TK-1-1166改1

げんでん

東海第二発電所

工事計画認可申請に係る論点整理について
（コメント回答）

平成30年6月29日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち，□は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

工事計画認可申請に係る論点整理について（コメント回答）（1／4）

過去の審査会合※で抽出した工事計画認可申請に係る論点に対するコメントは下表のとおり。今回はその一部について回答する。

※ 第562回審査会合（H30.4.5），第572回審査会合（H30.5.17），第578回審査会合（H30.5.31），第588回審査会合（H30.6.14）

コメント内容		
	白丸数字	過去の審査会合において，今後の予定として示したもの
	黒丸数字	過去の審査会合において，ご指摘を頂いたもの

分類	論点		コメント内容		審査会合 7/3回答分	ヒアリング 説明状況
耐津波	1	鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性	①	止水機構の追従性に係る2次元及び3次元の解析結果	完了（5/31）	5/8，5/22
			②	止水機構の追従性に係る実証試験（加振試験）結果	完了（5/31）	5/22
			❸	実証試験結果のうち，鉛直方向に長周期のうねりが出る原因について，3方向同時加振時に出て，鉛直加振で出ないことを踏まえて，合理的に説明できる根拠を示した上で特定すること	○	6/19,6/26,6/28
			❹	実機解析を工認に適用することを踏まえ，解析の信頼性を示すこと	○	6/19,6/26,6/28
			❺	実証試験結果を踏まえて解析にフィードバックする項目はないか，応力評価において実証試験と解析の違いを考慮する必要がないか検討すること	○	6/19,6/26,6/28
			❻	試験結果と実証試験モデル結果の差が浸水防止機能に影響を及ぼすか否かを分析し，今後設計への反映の有無を示すこと	○	6/19,6/26,6/28
	2	防潮堤ルート変更後の敷地遡上津波の浸水深・流速	－	－	完了（5/17）	－
耐震	3	可搬型設備の耐震性	①	加振波のFRSが保管場所のFRSを包絡していること	完了（4/5）	－
			②	加振試験結果	完了（4/5）	－
	4	機器の動的機能維持評価	①	構造等がJEAG適用外の機器に対して，抽出した評価対象部位に係る動的機能維持の評価結果について説明	完了（5/31）	5/18
			❷	評価部位「⑥逃がし弁」について，評価項目「加速度」に対する許容値の出典及び適用性を示すこと	完了（6/14）	6/8
	5	スタンドパイプの耐震評価	①	解析モデル長さの影響確認結果（解析モデル長さ2.0m及び2.5m）	完了（6/14）	6/1
			❷	スタンドパイプ225本モデルにおける補強板が解析に与える影響	完了（6/14）	6/1
			❸	引張試験における荷重（モーメント）の比較	完了（6/14）	6/1
			❹	ドライヤスカート部との干渉に係る解析上の扱い	完了（6/14）	6/1

