

川内1号機及び2号機 設置許可段階において耐震工事を実施する可能性のある設備に対する設置許可の設計方針の成立性の見通しについて

1. 概要

川内1, 2号機の基準地震動 S_s-3 の追加に伴う施設への影響について、新規制基準適合性設工認以降の既設工認申請書に評価結果が記載された施設を網羅的に確認した結果、いずれの施設についても、認可実績のある評価手法の適用及び支持構造物の追設等が可能であることから、耐震安全性を満足する見通しであり、既許可の設計方針を変更する必要はないことを確認した。

本資料では、川内1, 2号機の耐震工事を実施する可能性のある設備について、耐震工事による裕度向上効果を踏まえた耐震成立性を見通しを定量的に説明するものである。

2. 検討内容

耐震性を担保する支持構造物の設計は主に地震動レベルにより決定されることから、現行の基準地震動における設備の固有値での地震動レベルが大きい玄海3, 4号機の支持構造物は、川内1, 2号機に比べ、より耐震性の高い支持構造物を有する設計となっている。

したがって、川内1, 2号機の設置許可の設計方針の成立性確認のために、川内1, 2号機の設備本体の基本仕様と大きな差がない設備を玄海3, 4号機から抽出し、当該設備の裕度の確認と、応答スペクトル比との比較を行った。

3. 検討方法

川内1, 2号機の表1に示す耐震工事の可能性がある設備について、以下の通り検討した。検討イメージを次頁に示す。

なお、以下の検討方法に該当しない復水タンク、燃料取替用水タンク、障壁及び配管については、個別検討を実施した。

- ①:川内1, 2号機の設備本体の基本仕様と大きな差がない設備を玄海3, 4号機の設備から、抽出し、当該設備の既設工認の裕度を確認。
- ②:抽出された設備の既設工認の評価に用いられている現行の基準地震動($S_s-1\sim 5$ の包絡波)と、川内1, 2号機の基準地震動 (S_s-3) に対して、①で抽出された設備の1次固有周期で応答スペクトル比を算出。
- ③:①の設備の裕度と、②の応答スペクトル比を比較し、①の設備の裕度の方が大きい場合は、成立性を有する。①の設備の裕度の方が小さい場合は、個別に検討を実施する。

4. 検討結果

検討結果を表1に示す。

耐震工事による設計方針の成立性の見通しに係る検討イメージ

(1) 支持構造物の設計は地震動レベルにより決定される ⇒ S_s が大きい方が耐震性の高い支持構造

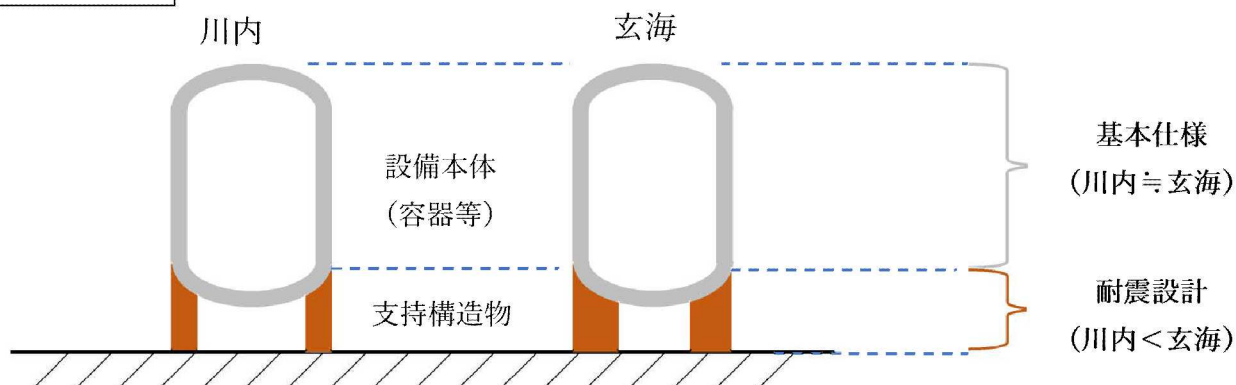


(2) 現行の基準地震動における設備の固有値での地震動レベルが大きい玄海3, 4号機で耐震性を確保している設備については、川内も玄海と同等の支持構造とすることで耐震性が確保できる

