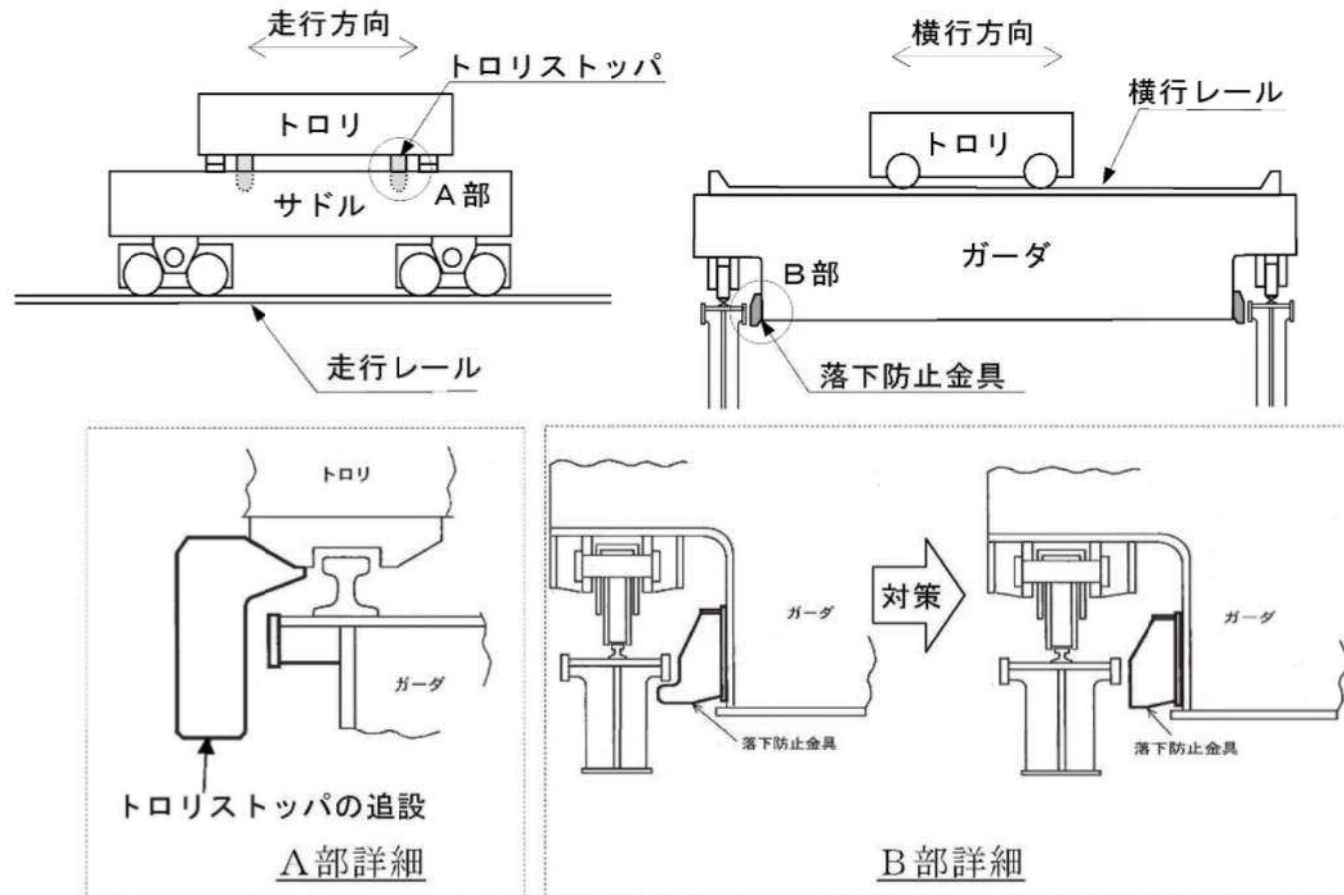
弾性設計用地震動	最大加速度 (cm/s ²)		
	NS成分	EW成分	UD成分
Sd-D1	435 		280 
Sd-11	359 	309 	290 
Sd-12	435 	313 	301 
Sd-13	452 	309 	300 
Sd-14	293 	241 	226 
Sd-21	451 	443 	310 
Sd-22	505 	437 	368 
Sd-31	305 		140 

3. 既設の耐震補強工事 (1/11)



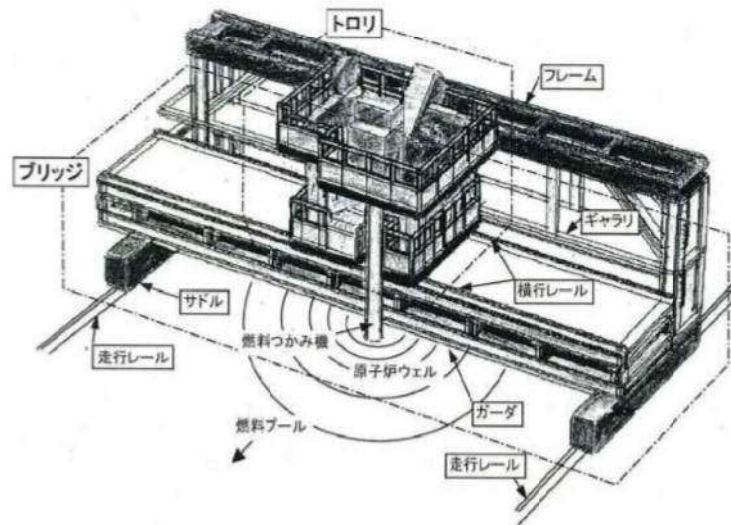
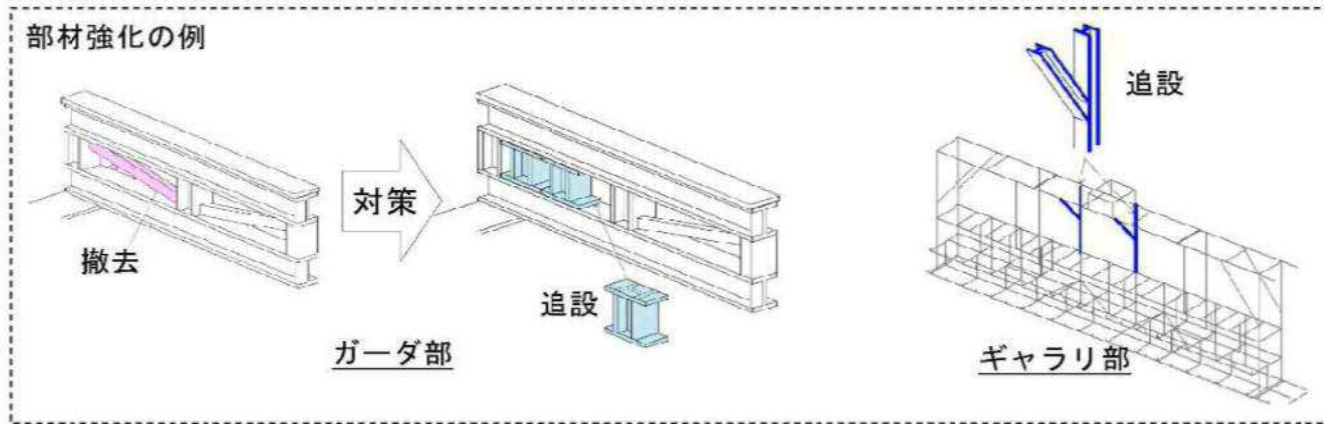
格納容器スタビライザの耐震補強概要図

3. 既設の耐震補強工事 (2/11)



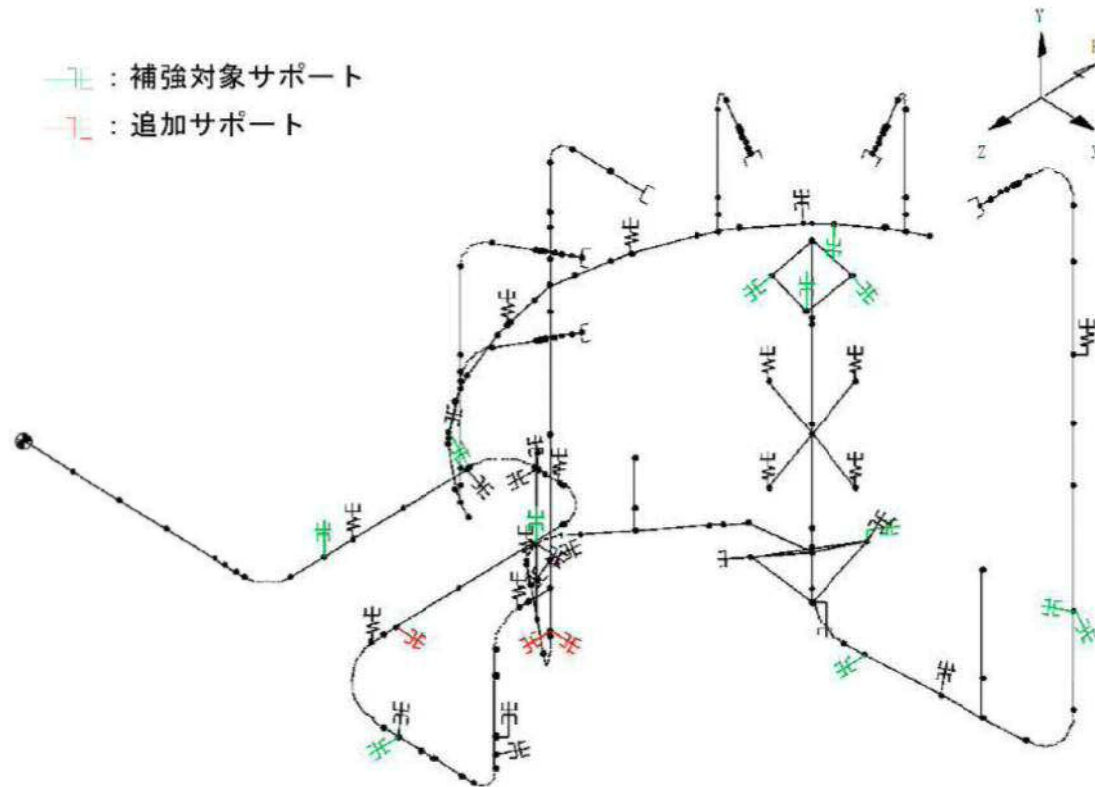
原子炉建屋クレーンの耐震補強概要図

3. 既設の耐震補強工事 (3/11)



燃料取替機の耐震補強概要図

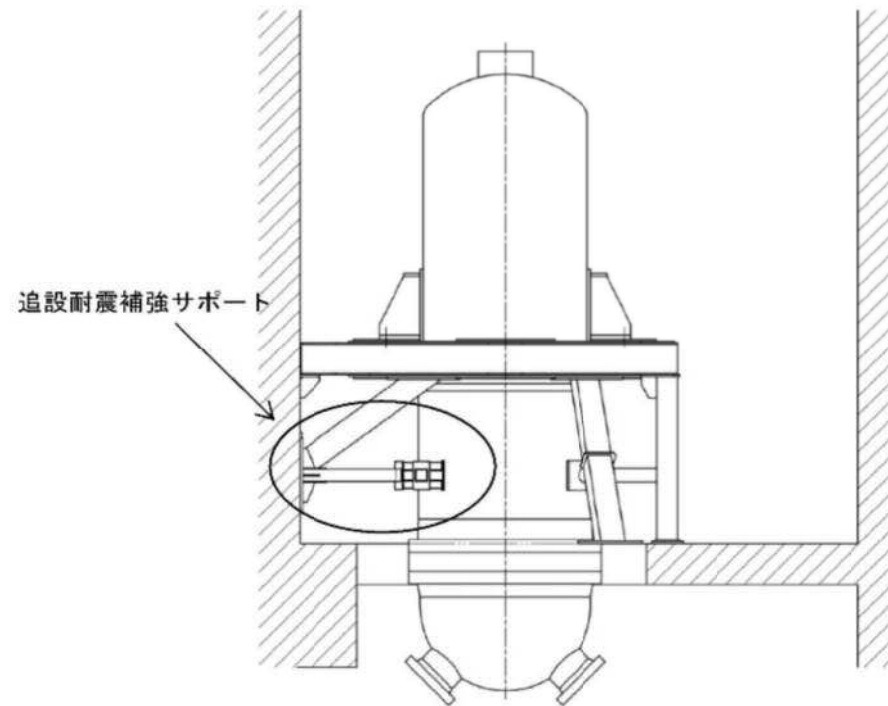
3. 既設の耐震補強工事 (4/11)