工事計画認可申請に係る論点整理について（コメント回答）（2／4）

分類	論点		コメント内容		審査会合	ヒアリング
					7/3回答分	説明状況
耐震	6	設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性	①	設置変更許可段階で示した「敷地全体の原地盤の液状化強度特性」の代表性及び網羅性	○	3/22,4/16,6/25
			❷	使用済燃料乾式貯蔵建屋を個別の評価対象とした根拠（3つの建屋を除外した理由も含む）及び地盤改良の有無	○	5/7,6/25,6/28,6/29
	7	鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価	①	三次元解析（COM3）の評価結果	○	6/11,6/25
	8	立坑構造物の解析モデル変更	①	立坑構造物の評価結果	次回以降	5/24
	9	原子炉建屋基礎盤の耐震評価	①	局所応力の取扱い，許容限界の説明方針および評価結果	○	6/25,6/28,6/29
			❷	せん断終局強度を適用することの妥当性（今回工認、東二建設時、他サイトのSクラス基礎の設計クライテリアの違いを考慮した説明）	○	6/25,6/28,6/29
	10	地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響	①	観測記録がシミュレーション解析結果を上回ることに対する設備影響評価結果	○	6/26,6/29
			❷	使用済燃料プール周辺の3次元応答性状が使用済燃料プールの評価に及ぼす影響	○	6/26,6,28,6/29
	11	機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）	①	高振動数領域まで考慮した評価結果	○	6/26,6/29
外部事象	12	降下火砕物に対する建屋の健全性	①	原子炉建屋の主トラスについて，発生する応力が許容限界を超えないことの確認結果	完了（4/5）	―
			❷	3次元FEMにおける鉄骨材とスラブの拘束条件，実際のスラブの応力，歪の分布，鉄骨材とスラブの接合部の状態を示す	完了（5/31）	4/19,4/27
機械設計	13	SA時の強度評価における設計方針	❶	強度評価方針として、適用基準は保守側を採用するとしていることに対し，応力係数について現実的な値（0.5）を採用することの考え方	完了（5/31）	4/26
	14	SA時の強度評価における設計条件（SAクラス２機器であって，クラス1機器の設計条件）	①	SA時機械荷重（ジェット荷重や主蒸気逃がし安全弁の吹き出し反力）を定量的に算出し，順次計算結果を示す	次回以降	7/下予定
			❷	建設時の設計条件を使用することを含め，強度評価条件の妥当性を示す	完了（6/14）	4/19
	15	強度評価におけるPCV動荷重の考慮	①	設計基準事故時の動荷重に包絡されること等の確認結果	○	4/24
			❷	DBA・SA時のPCV動荷重を決定する要素を定量的に説明 （6/14追加）シーケンスによっては動作する弁数や作用する圧力も異なることから、各々の動荷重について丁寧に説明すること （6/14追加）動荷重については設計で元々どういう荷重で評価しているのか(既設の設計裕度)、元々の設計の考え方から追って、許容値の包絡性を説明すること	○	4/24より順次

工事計画認可申請に係る論点整理について（コメント回答）（3／4）

分類	論点		コメント内容			審査会合 7/3回答分	ヒアリング 説明状況
機械設計	16	SA環境を考慮したPCV閉じ込め機能	①	圧縮永久ひずみ率のデータ拡充による閉じ込め機能の評価値の妥当性		完了（4/5）	―
			②	ガスケット増厚による閉じ込め機能の評価における開口量評価の裕度		完了（4/5）	―
	17	ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法	①	実証試験	ブローアウトパネル開放の実証試験結果 （6/14追加）開放試験については，パネルが躯体から外れて落下していることを確認すること	○	6/8,6/11
			②	実証試験	プローアウトパネル閉止装置の実証試験（加振試験）及び開閉動作試験、気密性能試験の結果 （6/14追加）風量測定管の50mm はどのように担保するのか。機器リストと同様に要領書に記載しておくこと	○	6/下予定
			❸	実証試験	実機大モックアップ試験時の予備品の考え方，リスク管理について説明すること。	完了（5/31）	5/17，5/24
			❹	実証試験	リスク管理の試験スケジュール（クリップ幅変更等）をスケジュール追加すること。	完了（5/31）	5/17，5/24
			❺	実証試験	実機大のモックアップ（ブローアウトパネル本体，ブローアウトパネル閉止装置）試験前に試験条件を説明すること。	完了（5/31）	5/17，5/24
			❻	実証試験	加振限界試験の目的，実施方法について，要領書に記載のこと	完了（6/14）	6/8,6/11
			❼	実証試験	気密性能試験における流量，断面積の算出方法について説明を要領書に追加すること	完了（6/14）	6/8,6/11
			❽	実証試験	実施する単体の気密確認試験結果も踏まえて原子炉建屋原子炉棟全体としての気密性能が確保できる見込みであることを説明すること	完了（6/14）	6/8,6/11
			❾	実証試験	模擬地震波の床応答スペクトルについて，方向に依存しない応答スペクトルのNS／EW方向への分け方を説明すること	完了（6/14）	6/8,6/11
			❿	施工	ブローアウトパネル本体の品質・施工管理，保守管理等	完了（5/31）	4/26，5/10
			⓫	要求機能	設計差圧（6.9kPa）以下で開放する設計（設定値）について，クリップ開放試験結果等を踏まえた考え方	完了（5/17）	―
			⓬	要求機能	強制開放装置の位置付け	完了（5/17）	―
			⓭	要求機能	ブローアウトパネルの要求事項（考慮すべき自然現象発生後にDBAが発生する場合，逆にDBA後に自然現象が発生する場合を整理し，公衆被ばくの影響の観点から整理）	完了（5/17）	―
			⓮	耐震	ブローアウトパネルの耐震評価に当たって、ブローアウトパネルの設置・取付状況を踏まえた固有値の考え方を整理し提示すること	完了（6/14）	6/8,6/11
			⓯	耐震	設計基準事故と地震の組合せについて説明すること	完了（6/14）	6/8,6/11