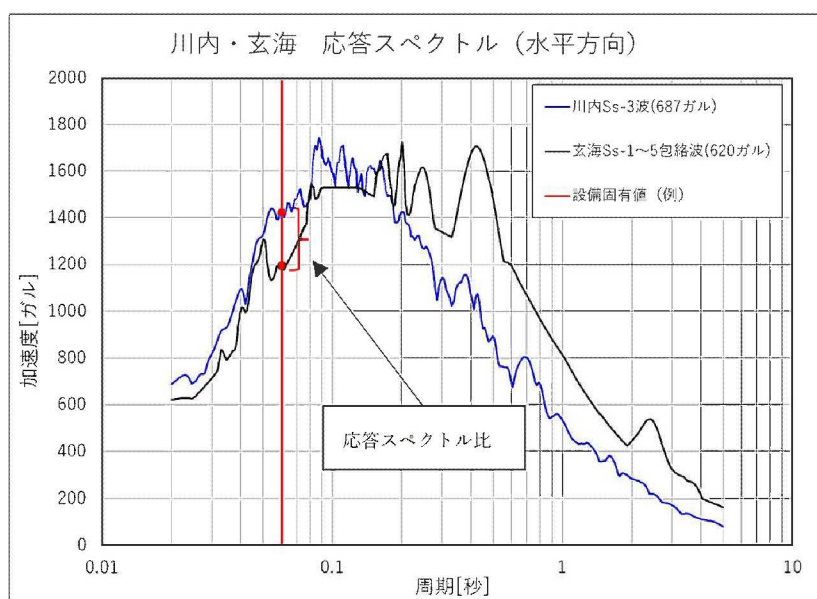


(3) 抽出した玄海設備の既設工認の裕度と、川内の S_s -3 と玄海の現行 S_s (S_s -1~5) の応答スペクトルの比を比較することで、耐震工事による設計方針の成立性が見通しが得られる

イメージ図



川内も玄海と同等の支持構造とすることで耐震性の確保が可能



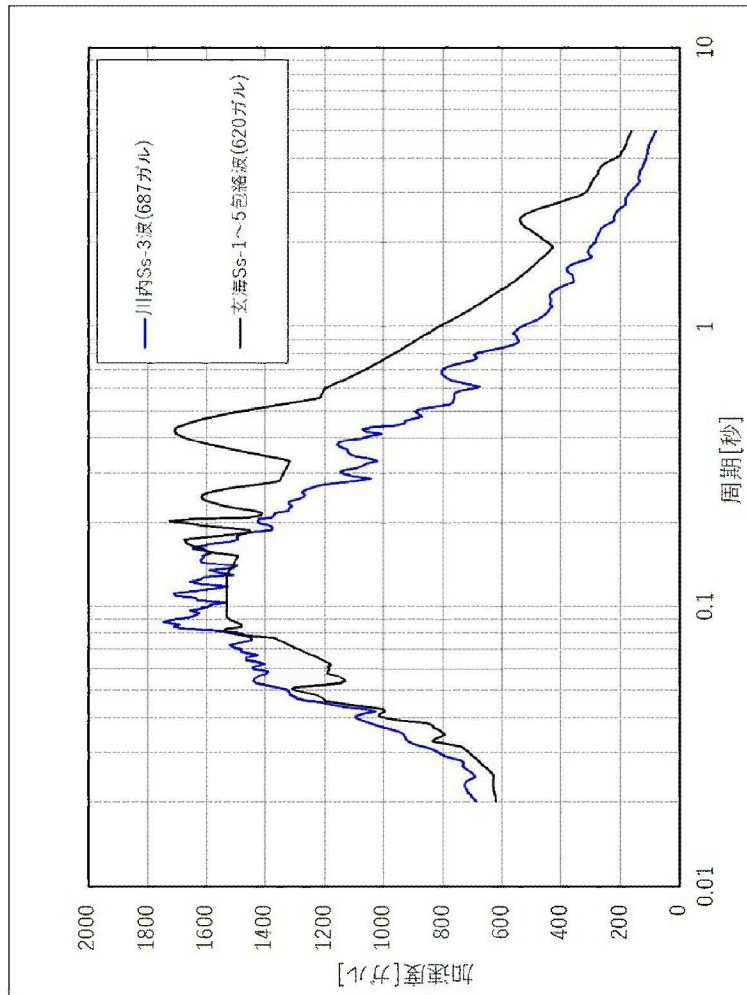
玄海設備の裕度と応答スペクトル比を比較することで、耐震工事による成立性が見通しが得られる