原子炉再循環系配管の耐震補強の例

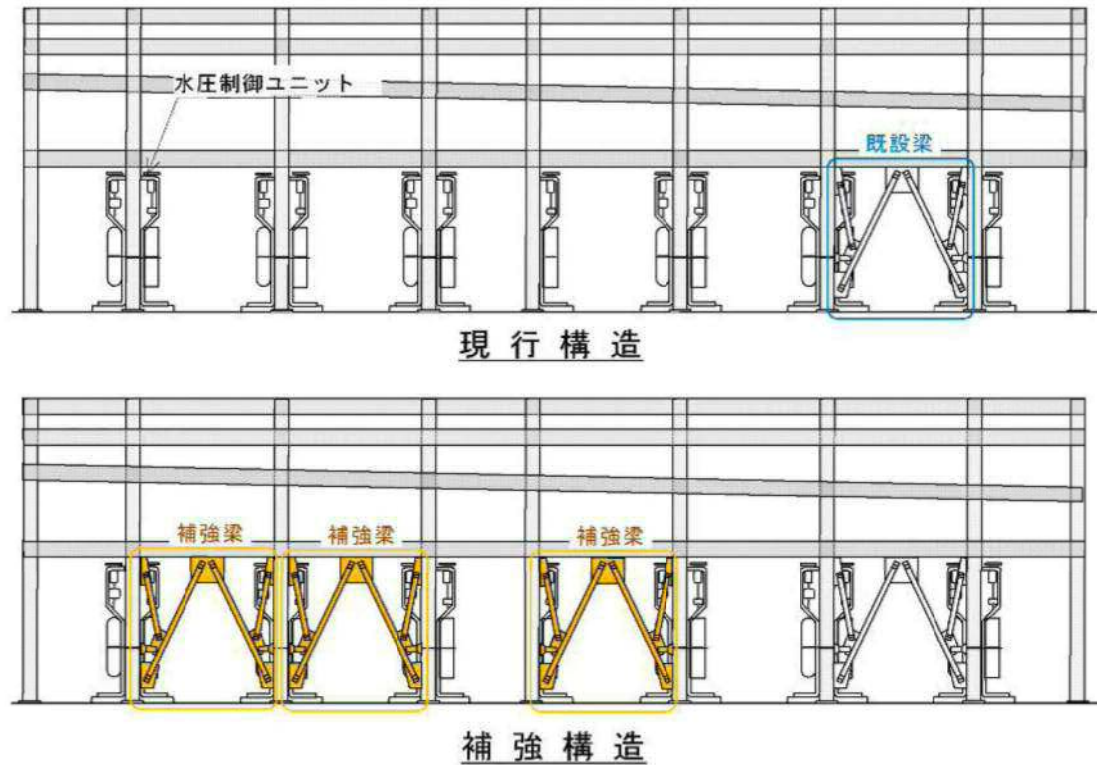
配管系の耐震補強概要図

3. 既設の耐震補強工事 (5/11)

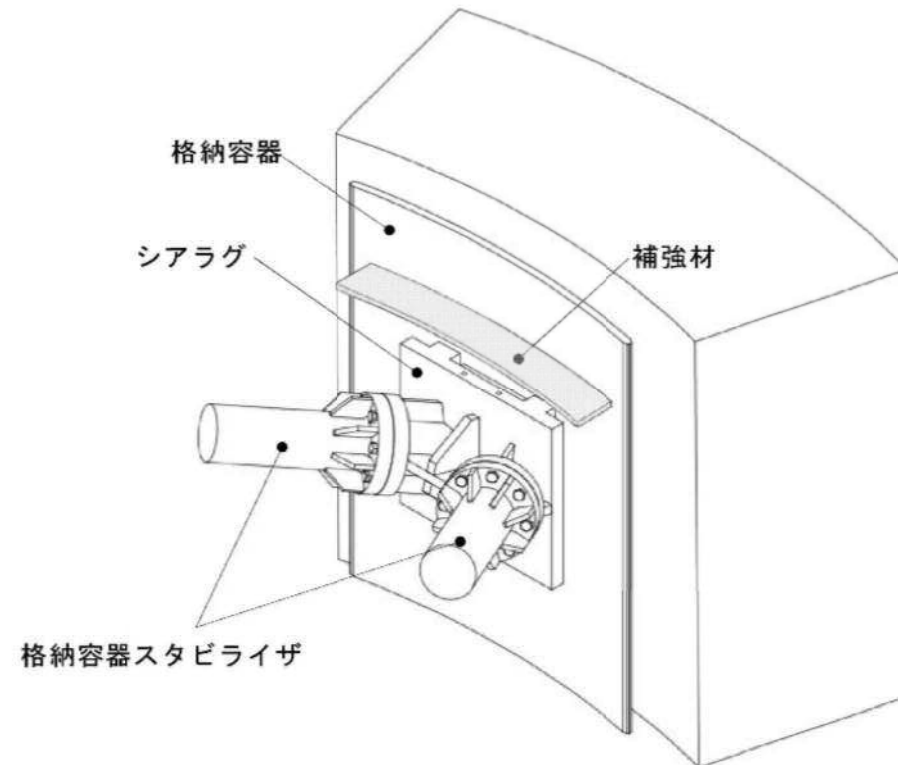


残留熱除去系熱交換器の耐震補強概要図

3. 既設の耐震補強工事 (6/11)

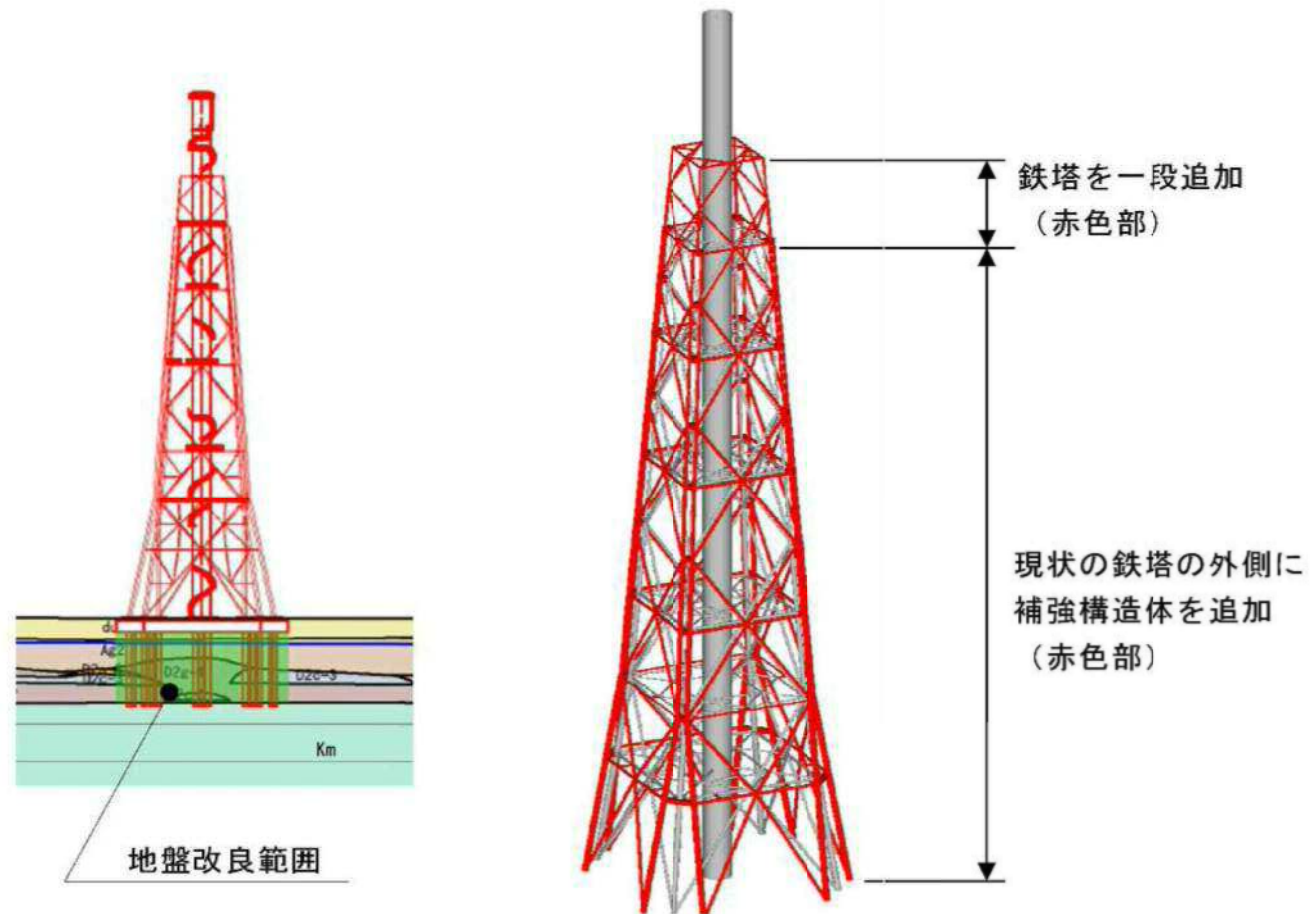


水圧制御ユニットの耐震補強概要図



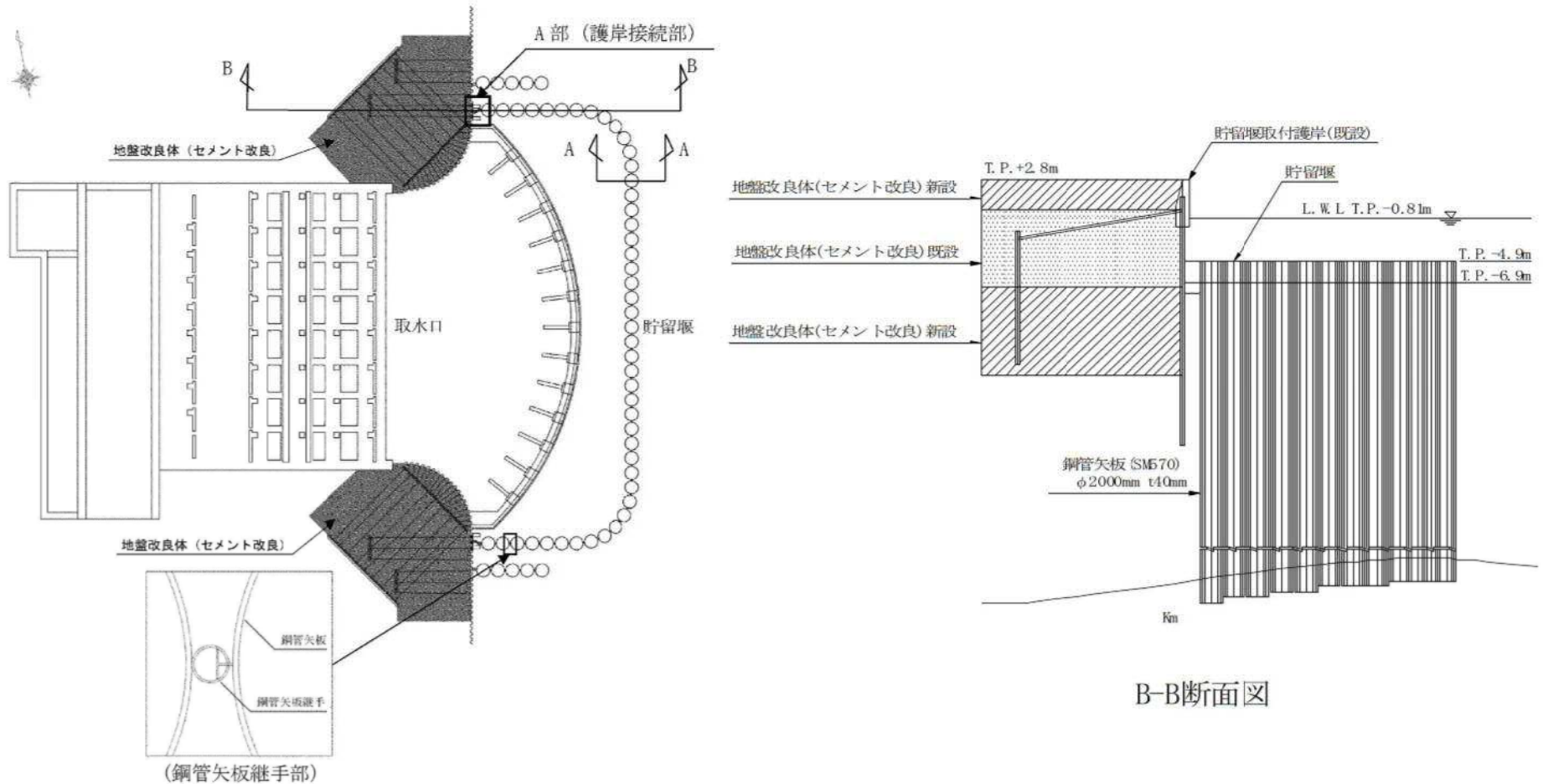
格納容器シアラグ部の耐震補強概要図

3. 既設の耐震補強工事 (8/11)