工事計画認可申請に係る論点整理について（コメント回答）（4／4）

分類	論点		コメント内容			審査会合 7/3回答分	ヒアリング 説明状況
機械設計	18	SRVのSA耐環境性	①		SA時の原子炉格納容器内におけるSRV作動環境	完了（4/5）	―
			②		SRV（自動減圧機能）の耐環境性	完了（4/5）	―
			③		非常用逃がし安全弁駆動系の耐環境性	完了（4/5）	―
			❹		過去のSRV環境試験条件について対象の機器を明確にして資料に反映	完了（6/14）	4/19
			❺		健全性の説明書の中でその他のSA耐環境性について整理・説明	完了（6/14）	5/30
	19	MCCI／FCI対策に係る設計	①	試験	モックアップ試験結果	完了（6/14）	6/1,7
			❷		モックアップ試験における異物混入を想定した試験条件	完了（6/14）	4/25,6/1
			❸	施工	コリウムシールドの施工性	完了（5/31）	4/27
			④	工認上の扱い	工認対象範囲	完了（5/31）	4/27
			❺		コリウムシールドのドレン水貯蔵機能	完了（5/31）	4/27
			❻		コリウムシールドライナーの工認上の記載	完了（5/31）	4/27
			❼		排水ラインのラプチャーディスクの扱いについて整理して示すこと。また，ドライウェル内水位調整の機能に悪影響を与えないことを示すこと（6/14追加）安全弁の吹き出し圧力、吹き出し量、反力について、説明すること	次回以降	6/7
	20	ECCSポンプのSA時でのNPSH評価	①	試験・手順	試験結果および評価結果	○	6/18
			❷		試験の再現性（投入異物の撹拌・静定させ，一定の圧力損失データが得られることの見解）について示すこと。	完了（5/31）	5/22
			❸		試験手順について示すこと。	完了（5/31）	5/22
			❹		試験の進捗状況，見通しについて具体的に示すこと。	完了（5/31）	5/22
	21	SM材の使用制限（2.9MPa）を超えた範囲での使用	―		―	完了（5/17）	―
	22	燃料集合体落下時の使用済燃料プールライニングの健全性	①		使用済燃料プールでの燃料集合体落下時のライニングの健全性評価において，水の抵抗を考慮しており，この際に用いている抗力係数について確認する。	完了（5/31）	
			②		試験結果および評価結果	○	6/12,6/19,6/26
			❸		CFD解析モデルについて説明すること	完了（6/14）	5/28,6/4

【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性（1／ 7）

＜本論点の経緯＞

防潮堤のうち鋼製防護壁については，取水路と鋼製防護壁の地震時の変位による相互干渉を回避するため，取水路と鋼製防護壁間に100mmの隙間を設け，この隙間からの津波の流入を防止することを目的に止水機構を設置することとしている。

この止水機構の構造に対して，第520回審査会合（平成29年10月17日）において，「止水板の追従性として，解析での確認に加え，試験についても検討し，方針及び実施時期を示した上で，設置許可断面と工認断面の範囲を整理して示すこと。」という指摘があった。

この指摘を踏まえて，第562回審査会合（平成30年4月5日）において，工事計画認可申請に係る論点整理の一つとして，止水機構に関して「止水機構の地震時の追従性について，評価及び実規模大の試験装置を用いた加振試験にて確認する。」ことを説明している。

また，**第578回審査会合（平成30年5月31日）において，実証試験結果の挙動へのコメントや工事認可への反映事項について問われており今回は，上記の回答及び工事計画認可申請書への反映事項について説明するものである。**

【実証試験の概要】

（1） 止水機構の評価フロー及び実証試験ケース（図1～図4）

① 本震時：3方向加振2ケース，鉛直方向加振2ケースの計4ケース×2回（合計8回）

② 余震＋津波時：3方向加振1ケース，鉛直方向加振2ケースの計3ケース×2回（合計6回）

（2）実証試験期間

平成30年5月9日～平成30年5月21日

（3）実証試験結果（図5）

特段の不具合もなく，止水板の追従性，水密ゴムの健全性及び1次止水機構構成部材の健全性に関し，想定通りの結果を得ることができた。また，止水板の鉛直変位量は小さく，止水性に問題ないことを確認できた。