表 1 耐震工事を実施する可能性のある設備に対する設置許可の設計方針の成立性の見直し※

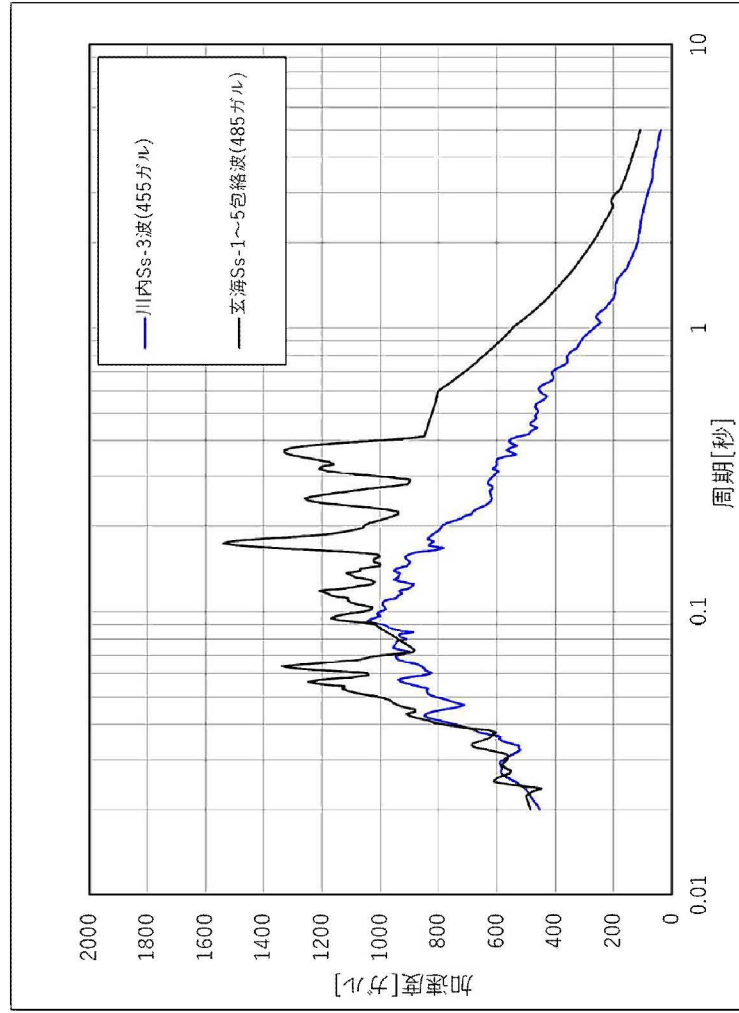
設備に係る整理			設置許可の設計方針の成立性の見直しに係る整理				備考		
プラント	設備	Ss 評価区分	1 次固有周期 (s)	既設工認の最小裕度	① : 玄海 3, 4 号機の同様の設備の現行裕度	② : ①設備の 1 次固有周期の最大応答スペクトル比 (注 6)	①/② 比較結果	設置許可の設計方針の成立性の見直し	備考
川内 1 号機	復水タンク	S クラス	水平 : 0.122 鉛直 : 剛	1. 0.5 (鋼板)	— (注 5)	— (注 5)	— (注 5)	個別検討の結果、 <u>成立性の見直しを有する</u>	別紙 1 参照
	燃料取替用水タンク	S クラス	水平 : 0.134 鉛直 : 剛	1. 0.0 (鋼板)	— (注 5)	— (注 5)	— (注 5)	個別検討の結果、 <u>成立性の見直しを有する</u>	別紙 1 参照
	冷却材混床式脱塩塔	溢水源 (注 1)	水平 : 0.067 鉛直 : 剛	1. 1.4 (支持脚)	3. 9.6	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1 ~ 5 包絡波	○	玄海と同等の支持構造で対応可能であり、 <u>成立性の見直しを有する</u>	
	使用済燃料ピット脱塩塔	溢水源 (注 1)	水平 : 0.070 鉛直 : 剛	1. 0.4 (支持脚)	1. 4.6	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1 ~ 5 包絡波	○	玄海と同等の支持構造で対応可能であり、 <u>成立性の見直しを有する</u>	
	ほう酸蒸留水脱塩塔	溢水源 (注 1)	水平 : 0.069 鉛直 : 剛	1. 1.2 (支持脚)	2. 8.0	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1 ~ 5 包絡波	○	玄海と同等の支持構造で対応可能であり、 <u>成立性の見直しを有する</u>	
	ほう酸回収装置陽イオン脱塩塔	溢水源 (注 1)	水平 : 0.069 鉛直 : 剛	1. 0.8 (支持脚)	2. 8.0	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1 ~ 5 包絡波	○	玄海と同等の支持構造で対応可能であり、 <u>成立性の見直しを有する</u>	