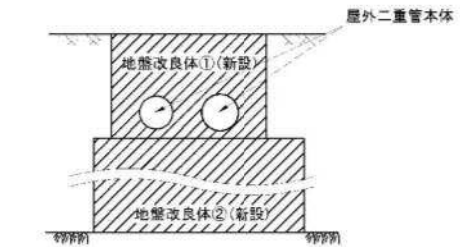
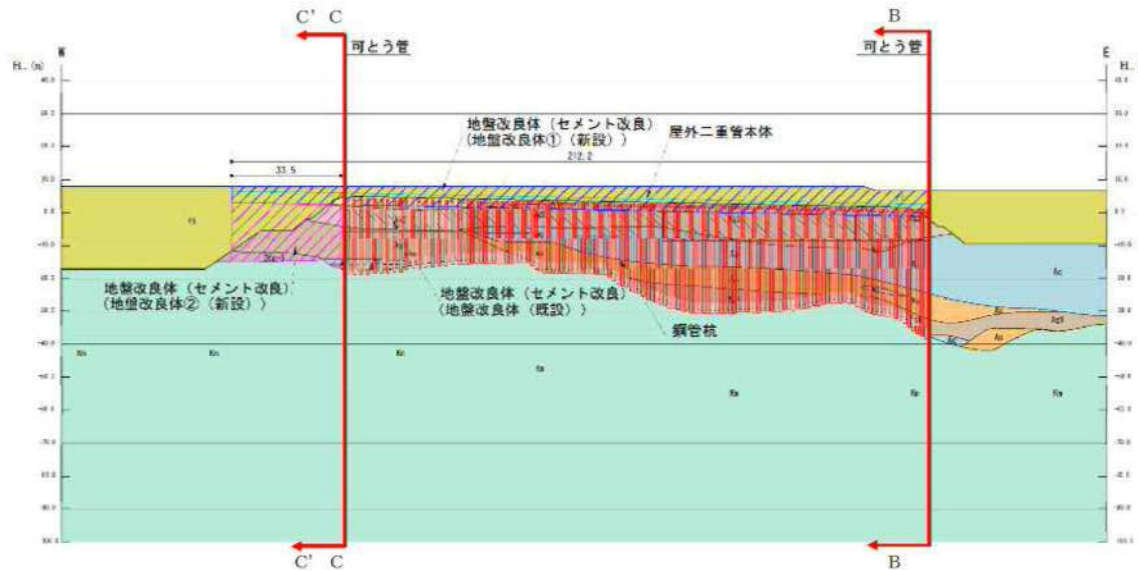
排気筒の耐震補強概要図

3. 既設の耐震補強工事 (9/11)

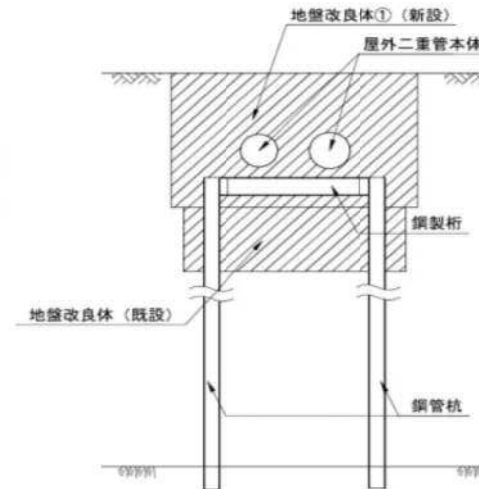
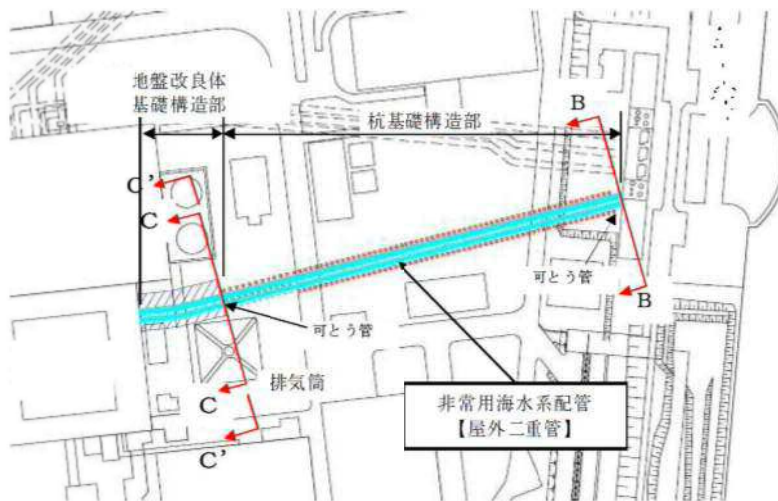


貯留堰取付護岸の耐震補強概要図

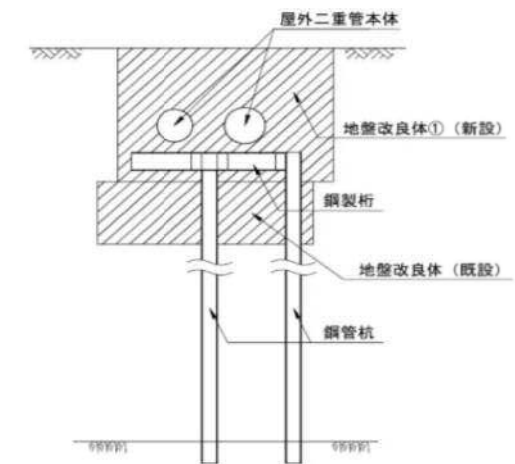
3. 既設の耐震補強工事 (10/11)



C' - C' 断面 (地盤改良体基礎構造部)



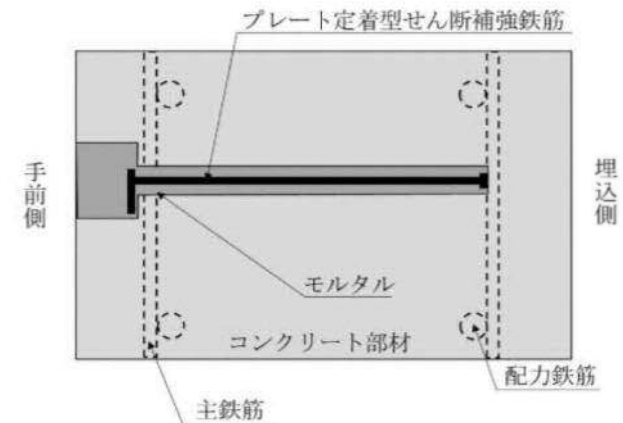
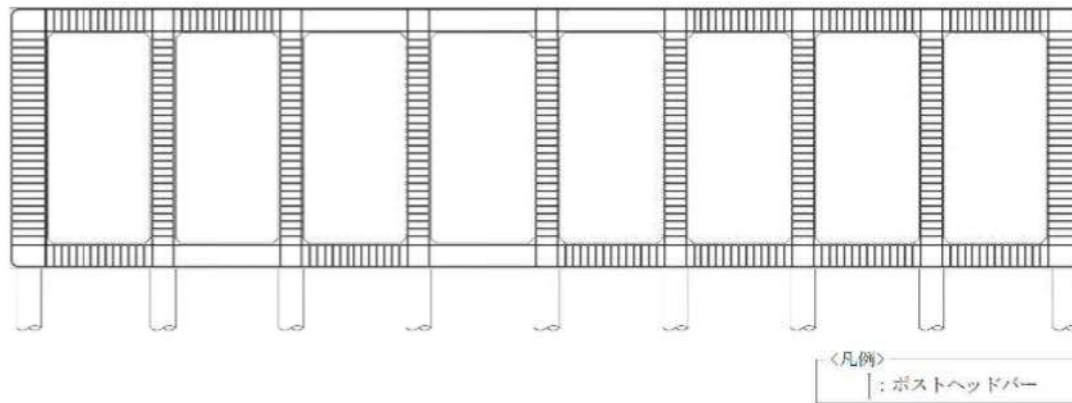
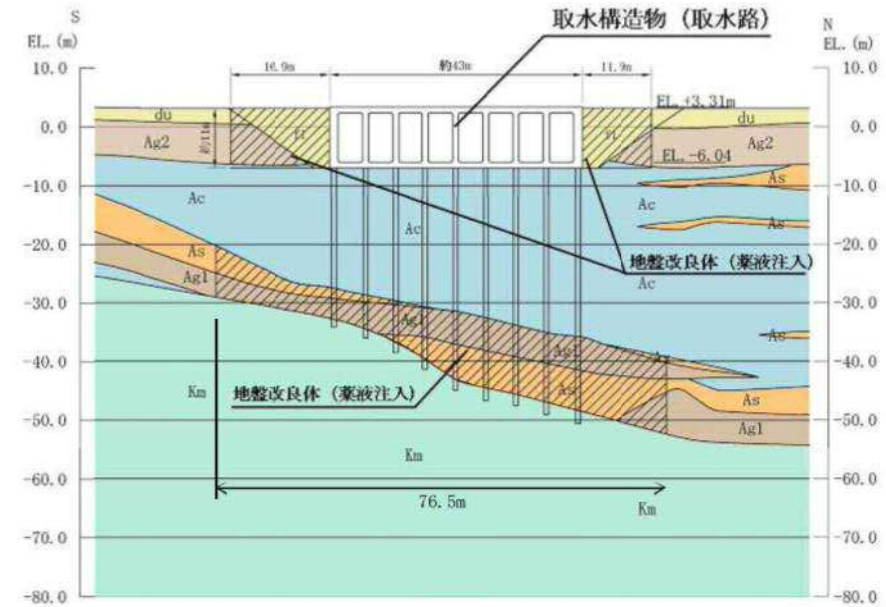
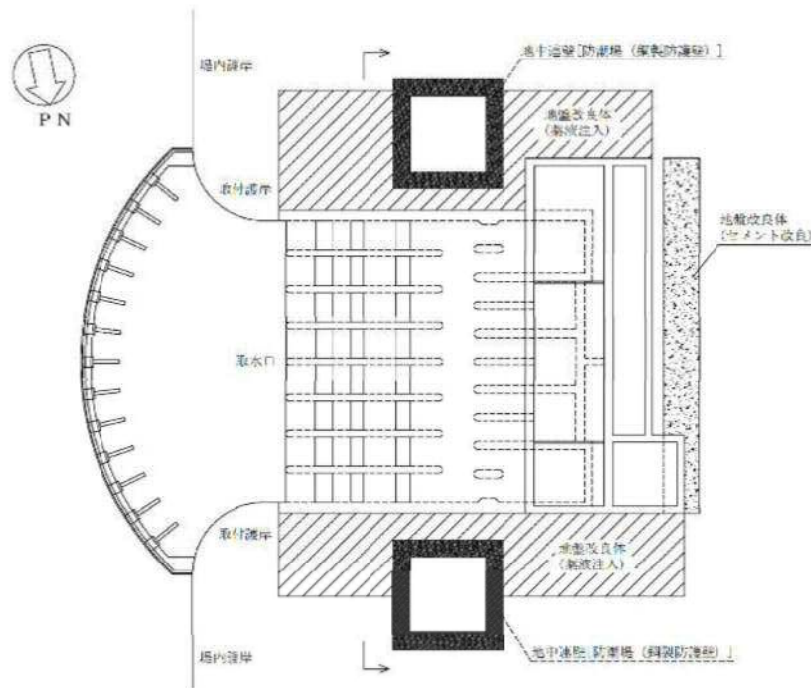
B-B断面 (杭基礎構造部)