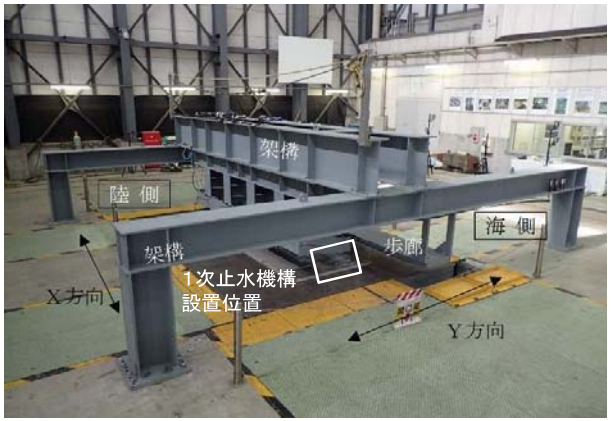


図1　実証試験装置全景

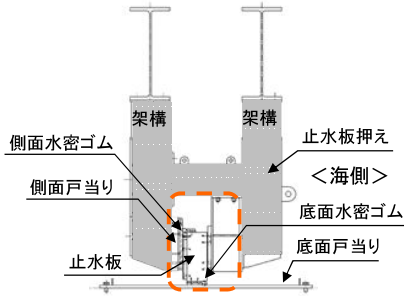


図2　1次止水機構供試体構造

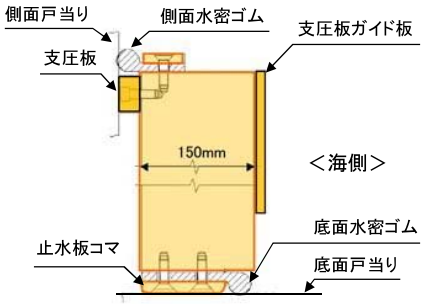


図3　止水板構造

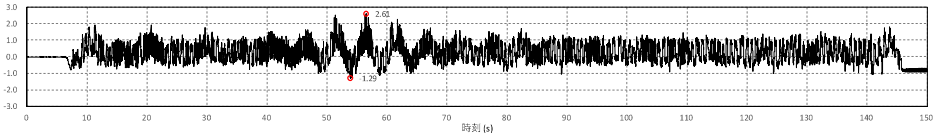


図5　3方向同時加振時鉛直計測データ

図4-1　止水板

図4-2　底面水密ゴム

図4　1次止水機構の構造図

本資料のうち，[redacted]は営業秘密又は核物質防護上の観点から公開できません。

【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性（2／ 7）

＜コメント＞

1. 実証試験結果のうち，鉛直方向に長周期のうねりが出る原因について，3方向同時加振時に出て，鉛直加振で出ないことを踏まえて，合理的に説明できる根拠を示した上で特定すること

＜回　答＞

実証試験の結果，3方向同時加振時において鉛直変位の中心軸に約5秒（0.2Hz）のうねりが認められた（図1，図2）。以下(1)～(8)に各部位毎に評価し，うねりの原因について特定した。

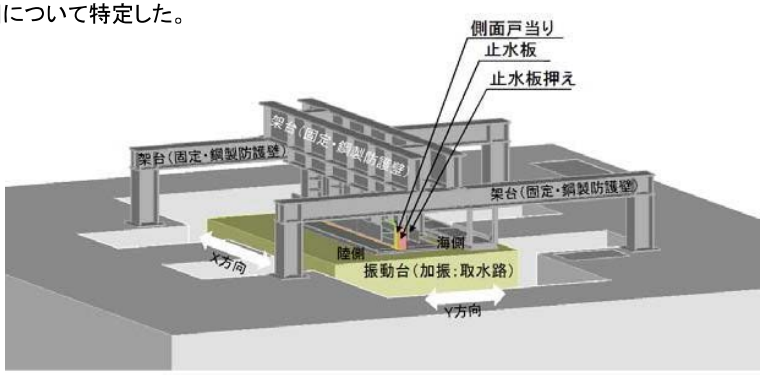
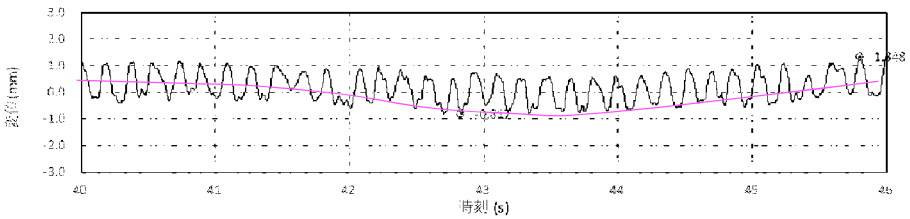