	ほう酸回収装置混床式脱塩塔	溢水源 (注 1)	水平 : 0.069 鉛直 : 剛	1. 0.8 (支持脚)	2. 8.0	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1 ~ 5 包絡波	○	玄海と同等の支持構造で対応可能であり、 <u>成立性の見直しを有する</u>	
	障壁	波及的影響 (注 2)	—	水平 : 0.093 鉛直 : 0.060	1. 0.1 (はり)	— (注 5)	— (注 5)	個別検討の結果、 <u>成立性の見直しを有する</u>	別紙 2 参照
	廃液蒸留水脱塩塔	溢水源 (注 1)	水平 : 0.076 鉛直 : 剛	1. 0.8 (支持脚)	2. 8.0	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1 ~ 5 包絡波	○	玄海と同等の支持構造で対応可能であり、 <u>成立性の見直しを有する</u>	
	川内 2 号機	廃液蒸留水モータ脱塩塔	溢水源 (注 1)	水平 : 0.076 鉛直 : 剛	1. 0.8 (支持脚)	2. 8.0	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1 ~ 5 包絡波	○	玄海と同等の支持構造で対応可能であり、 <u>成立性の見直しを有する</u>
川内 1/2 号機	よう素除去薬品タンク	S クラス	水平 : 剛 鉛直 : 剛	1. 0.4 (基礎ポルト)	2. 1.0	川内 Ss-3 / 玄海 Ss-1 ~ 5 包絡波	○	玄海と同等の支持構造で対応可能であり、 <u>成立性の見直しを有する</u>	
	配管	S クラス	— (注 3)	— (注 4)	— (注 5)	— (注 5)	— (注 5)	個別検討の結果、 <u>成立性の見直しを有する</u>	別紙 3 参照

※設備については、床応答曲線 (FRS) を用いた詳細設計ではなく、解放基盤表面における基準地震動の応答スペクトルの超過割合を用いた概略検討のため、今後の詳細設計により変更となる可能性がある。

注 1 : 溢水源としない設備として、Ss 評価を実施。注 2 : 外部火災対策として設置。波及的影響を与えない設備として、Ss 評価を実施。注 3 : 配管については、固有周期が一定ではないため。注 4 : 標準支持間隔法を適用する低溫配管については、支持構造物の追設等の可能性を否定できないため、個別検討を実施。注 5 : 個別検討の実施のため。注 6 : 川内 Ss-3 と玄海 Ss-1 ~ 5 の包絡波の応答スペクトルを図 1 に示す。