C-C断面 (杭基礎構造部)

屋外二重管の耐震補強概要図

3. 既設の耐震補強工事 (11/11)



取水構造物の耐震補強概要図

PHb工法の概要

4. 耐震評価手法 ① 機器・配管系 (1/4)



機器・配管系については、基準地震動 S_S に対し、**構造強度評価により強度的に問題がないことを確認するとともに、地震時に動的機能が求められる設備について動的機能が維持できることを確認する。**

○ 構造強度評価

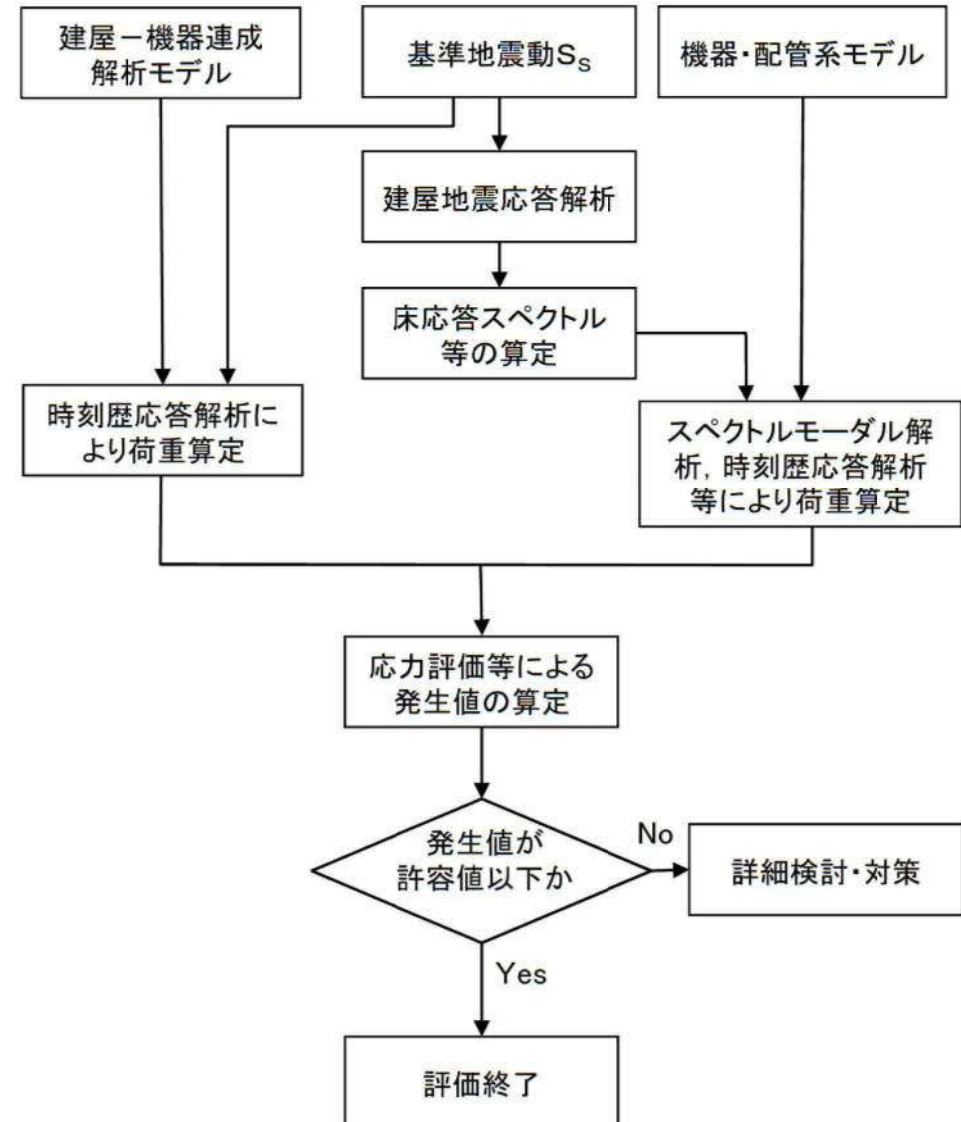
構造強度に関する評価は、以下に示す解析法により発生値を算定し、許容値と比較する。

- (1) スペクトルモーダル解析法
- (2) 時刻歴応答解析法
- (3) 定式化された評価式を用いた解析法(床置機器等)

機器・配管系の地震応答解析モデルは、その振動特性に応じて、代表的な振動モードが表現でき、応力評価等に用いる地震荷重等を算定できるものを使用する。

また、解析モデルは既往評価で用いられたもののほか、有限要素法など実績がある手法によるモデルを使用する。

構造強度評価の手順



4. 耐震評価手法 ① 機器・配管系 (2/4)



○ 動的機能維持評価

動的機能維持に関する評価は、以下に示す機能確認済加速度との比較等により実施する。

(1) 機能確認済加速度との比較

基準地震動 S_S による**評価対象機器の応答加速度を求め、その加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。**

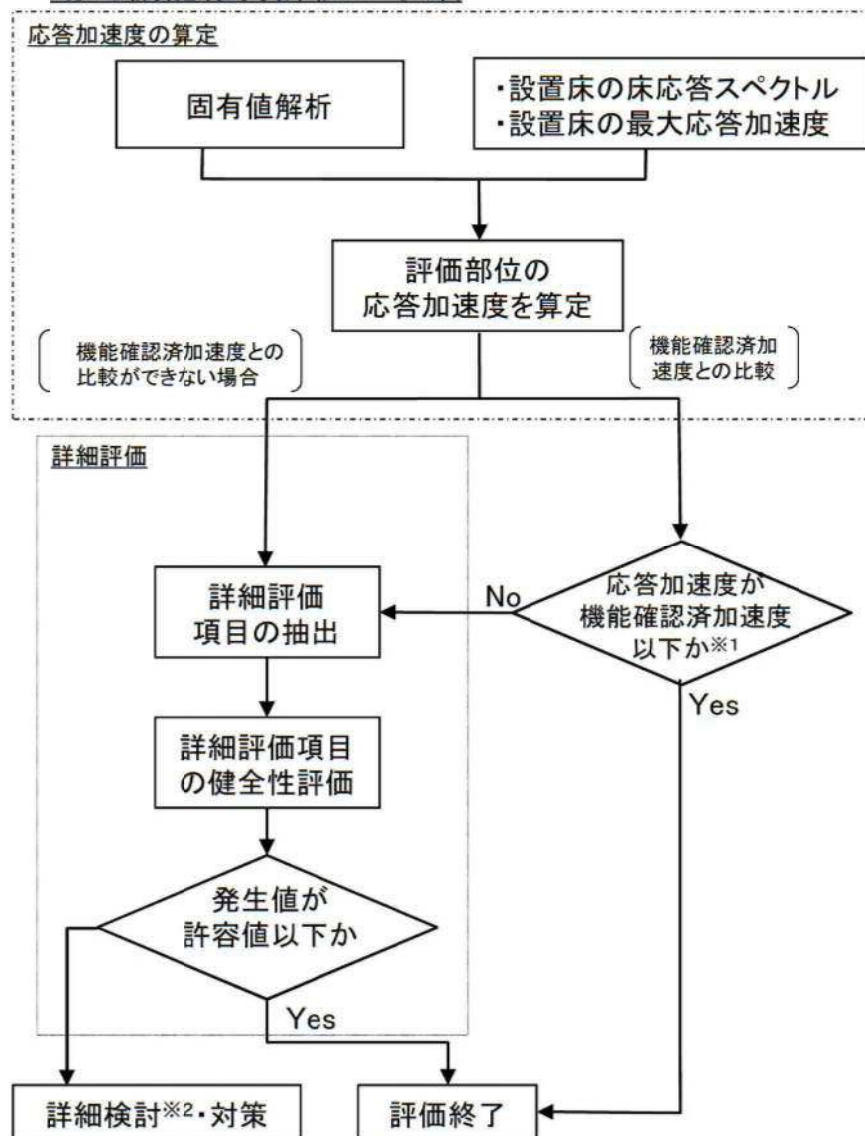
機能確認済加速度とは、立形ポンプ、横形ポンプ及びポンプ駆動用タービン等、機種ごとに試験あるいは解析により動的機能維持が確認された加速度である。

(2) 詳細評価

機能確認済加速度の設定されていない機器、基準地震動 S_S による応答加速度が機能確認済加速度を上回る機器については、**規格基準をもとに詳細評価を行う。**

詳細評価は動的機能維持を確認するうえで評価が必要となる項目を抽出し、**対象部位ごとの構造強度評価又は動的機能維持評価を行い、発生値が許容値を満足していることを確認する。**

動的機能維持評価の手順



*1 制御棒の地震時挿入性については、基準地震動 S_S による燃料集合体相対変位を用いて評価する。

*2 解析、試験等による検討

4. 耐震評価手法 ① 機器・配管系 (3/4)

○ 代表的な機器・配管系における地震応答解析モデルについて、以下の方針に基づき構築する。

- (a) 原子炉格納容器, 原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物
 原子炉格納容器, 原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物は, 建物質量に対しその質量が比較的大きく, また支持構造上からも原子炉建屋による影響が無視できないため, 原子炉建屋と連成させた解析モデルを用いる。原子炉格納容器, 原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物は, 多質点系モデルに置換し, 各構造物を結合するスタビライザ等は等価なばねに置換する。
- (b) 一般機器
 容器, 熱交換器等の一般の機器は, 機器本体及び支持構造物の剛性をそれぞれ考慮し, 原則として重心位置に質量を集中させた1質点系モデルに置換する。ただし, 振動特性の観点から質量分布, 剛性変化等を考慮する方が適切と考えられる構造の場合は, 多質点系モデルに置換する。
- (c) 配管
 配管は, その振動性状を適切に考慮するため, 3次元多質点はりモデルに置換する。

機器・配管系の地震応答解析モデルの例を以下に示す。

	原子炉格納容器, 原子炉圧力容器 及び圧力容器内部構造物	一般機器 (立形ポンプの例)	配管
解析モデル※			

※水平方向を代表として記載

4. 耐震評価手法 ① 機器・配管系 (4/4)



○ 動的機能維持評価における健全性確認のため実施した試験の例を示す。

	回転機器 (常設高圧代替注水系ポンプ)	可搬型設備 (可搬型代替低圧電源車)																																						
確認事項	<p>①加振試験後の動作試験として異常がないこと、分解点検にて各部品に損傷がないことを確認する。</p> <p>②加振波の最大加速度が機器据え付けフロアの評価用加速度を包絡していることを確認する。</p>	<p>①加振試験時に可搬型代替低圧電源車が転送しないこと及び加振試験後の機能維持に問題ないことを確認する。</p> <p>②加振波の床応答スペクトルが保管場所の床応答スペクトルを包絡していることを確認する。</p>																																						
確認結果	<p>①動作試験及び分解点検にて問題ないことを確認した。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>確認項目</th> <th>結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">動作試験</td> <td>・定格流量が設計揚程以内であること</td> <td>良</td> </tr> <tr> <td>・正常にトリップ機能が動作すること</td> <td>良</td> </tr> <tr> <td>・漏えいのないこと</td> <td>良</td> </tr> <tr> <td>分解点検</td> <td>・外観目視点検を行い、部品に損傷のないこと</td> <td>良</td> </tr> </tbody> </table> <p>②最大加速度が評価用加速度を包絡していることを確認した。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>評価用加速度 (G)</th> <th>最大加速度 (G)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>0.72</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>0.72</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>0.75</td> <td>4.0</td> </tr> </tbody> </table>	区分	確認項目	結果	動作試験	・定格流量が設計揚程以内であること	良	・正常にトリップ機能が動作すること	良	・漏えいのないこと	良	分解点検	・外観目視点検を行い、部品に損傷のないこと	良	方向	評価用加速度 (G)	最大加速度 (G)	X	0.72	3.0	Y	0.72	3.0	Z	0.75	4.0	<p>①転倒しないこと及び機能維持を確認した。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>確認項目</th> <th>結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>転倒確認</td> <td>・加振試験時に電源車が転倒しないこと</td> <td>良</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">機能維持確認</td> <td>・外観点検を行い、機能に影響する損傷や燃料漏えい等がないこと</td> <td>良</td> </tr> <tr> <td>・電源車の電氣的機能が維持されていること</td> <td>良</td> </tr> <tr> <td>・電源車の自走機能に問題がないこと</td> <td>良</td> </tr> </tbody> </table> <p>②加振波の床応答スペクトルが保管場所の床応答スペクトルを包絡していることを確認した。</p>	区分	確認項目	結果	転倒確認	・加振試験時に電源車が転倒しないこと	良	機能維持確認	・外観点検を行い、機能に影響する損傷や燃料漏えい等がないこと	良	・電源車の電氣的機能が維持されていること	良	・電源車の自走機能に問題がないこと	良
	区分	確認項目	結果																																					
動作試験	・定格流量が設計揚程以内であること	良																																						
	・正常にトリップ機能が動作すること	良																																						
	・漏えいのないこと	良																																						
分解点検	・外観目視点検を行い、部品に損傷のないこと	良																																						
方向	評価用加速度 (G)	最大加速度 (G)																																						
X	0.72	3.0																																						
Y	0.72	3.0																																						
Z	0.75	4.0																																						
区分	確認項目	結果																																						
転倒確認	・加振試験時に電源車が転倒しないこと	良																																						
機能維持確認	・外観点検を行い、機能に影響する損傷や燃料漏えい等がないこと	良																																						
	・電源車の電氣的機能が維持されていること	良																																						
	・電源車の自走機能に問題がないこと	良																																						
加振試験状況																																								

4. 耐震評価手法 ② 建物・構築物 (1/3)



建物・構築物は、以下の評価方法に基づき耐震性評価を実施する。

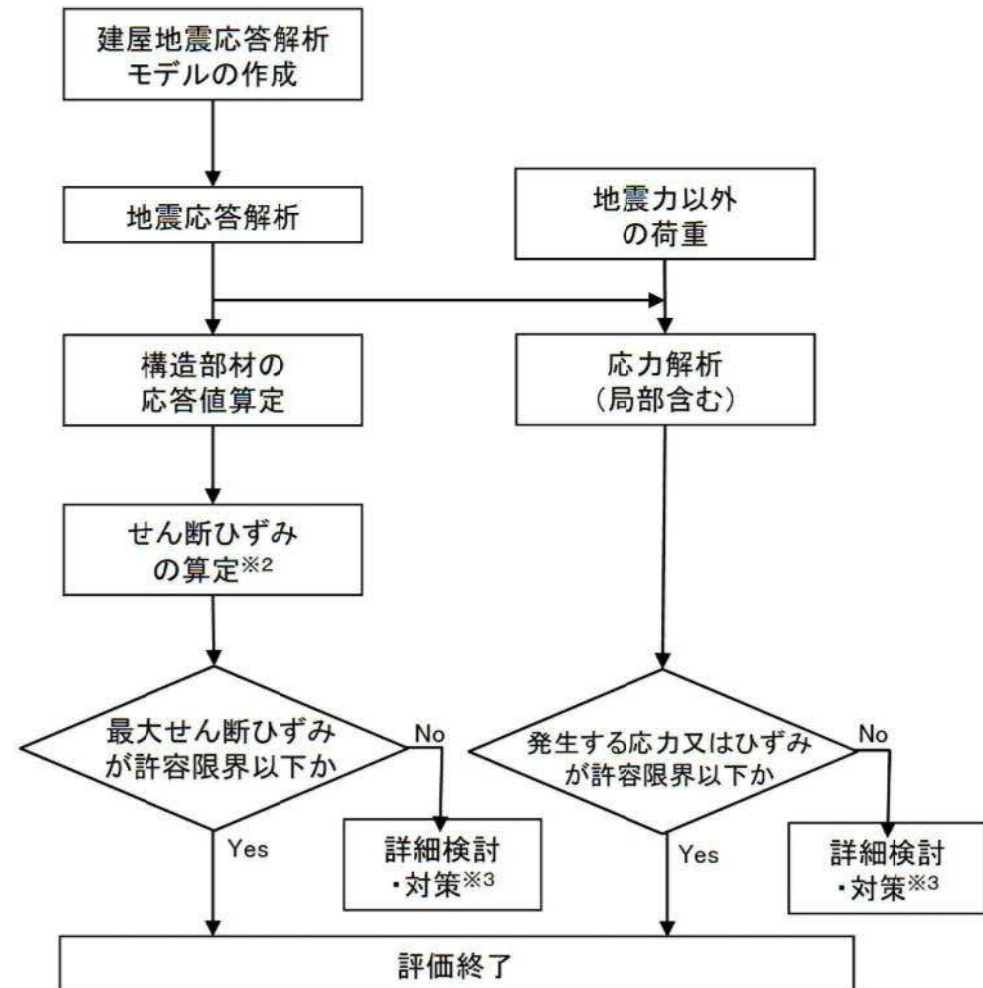
○ 地震応答解析による評価

建物・構築物は、原則として、構造物全体として変形能力を有しているとの観点から、**主たる耐震要素である耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認**する。評価は、各建屋の構造的な特徴を踏まえ、振動性状を適切に考慮した質点系モデルによる地震応答解析を基本とする。

○ 応力解析による評価

構造物全体の挙動に加え、局所の応力評価が必要な部位については、**有限要素解析による発生応力またはひずみを算定し、許容限界との比較**を行う。**局所の応力評価が必要な部位は、Sクラス施設の各部位及びSクラス施設の間接支持構造物の基礎並びに鉛直方向の地震力の影響を強く受けるおそれのある屋根トラス**とする。また、3次元応答性状の影響、水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに対する影響を踏まえ、必要に応じて他の部位についても実施する。

基準地震動 S_S による評価フロー※1



*1 保有水平耐力が必要保有水平耐力以上であることも確認する。

*2 せん断ひずみに加え、接地圧も評価し、接地圧が定める許容限界以下であることも確認する。

*3 検討の内容に応じて必要なプロセスに戻る。

4. 耐震評価手法 ② 建物・構築物 (2/3)



○ 代表的な建物・構築物について、原子炉建屋及び緊急時対策所建屋を例に構造概要を示す。

	原子炉建屋	緊急時対策所建屋
構造概要	鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)	鉄筋コンクリート造
基礎	厚さ:約5m (人工岩盤を介して、砂質泥岩である久米層に岩着)	厚さ:2.5m(一部2.2m及び5.7m) (場所打ち鋼管コンクリート杭を介して、砂質泥岩である久米層に岩着)
平面形状		約38m(南北方向)×約36m(東西方向)
高さ		基礎版底面から約30m
図面	<p>平面図</p> <p>断面図</p>	<p>杭仕様:材質SKK490,本数88本(11×9),径φ1000,厚さ22mm</p> <p>凡例 ○:杭 (杭伏図)</p> <p>平面図</p> <p>断面図</p>
建屋の特徴	建物中央部には原子炉格納容器を囲む円形の壁があり、その外側に二次格納施設である原子炉棟の外壁及び原子炉建屋付属棟の外壁がある。	緊急時対策所建屋2階に、重大事故等の発生時においても、必要な指示及び対策を行う要員がとどまることができる緊急時対策所を設置している。

4. 耐震評価手法 ② 建物・構築物 (3/3)

地震応答解析モデルは、建屋構造概要を踏まえ、以下の方針に基づき構築する。

○ モデル化の基本方針

- ・構造物の振動性状を適切に表現できる質点系モデルとする。
- ・床等でつながっている構造物は、床の剛性を適切に考慮して連結する。
- ・床、壁の剛性が高く、耐震壁がバランスよく配置された建屋については、床を剛体としてモデル化する。
- ・構造形式、入力レベルを考慮して適切な減衰を設定する。

代表的な建物・構築物について、 及び を例に地震応答解析モデルを以下に示す。

建屋名称		
解析モデル※	<p>地盤との相互作用を考慮した一軸多質点系の曲げせん断棒モデル</p> <p style="text-align: center;">地盤との相互作用はスウェイロッキングモデルによる</p>	<p>地盤との相互作用を考慮した一軸及び多軸多質点系の曲げせん断棒モデル</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(NS方向)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(EW方向)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">地盤との相互作用はスウェイロッキングモデルによる</p>

※水平方向を代表として記載

4. 耐震評価手法 ③ 土木構造物 (1/6)



土木構造物は、以下の評価方法に基づき耐震性評価を実施する。

○ 土木構造物の機能要求

土木構造物は、耐震安全上重要な機器・配管系の間接支持機能及び非常時における海水の通水機能が求められている。

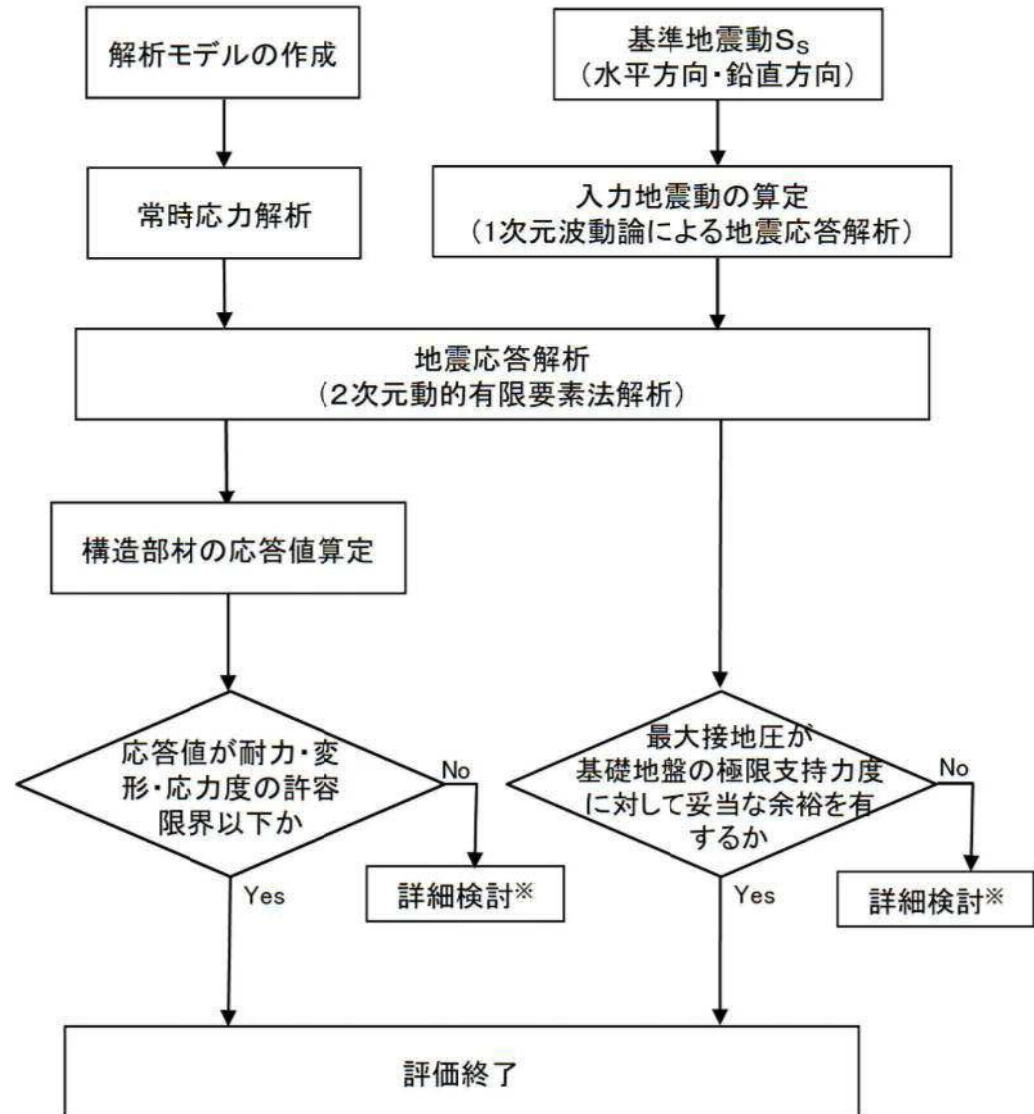
○ 土木構造物の評価

土木構造物の耐震安全性評価では、**構造物が崩壊しないこと及び間接支持する機器・配管系に影響がないこと**を目標性能とし、基準地震動 S_S による地震応答解析を行い、**構造部材の応答値が許容限界以下であることを確認**する。

○ 基礎地盤の評価

土木構造物の評価と同様に、地震応答解析から得られる**最大接地圧が基礎地盤の極限支持力に対して妥当な余裕を有することを確認**することで基礎地盤が十分な支持性能を有することを確認する。