水平方向



鉛直方向

図1 川内Ss-3波と玄海Ss-1~5包絡波の応答スペクトル

○平底たて置円筒容器（復水タンク及び燃料取替用水タンク）の概略検討について

1. 概要

平底たて置円筒容器である復水タンク及び燃料取替用水タンクについては、最小裕度部位が容器本体の胴板部であることから、胴板の座屈評価について、個別検討を実施する。なお、設置許可段階においては、建屋応答解析を実施した後に得られる床応答曲線（FRS）が得られていないため、解放基盤表面における基準地震動を用いた概略検討を実施する。

2. 検討内容

胴板部の座屈評価に対する補強としては、円筒部に対しリング補強材の設置が有効であることが既往知見において示されており、同様の構造の採用が考えられる。ここでは、タンクに対する裕度向上効果を確認するため、以下のとおり試解析を行った。

①タンク形状：胴板補強（補強リングを8本設置）

②評価方法：既設工認にて実績のある静的弾塑性座屈解析手法

③入力条件：Ss-3 と、Ss-1 及び Ss-2 の包絡波の応答スペクトルを比較し応答スペクトル比を算出。

既設工認において、タンクの評価に用いた FRS に、算出した応答スペクトル比を乗じ、概略検討に用いる概略検討用 FRS を作成する。

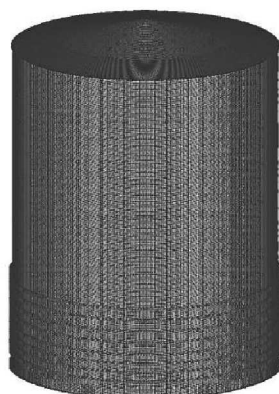


図2 FEMモデル図（例：燃料取替用水タンク）

3. 成立性の見通し

試解析の結果、いずれのタンクも裕度1以上を満足する結果が得られたことから、成立性の見通しを有する。

設備	裕度向上効果を踏まえた試解析後の裕度
復水タンク	1. 3 3
燃料取替用水タンク	1. 0 1

4. その他

概略検討に用いた解析コード：ABAQUS（既設工認にて原子炉格納容器に適用）

○障壁の概略検討について

1. 概要

障壁については、最小裕度部位は溝形構の水平はりであり、同様の支持構造を有する設備がないことから、個別検討を実施する。

2. 検討内容

溝形構の水平はり部に対し、図3に示すように鋼板(緑色)を溶接し、BOX化すること(左右を鋼板(青色)で塞ぐ)で裕度向上を図る。なお、BOX化後の形状は、同一設備の一部にて採用している構造である。