構造強度評価の手順



4. 耐震評価手法 ③ 土木構造物 (2/6)



○ 代表的な土木構造物について、取水構造物及び鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁を例に構造概要を示す。

	取水構造物	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁
構造概要	鉄筋コンクリート造の地中構造であり、杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。	鋼管杭による下部構造と、5本の鋼管杭を束ね止水機能を確保する鉄筋コンクリートの壁による上部構造から構成される。
基礎	鋼管杭を介して、砂質泥岩である久米層に岩着	鋼管杭を介して、砂質泥岩である久米層に岩着
平面形状	延長約57m, 幅約43m, 鋼管杭φ1.016m	延長約1.5km, 厚さ3.5m(鋼管杭φ2.5m)(東側), 厚さ3.0m(鋼管杭φ2.0m)(北側, 南側)
高さ	高さ約12m	T.P.+20.0m(東側), T.P.+18.0m(北側, 南側)
図面	<p>平面図</p> <p>断面図</p>	<p>正面図及び断面図</p> <p>平面図</p>
構造の特徴	取水方向に対して複数の断面形状を示す鉄筋コンクリート造の地中構造物であるが、構造的には多連ボックスカルバート状のラーメン構造である。	隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。防潮壁の堤内側には、耐津波に対する受働抵抗を目的とした地盤改良体(セメント改良)による地盤高さの嵩上げを行うとともに、洗掘防止対策やボイリング対策として、堤内及び堤外の表層部の地盤改良(セメント改良)を実施する。

4. 耐震評価手法 ③ 土木構造物 (3/6)



地震応答解析モデルは、以下の方針に基づき構築する。

○ モデル化の基本方針

- ・構造部材は、線形及び非線形はり要素にてモデル化する。
- ・地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。
- ・地盤は、地震の波動をなめらかに表現するために十分細分化した要素分割とする。また、境界条件の影響が評価対象構造物に及ばないように、十分に広い範囲をモデル化する。

代表的な土木構造物について、取水構造物及び鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁を例に地震応答解析モデルを以下に示す。

建屋名称	取水構造物	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁
解析モデル		

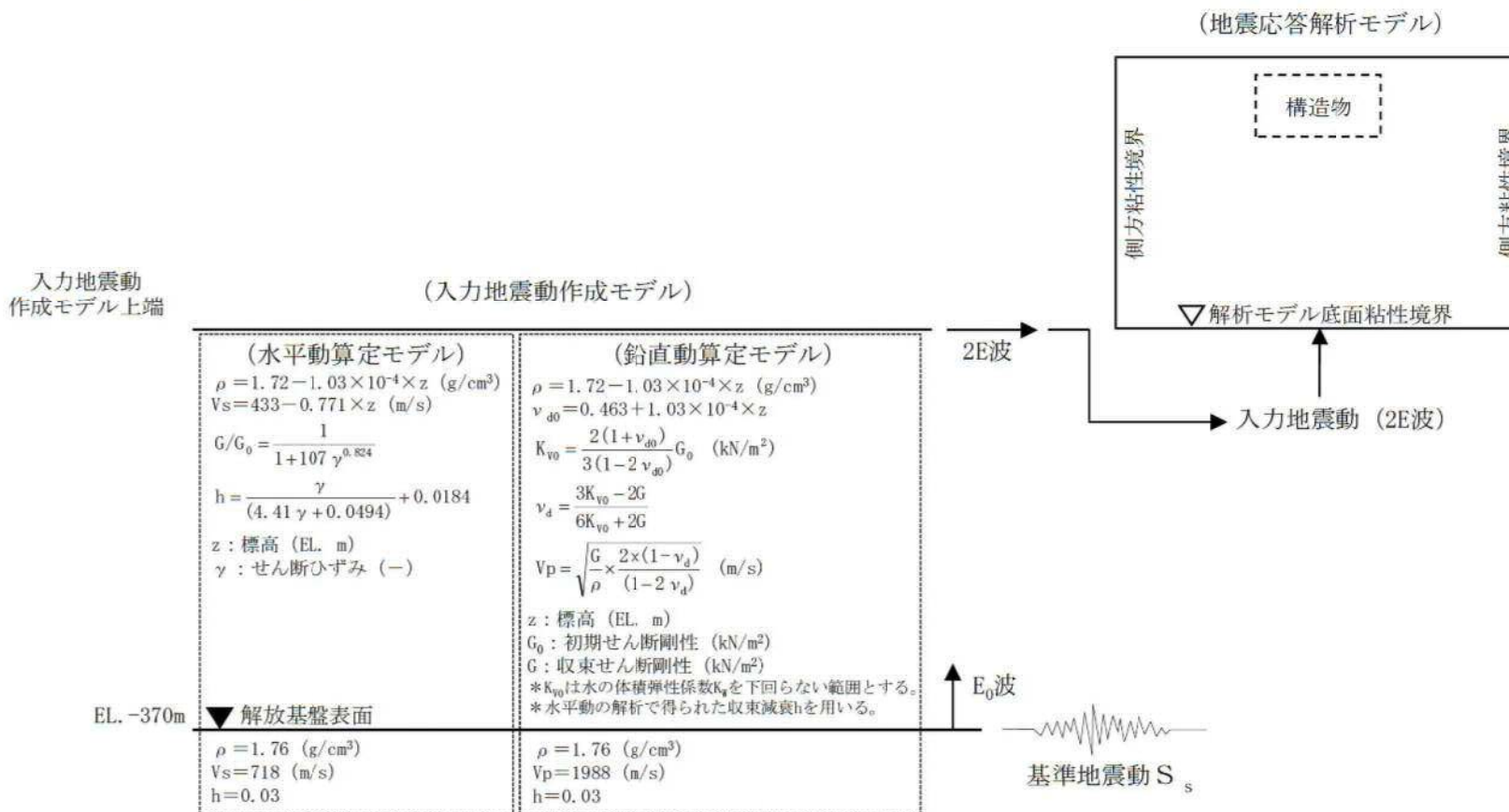
4. 耐震評価手法 ③ 土木構造物 (4/6)



○ 入力地震動算定

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を1次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

また、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルについては、解放基盤表面(EL. -370 m)から解析モデル底面位置の久米層をモデル化する。



4. 耐震評価手法 ③ 土木構造物 (5/6)

○ 屋外重要土木構造物及び津波防護施設の要求性能と要求性能に対する耐震評価内容

【屋外重要土木構造物の要求性能】

- ① 支持性能: Sクラスの機器・配管系を間接支持する構造物について、**機器・配管系の各機能を安全に支持できること。**
- ② 通水性能: 非常用取水設備のうち、通水断面を有する構造物について、**通水機能を保持できること。**
- ③ 貯水性能: 非常用取水設備について、**著しい漏水がなく、所要の海水を貯留できること。**
- ④ 止水性能: 津波防護施設、**浸水防止設備を間接支持する構造物について、止水機能を有すること。**

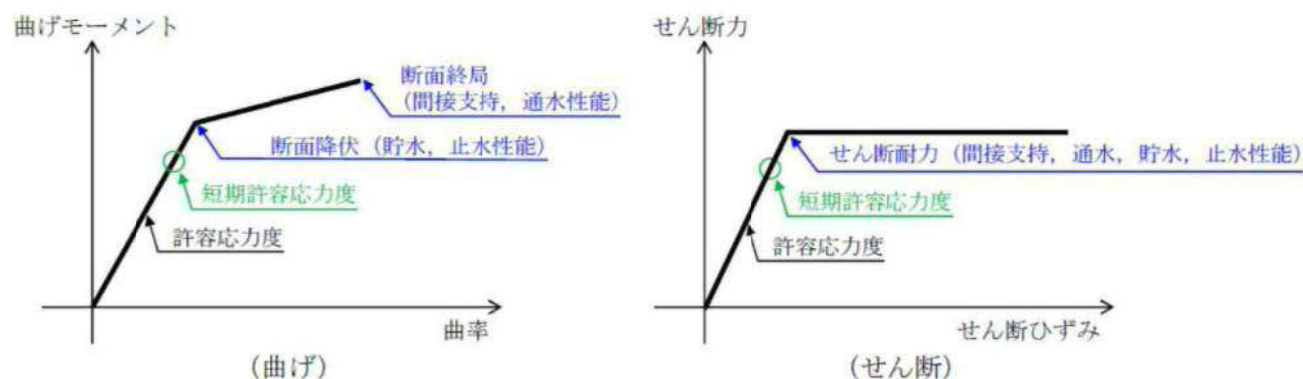
○ 各種要求性能に対応する許容限界

【既設屋外重要土木構造物】

- ① 支持性能及び② 通水性能に対する許容限界は、曲げ及びせん断ともに終局耐力とする。
 - ③ 貯水性能及び④ 止水性能に対する許容限界は、曲げについては降伏耐力、せん断については終局耐力（せん断耐力）とする。
- これらの許容限界のうち終局耐力に対しては、各種安全係数を考慮することで、**妥当な安全余裕を考慮した設計を行う方針とする。**

【新設屋外重要土木構造物及び津波防護施設】

短期許容応力度を許容限界とすることで、上記の要求性能全てを満足させる設計方針とする。



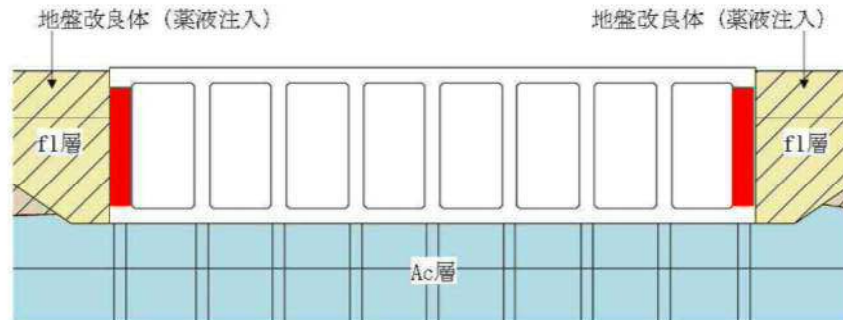
4. 耐震評価手法 ③ 土木構造物 (6/6)

既設 土木構造物の耐震評価結果：取水構造物

○ 貯水機能及び止水機能を有する部材

【貯水機能】

取水構造物における側壁と底板のうち、埋戻土 (f1層) に接する側壁に対し、貯水機能を確保する。底板は透水係数の小さい粘性土 (Ac層) に接しており、かつ地下水位面 (海面) よりも低い位置に設置されるため対象外とする。



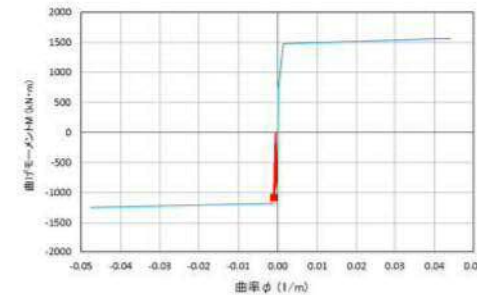
【止水機能】

水防止設備を間接支持する部材に対し、止水機能を確保する。

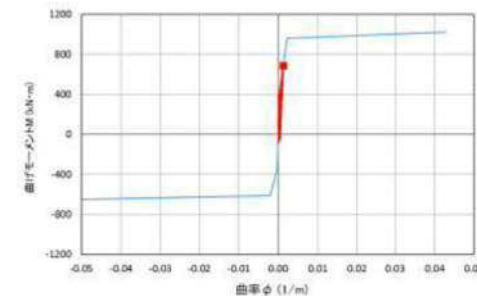


○ 評価結果 (貯水機能及び止水機能)

- ・貯水機能及び止水機能を要求する鉄筋コンクリート部材について、鉄筋の降伏 (第二折れ点) を許容限界とした評価を行う。
- ・評価結果は第二折れ点未満であり、**許容限界を満足することを確認した。**



(側壁：貯水機能)



(頂版：止水機能)

M-φ曲線を用いた止水機能の確認結果

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (1/30)



○ 機器・配管系の重要設備について基準地震動Ssにおける発生値が許容値に収まることを確認した。

目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-2-2-2	原子炉建屋地下排水設備排水ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	9	147	16.33
		機能維持	地下排水設備排水ポンプ	応答加速度(鉛直)	G	0.51	2	3.92
V-2-2-2-3	原子炉建屋地下排水設備排水配管の耐震性についての計算書	構造強度	IW-001YD	一次応力	MPa	27	369	13.66
V-2-2-2-4	原子炉建屋地下排水設備集水ピット水位の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト(集水ピット水位監視盤)	引張応力	MPa	26	168	6.46
		機能維持	集水ピット水位監視盤	応答加速度(鉛直)	G	0.91	1.5	1.64
V-2-2-2-5	原子炉建屋地下排水設備排水ポンプ制御盤の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	33	168	5.09
		機能維持	排水ポンプ制御盤	応答加速度(鉛直)	G	0.91	2	2.19
V-2-3-3-1	燃料集合体の耐震性についての計算書	構造強度	被覆管	設計比	-	0.37	1	2.70
V-2-3-3-2-2	炉心シュラウドの耐震性についての計算書	構造強度	下部胴	座屈応力	-	0.56	1	1.78
V-2-3-3-2-3	シュラウドサポートの耐震性についての計算書	構造強度	レグ	圧縮応力	MPa	193	245	1.26
V-2-3-3-2-4	上部格子板の耐震性についての計算書	構造強度	グリッドプレート	一次一般膜+一次曲げ応力	MPa	136	391	2.87
V-2-3-3-2-5	炉心支持板の耐震性についての計算書	構造強度	支持板	一次一般膜+一次曲げ応力	MPa	108	391	3.62
V-2-3-3-2-6	燃料支持金具の耐震性についての計算書	構造強度	周辺燃料支持金具	一次一般膜応力	MPa	12	104	8.66
V-2-3-3-2-7	制御棒案内管の耐震性についての計算書	構造強度	長手中央部	一次一般膜応力	MPa	20	130	6.5
V-2-3-4-1-2	原子炉圧力容器の耐震性についての計算書(その1)	構造強度	下部鏡板	一次一般膜応力	MPa	172	326	1.89
V-2-3-4-1-3	原子炉圧力容器の耐震性についての計算書(その2)	構造強度	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル(ノズルセーフエンド)	一次膜+一次曲げ応力	MPa	237	338	1.42
V-2-3-4-2-1	原子炉圧力容器スタビライザの耐震性についての計算書	構造強度	ロッド	引張応力	MPa	410	440	1.07
V-2-3-4-2-2	原子炉格納容器スタビライザの耐震性についての計算書	構造強度	フランジボルト	引張応力	MPa	509	534	1.04

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (2/30)



目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-3-4-2-3	制御棒駆動機構ハウジング支持金具の耐震性についての計算書	構造強度	レストレイントビーム一般部	曲げ応力	MPa	149	241	1.61
V-2-3-4-2-4	差圧検出・ほう酸水注入管(ティーよりN10ノズルまでの外管)の耐震性についての計算書	構造強度	差圧検出・ほう酸水注入管	一次一般膜応力	MPa	41	232	5.65
V-2-3-4-3-2	蒸気乾燥器の耐震性についての計算書	構造強度	耐震サポート	せん断応力	MPa	63	82	1.3
V-2-3-4-3-3	気水分離器及びスタンドパイプの耐震性についての計算書	構造強度	スタンドパイプ	モーメント	kN・m	43.9	44.7	1.02
V-2-3-4-3-4	シュラウドヘッドの耐震性についての計算書	構造強度	シュラウドヘッドボルト	一次一般膜応力	MPa	131	147	1.12
V-2-3-4-3-5	ジェットポンプの耐震性についての計算書	構造強度	ライザ	一次一般膜＋一次曲げ応力	MPa	78	195	2.5
V-2-3-4-3-6	給水スパージャの耐震性についての計算書	構造強度	ヘッド	一次一般膜＋一次曲げ応力	MPa	23	254	11.04
V-2-3-4-3-7	高圧及び低圧炉心スプレイスパージャの耐震性についての計算書	構造強度	ヘッド	一次一般膜＋一次曲げ応力	MPa	43	226	5.25
V-2-3-4-3-8	残留熱除去系配管(原子炉圧力容器内部)の耐震性についての計算書	構造強度	フランジネック	一次一般膜応力	MPa	2	104	52
V-2-3-4-3-9	高圧及び低圧炉心スプレイ配管(原子炉圧力容器内部)の耐震性についての計算書	構造強度	低圧炉心スプレイ配管	一次一般膜＋一次曲げ応力	MPa	228	261	1.14
V-2-3-4-3-10	差圧検出・ほう酸水注入管(原子炉圧力容器内部)の耐震性についての計算書	構造強度	ほう酸水注入管	一次一般膜＋一次曲げ応力	MPa	47	156	3.31
V-2-3-4-3-11	中性子計測案内管の耐震性についての計算書	構造強度	中性子計測案内管	一次一般膜＋一次曲げ応力	MPa	102	156	1.52
V-2-4-2-2	使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算書	構造強度	ラック取付ボルト 70体ラック	引張応力	MPa	126	153	1.21
V-2-4-2-3-1	使用済燃料乾式貯蔵容器の耐震性についての計算書(タイプⅠ)	構造強度	トランニオン固定ボルト	引張応力	MPa	375	478	1.27
V-2-4-2-3-2	使用済燃料乾式貯蔵容器の耐震性についての計算書(タイプⅡ)	構造強度	下部トランニオン	組合応力	MPa	441	591	1.34
V-2-4-2-3-3	使用済燃料乾式貯蔵容器の耐震性についての計算書(タイプⅢ)	構造強度	トランニオン固定金具	曲げ応力	MPa	583	837	1.43
V-2-4-2-4	使用済燃料プール温度(SA)の耐震性についての計算書	構造強度	架構	組合応力	MPa	149	205	1.37
		機能維持	使用済燃料プール温度(SA)	応答加速度(水平)	G	9.75	10	1.02

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (3/30)



目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-4-2-5	使用済燃料プール水位・温度(SA広域)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	49	147	3.00
		機能維持	使用済燃料プール水位・温度(SA広域)	応答加速度(水平)	G	5.2	11	2.11
V-2-4-3-1-1	管の耐震性についての計算書(燃料プール冷却浄化系)	構造強度	FPC-11	一次応力	MPa	203	414	2.03
V-2-4-3-2-1	管の耐震性についての計算書(代替燃料プール注水系)	構造強度	ALPI-004R4F	一次応力	MPa	133	366	2.75
V-2-4-3-3-1	代替燃料プール冷却系熱交換器の耐震性についての計算書	構造強度	脚	組合応力	MPa	36	241	6.69
V-2-4-3-3-2	代替燃料プール冷却系ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	ポンプ取付ボルト	引張応力	MPa	36	398	11.05
		機能維持	ポンプ原動機	応答加速度(鉛直)	G	0.98	1	1.02
V-2-4-3-3-3	管の耐震性についての計算書(代替燃料プール冷却系)	構造強度	AFPC-3	一次応力	MPa	77	365	4.74
V-2-4-4-1	使用済燃料プール監視カメラの耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト(監視カメラ)	引張応力	MPa	153	318	2.07
		機能維持	使用済燃料プール監視カメラ(制御盤)	応答加速度(鉛直)	G	0.98	1.5	1.53
V-2-4-4-2	使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト(空気圧縮機)	引張応力	MPa	19	168	8.84
		機能維持	使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置(冷却器)	応答加速度(鉛直)	G	1.47	2	1.36
V-2-5-2-1-1	管の耐震性についての計算書(原子炉冷却材再循環系)	構造強度	PLR-PD-1	一次応力	MPa	182	252	1.38
V-2-5-3-1-1	アキュムレータの耐震性についての計算書	構造強度	銅板	一次一般膜応力	MPa	54	248	4.59
V-2-5-3-1-2	管の耐震性についての計算書(主蒸気系)	構造強度	MS-B	一次応力	MPa	306	345	1.12
		機能維持	主蒸気隔離弁B22-F022A,F22B	応答加速度(鉛直)	G	5.6	6.2	1.10
V-2-5-3-2-1	管の耐震性についての計算書(復水給水系)	構造強度	FDW-5.6.7.8.11	ねじり応力	MPa	98	100	1.02
		機能維持	逆止め弁	応答加速度(水平)	G	4.8	6	1.25

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (4/30)



目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-5-3-3-1	管の耐震性についての計算書 (主蒸気隔離弁漏えい抑制系)	構造強度	MSIV-10,13,14,16,19	一次応力	MPa	146	363	2.48
V-2-5-4-1-1	残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書	構造強度	取付ボルト(ラグ部) (A号機)	引張り	MPa	405	444	1.09
V-2-5-4-1-2	残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	バレルケーシング	一次一般膜応力	MPa	59	223	3.77
		機能維持	ポンプ 原動機	応答加速度 (鉛直)	G	0.75	1	1.33
V-2-5-4-1-3	残留熱除去系ストレナの耐震性についての計算書	構造強度	全ディスクセットの多孔 プレート	一次膜応力+一次曲 げ応力	MPa	119	351	2.94
V-2-5-4-1-4	管の耐震性についての計算書 (残留熱除去系)	構造強度	RHR-70 ELBOW	一次応力	MPa	217	260	1.19
		機能維持	逆止め弁 E12-F050A	応答加速度 (水平)	G	5.9	6	1.01
V-2-5-4-1-5	ストレナ部ティーの耐震計算書(残留熱除去系)	構造強度	ティー	一次応力	MPa	25	339	13.56
V-2-5-4-2-1	管の耐震性についての計算書 (耐圧強化ベント系)	構造強度	AC-SGTS	一次応力	MPa	91	335	3.68
V-2-5-5-1-1	高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算 書	構造強度	コラムパイプ	一次一般膜応力	MPa	204	223	1.09
		機能維持	ポンプ 原動機	応答加速度 (鉛直)	G	0.75	1	1.33
V-2-5-5-1-2	高圧炉心スプレイ系ストレナの耐震性についての 計算書	構造強度	全ディスクセットの多孔 プレート	一次膜応力+一次曲 げ応力	MPa	119	351	2.94
V-2-5-5-1-3	管の耐震性についての計算書 (高圧炉心スプレイ系)	構造強度	HPCS-1	一次応力	MPa	93	100	1.07
		機能維持	E22-F001	応答加速度 (水平)	G	3.9	6	1.53
V-2-5-5-1-4	ストレナ部ティーの耐震計算書(高圧炉心スプレイ 系)	構造強度	ティー	一次応力	MPa	25	339	13.56
V-2-5-5-2-1	低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算 書	構造強度	原動機台取付ボルト	引張応力	MPa	29	163	5.62
		機能維持	ポンプ 原動機	応答加速度 (鉛直)	G	0.75	1	1.33
V-2-5-5-2-2	低圧炉心スプレイ系ストレナの耐震性についての 計算書	構造強度	全ディスクセットの多孔 プレート	一次膜応力+一次曲 げ応力	MPa	119	351	2.94

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (5/30)



目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-5-5-2-3	管の耐震性についての計算書 (低圧炉心スプレイ系)	構造強度	LPCS-1 ELBOW	ねじり応力	MPa	53	100	1.88
		機能維持	E21-F006	応答加速度 (水平)	G	3.7	6	1.62
V-2-5-5-2-4	ストレーナ部ティーの耐震計算書(低圧炉心スプレイ系)	構造強度	ティー	一次応力	MPa	25	339	13.56
V-2-5-5-3-1	原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書	構造強度	多孔プレートとフランジ の取付部	一次膜+一次曲げ応力	MPa	5	394	78.80
V-2-5-5-4-1	常設高圧代替注水系ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	ポンプ取付ボルト	引張応力	MPa	64	398	6.21
		機能維持	常設高圧代替注水系 ポンプ	応答加速度 (水平)	G	0.72	3	4.16
V-2-5-5-4-2	管の耐震性についての計算書 (高圧代替注水系)	構造強度	AHPI-3	一次応力	MPa	153	363	2.37
		機能維持	一般弁 SA13-MO-F300	応答加速度 (水平)	G	3.5	6	1.71
V-2-5-5-5-1	常設低圧代替注水系ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	38	184	4.84
		機能維持	ポンプ	応答加速度 (水平)	G	1.31	1.4	1.06
V-2-5-5-5-2	管の耐震性についての計算書 (低圧代替注水系)	構造強度	ALPI-013YD	一次応力	MPa	142	366	2.57
V-2-5-5-6-1	代替循環冷却系ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	16	173	10.81
		機能維持	ポンプ 原動機	応答加速度 (鉛直)	G	0.75	1	1.33
V-2-5-5-6-2	管の耐震性についての計算書 (代替循環冷却系)	構造強度	ARC-2	一次応力	MPa	186	365	1.96
V-2-5-6-1-1	原子炉隔離時冷却系ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	27	455	16.85
		機能維持	ポンプ	応答加速度 (鉛直)	G	0.75	1	1.33
V-2-5-6-1-2	原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用蒸気タービンの耐震性についての計算書	構造強度	タービン取付ボルト	引張応力	MPa	89	444	4.98
		機能維持	原子炉隔離時冷却系 タービン	応答加速度 (鉛直)	G	0.75	1	1.33