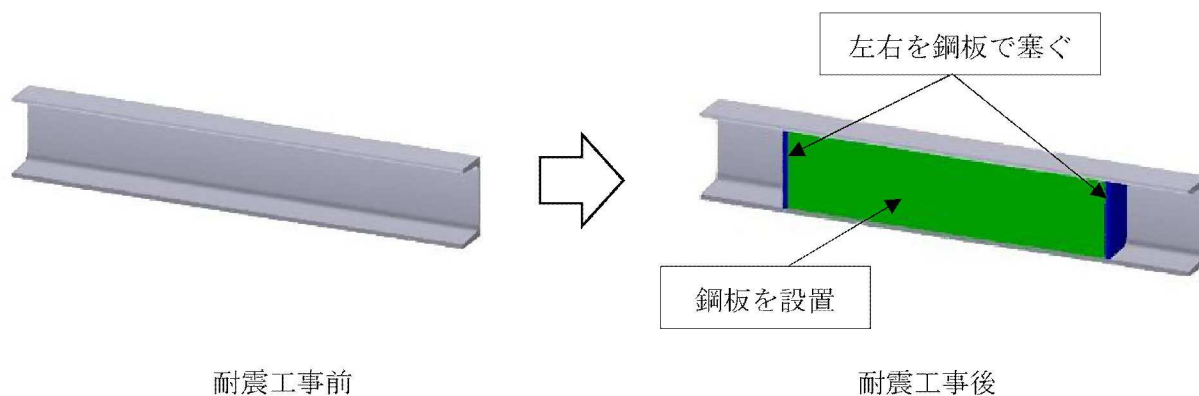


図3 障壁の耐震工事のイメージ

3. 成立性の見直し

障壁の最小裕度部位の評価応力は、曲げ応力($\sigma = M/Z$)であり、断面係数 Z を大きくすることで応力低減を図ることが可能である。具体的には、BOX化することによって、弱軸の断面係数が3.27倍 (採用済みと同じ厚さ6mmの鋼板を溶接の場合)となる。よって、曲げモーメント M が1次固有周期の最大応答スペクトル比である1.24倍を考慮しても、断面係数 Z (3.27倍)のほうが大きいことから、成立性を見直しを有する。

○配管の概略検討について

1. 概要

配管については、一般的に支持構造物の追設等により裕度向上が可能であることから、個別検討を実施する。

2. 検討内容

図4に示すように、既設のサポートの間にサポートを追設する等により裕度向上を図る。なお、サポートの追設等は、これまでも実績のある工事である。

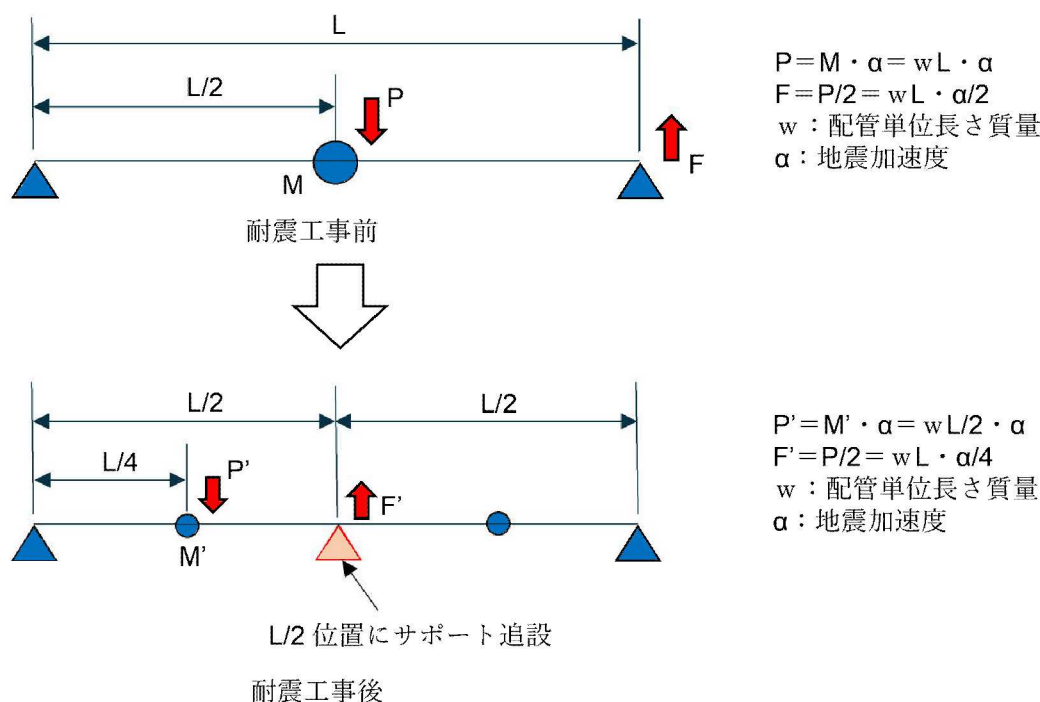


図4 配管の耐震工事のイメージ

3. 成立性の見直し

配管については、サポートを追設する等により、サポート荷重の低減が可能である。例えば、図4のようにサポート支持間隔を1/2にする場合、サポート荷重は1/2程度となる。また、サポートの追設により固有振動数が剛側となり、応答加速度の低減効果も見込まれるため、実際には更なる荷重低減が可能である。必要により更にサポート支持間隔を短くする等により対応可能であることから、成立性の見直しを有する。