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (6/30)



目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-5-6-1-3	管の耐震性についての計算書 (原子炉隔離時冷却系)	構造強度	RCIC-19.20.29 SUP.PT	一次応力	MPa	161	252	1.56
		機能維持	逆止め弁	応答加速度 (鉛直)	G	4.9	6	1.22
V-2-5-6-1-4	ストレーナ部ティーの耐震計算書(原子炉隔離時冷却系)	構造強度	ティー	一次応力	MPa	9	339	37.66
V-2-5-7-1-1	残留熱除去系海水系ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	ポンプ取付ボルト	引張応力	MPa	148	184	1.24
		機能維持	ポンプ 原動機	応答加速度 (鉛直)	G	0.86	1	1.16
V-2-5-7-1-2	残留熱除去系海水系ストレーナの耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	167	207	1.23
V-2-5-7-1-3	管の耐震性についての計算書 (残留熱除去系海水系)	構造強度	RHRS-006R1F	一次応力	MPa	233	336	1.44
V-2-5-7-2-1	緊急用海水ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	原動機取付ボルト	引張応力	MPa	57	184	3.22
		機能維持	ポンプ 原動機	応答加速度 (鉛直)	G	0.87	1	1.14
V-2-5-7-2-2	緊急用海水系ストレーナの耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	47	184	3.91
V-2-5-7-2-3	管の耐震性についての計算書 (緊急用海水系)	構造強度	ESW-D	一次応力	MPa	249	369	1.48
V-2-5-8-1-1	管の耐震性についての計算書 (原子炉冷却材浄化系)	構造強度	CU-PD-9	一次応力	MPa	215	260	1.20
		機能維持	G33-F001	応答加速度 (水平)	G	4.8	6	1.25
V-2-6-2-1	制御棒の耐震性についての計算書	機能維持	挿入性	相対変位	mm	11.1	40	3.60
V-2-6-3-1	制御棒駆動機構の耐震性についての計算書	構造強度	管NO.1最小断面 管NO.2最小断面	一次応力	MPa	22	252	11.45
V-2-6-3-2-1	水圧制御ユニットの耐震性についての計算書	構造強度	フレーム	組合応力	MPa	74	270	3.64
		機能維持	CRDスクラム弁 (弁番号:126.127)	応答加速度 (水平)	G	1.29	6	4.65
V-2-6-3-2-2	管の耐震性についての計算書 (制御棒駆動水圧系)	構造強度	CRD-51.52	一次応力	MPa	194	431	2.22

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (7/30)



目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-6-4-1-1	ほう酸水注入ポンプの耐震性についての計算書	構造強度	ポンプ取付ボルト	引張応力	MPa	38	185	4.86
		機能維持	往復動式ポンプ 原動機	応答加速度 (鉛直)	G	1	1	1.00
V-2-6-4-1-2	ほう酸水貯蔵タンクの耐震性についての計算書	構造強度	胴板	一次一般膜応力	MPa	42	287	6.83
V-2-6-4-1-3	管の耐震性についての計算書 (ほう酸水注入系)	構造強度	SLC-3,4,5	一次応力	MPa	144	351	2.43
V-2-6-5-1	起動領域計装の耐震性についての計算書	構造強度	起動領域計装ドライ チューブ	一次一般膜+一次曲 げ応力	MPa	189	391	2.06
V-2-6-5-2	出力領域計装の耐震性についての計算書	構造強度	カバーチューブ	一次一般膜+一次曲 げ応力	MPa	191	226	1.18
V-2-6-5-3	主蒸気流量の耐震性についての計算書	構造強度	取付ボルト	引張応力	MPa	18	210	11.66
		機能維持	主蒸気流量	応答加速度 (水平)	G	0.95	3	3.15
V-2-6-5-4	原子炉圧力容器温度の耐震性についての計算書	機能維持	原子炉圧力容器 (TE-B22-N030C)	応答加速度 (水平)	G	1.56	10	6.41
V-2-6-5-5	高圧代替注水系系統流量の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	4	162	40.50
		機能維持	高圧代替注水系系統 流量	応答加速度 (鉛直)	G	0.77	2	2.59
V-2-6-5-6	低圧代替注水系原子炉注水流量(常設ライン用)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト (遮へい体)	引張応力	MPa	31	156	5.03
		機能維持	低圧代替注水系原子 炉注水流量(常設ライ ン用)	応答加速度 (鉛直)	G	0.98	2	2.04
V-2-6-5-7	低圧代替注水系原子炉注水流量(常設ライン狭帯域用)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト (遮へい体)	引張応力	MPa	31	156	5.03
		機能維持	低圧代替注水系原子 炉注水流量(常設ライ ン狭帯域用)	応答加速度 (鉛直)	G	0.98	2	2.04
V-2-6-5-8	低圧代替注水系原子炉注水流量(可搬ライン用)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト (遮へい体)	引張応力	MPa	28	162	5.78
		機能維持	低圧代替注水系原子 炉注水流量(可搬ライ ン用)	応答加速度 (鉛直)	G	0.84	2	2.38

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (8/30)



目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-6-5-9	低圧代替注水系原子炉注水流量(可搬ライン狭帯域用)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト(遮へい体)	引張応力	MPa	28	162	5.78
		機能維持	低圧代替注水系原子炉注水流量(可搬ライン狭帯域用)	応答加速度(鉛直)	G	0.84	2	2.38
V-2-6-5-10	代替循環冷却系原子炉注水流量の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト(遮へい体)	引張応力	MPa	38	156	4.10
		機能維持	代替循環冷却系原子炉注水流量	応答加速度(鉛直)	G	0.84	2	2.38
V-2-6-5-11	代替循環冷却系ポンプ入口温度の耐震性についての計算書	機能維持	代替循環冷却系ポンプ入口温度	応答加速度(水平)	G	0.96	10	10.41
V-2-6-5-12	残留熱除去系熱交換器入口温度の耐震性についての計算書	機能維持	残留熱除去系熱交換器入口温度	応答加速度(水平)	G	1.13	10	8.84
V-2-6-5-13	残留熱除去系熱交換器出口温度の耐震性についての計算書	機能維持	残留熱除去系熱交換器出口温度	応答加速度(水平)	G	1.1	10	9.09
V-2-6-5-14	原子炉隔離時冷却系系統流量の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	6	162	27.00
		機能維持	原子炉隔離時冷却系系統流量	応答加速度(鉛直)	G	0.77	2	2.59
V-2-6-5-15	高圧炉心スプレイ系系統流量の耐震性についての計算書	構造強度	取付ボルト	引張応力	MPa	14	202	14.42
		機能維持	高圧炉心スプレイ系系統流量	応答加速度(鉛直)	G	0.77	2	2.59
V-2-6-5-16	低圧炉心スプレイ系系統流量の耐震性についての計算書	構造強度	取付ボルト	引張応力	MPa	14	202	14.42
		機能維持	低圧炉心スプレイ系系統流量	応答加速度(鉛直)	MPa	0.77	2	2.59
V-2-6-5-17	残留熱除去系系統流量の耐震性についての計算書	構造強度	取付ボルト	引張応力	MPa	14	202	14.42
		機能維持	残留熱除去系系統流量	応答加速度(鉛直)	G	0.77	2	2.59
V-2-6-5-18	原子炉圧力の耐震性についての計算書	構造強度	取付ボルト	引張応力	MPa	16	190	11.87
		機能維持	原子炉圧力	応答加速度(鉛直)	G	0.84	2	2.38

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (9/30)



目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-6-5-19	原子炉圧力(SA)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	19	156	8.21
		機能維持	原子炉圧力(SA)	応答加速度 (鉛直)	G	0.98	2	2.04
V-2-6-5-20	原子炉水位の耐震性についての計算書	構造強度	取付ボルト	引張応力	MPa	17	210	12.35
		機能維持	原子炉水位	応答加速度 (鉛直)	G	0.84	2	2.38
V-2-6-5-21	原子炉水位(広帯域)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	16	156	9.75
		機能維持	原子炉水位(広帯域)	応答加速度 (鉛直)	G	0.84	2	2.38
V-2-6-5-22	原子炉水位(燃料域)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	15	156	10.40
		機能維持	原子炉水位(燃料域)	応答加速度 (鉛直)	G	0.83	2	2.40
V-2-6-5-23	原子炉水位(SA広帯域)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	36	156	4.33
		機能維持	原子炉水位(SA広帯域)	応答加速度 (鉛直)	G	0.84	2	2.38
V-2-6-5-24	原子炉水位(SA燃料域)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	15	162	10.80
		機能維持	原子炉水位(SA燃料域)	応答加速度 (鉛直)	G	0.83	2	2.40
V-2-6-5-25	ドライウェル圧力の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	42	156	3.71
		機能維持	ドライウェル圧力	応答加速度 (鉛直)	G	0.98	2	2.04
V-2-6-5-26	サブプレッション・チェンバ圧力の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト (遮へい体)	引張応力	MPa	47	156	3.31
		機能維持	サブプレッション・チェンバ圧力	応答加速度 (鉛直)	G	0.83	2	2.40
V-2-6-5-27	サブプレッション・プール水温度の耐震性についての計算書	機能維持	サブプレッション・プール水温度	応答加速度 (水平)	G	1	10	10.00
V-2-6-5-28	ドライウェル雰囲気温度の耐震性についての計算書	機能維持	ドライウェル雰囲気温度	応答加速度 (水平)	G	1.77	10	5.64

5. 耐震評価結果一覧 ① 機器・配管系 (10/30)



目録番号	目録名称	評価項目	評価部位	応力分類	単位	耐震評価結果		
						発生値	許容値	裕度
V-2-6-5-29	サブプレッション・チェンバ雰囲気温度の耐震性についての計算書	機能維持	サブプレッション・チェンバ雰囲気温度	応答加速度 (水平)	G	1	10	10.00
V-2-6-5-30	格納容器内水素濃度の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	40	168	4.20
		機能維持	格納容器内水素濃度 格納容器内酸素濃度	応答加速度 (鉛直)	G	0.98	1	1.02
V-2-6-5-31	格納容器内水素濃度(SA)の耐震性についての計算書	構造強度	取付ボルト	引張応力	MPa	30	202	6.73
		機能維持	格納容器内雰囲気ガスサンプリング装置	応答加速度 (水平)	G	1.11	3.5	3.15
V-2-6-5-34	格納容器下部水温の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	33	116	3.51
		機能維持	格納容器下部水温	応答加速度 (水平)	G	1.17	10	8.54
V-2-6-5-35	代替淡水貯槽水位の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	3	162	54.00
		機能維持	代替淡水貯槽水位	応答加速度 (鉛直)	G	0.56	2	3.57
V-2-6-5-36	西側淡水貯水設備水位の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	せん断応力	MPa	1	113	113.00
		機能維持	西側淡水貯水設備水位	応答加速度 (水平)	G	0.68	2	2.94
V-2-6-5-37	低圧代替注水系格納容器スプレイ流量(常設ライン用)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト	引張応力	MPa	4	156	39.00
		機能維持	低圧代替注水系格納容器スプレイ流量(常設ライン用)	応答加速度 (鉛直)	G	0.8	2	2.50
V-2-6-5-38	低圧代替注水系格納容器スプレイ流量(可搬ライン用)の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト (遮へい体)	引張応力	MPa	31	162	5.22
		機能維持	低圧代替注水系格納容器スプレイ流量(可搬ライン用)	応答加速度 (鉛直)	G	0.98	2	2.04
V-2-6-5-39	低圧代替注水系格納容器下部注水流量の耐震性についての計算書	構造強度	基礎ボルト (遮へい体)	引張応力	MPa	31	156	5.03
		機能維持	低圧代替注水系格納容器下部注水流量	応答加速度 (鉛直)	G	0.98	2	2.04