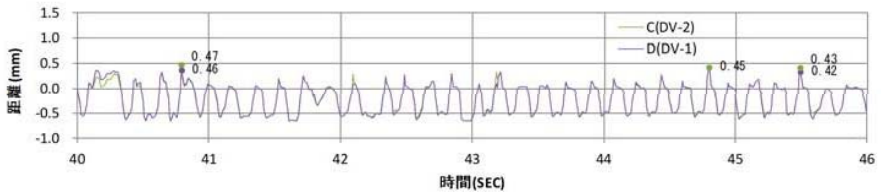
図1　加振試験装置概要図

鉛直変位の中心軸に約5秒（0.2Hz）のうねりが確認できる。



実証試験の結果（3方向）

実証試験モデルには加振台の回転変位が入力していないため中心軸のうねりが生じていない。



三次元動的解析の結果（3方向）

図2　3方向同時加振結果（上：実証試験，下：三次元動的解析）

(1) 実証試験用入力波による影響

実証試験時における3方向同時加振時の実証試験用地震動は，「Y方向（堤軸直角）包絡波」で鋼製防護壁の応答加速度を包絡させた地震動を用いている。

そのため，振動台より伝達される実証試験用地震動のY方向についてフーリエスペクトルを作成し周波数成分を分析した。

その結果，卓越周波数に**3つのピーク（1.09Hz，1.22Hz，5.77Hz）**を確認した。

表1に実証試験時の入力地震動における卓越振動数，図3に実証試験時のY方向フーリエスペクトル図を示す。

実証試験用入力波からはうねりの周波数0.2Hzは確認できなかった。

表1　実証試験時の入力地震動における卓越振動数

方向	卓越振動数(Hz)	
	1回目	2回目
X方向	0.72，14.48	0.72，14.48
Y方向	1.09，1.22，5.77	1.09，1.22，5.78
Z方向	8.25，23.75	8.25，23.75

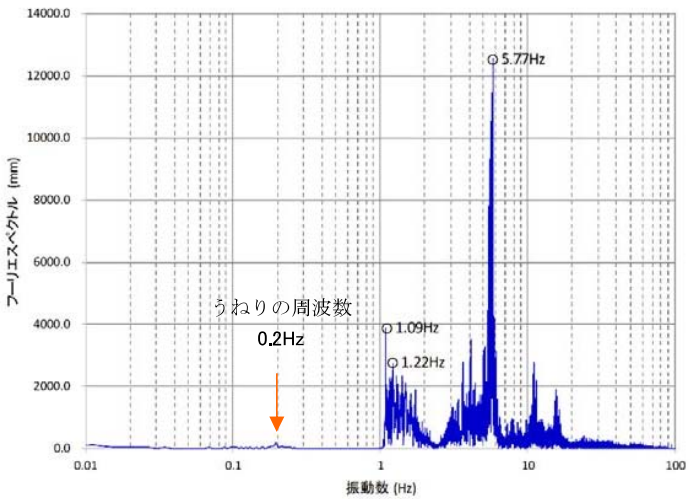


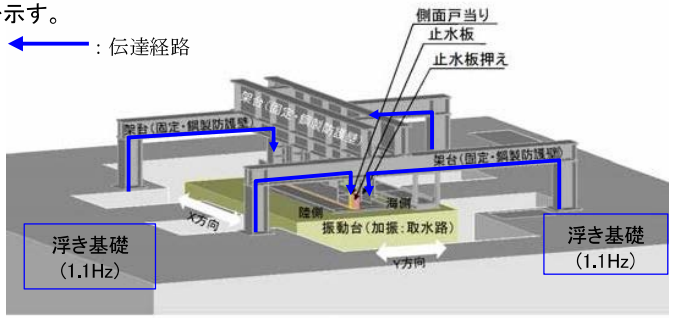
図3　実証試験時のY方向のフーリエスペクトル

【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性（3／ 7）

(2) 浮き基礎による影響

実証試験時に用いた加振装置において浮き基礎の影響を確認した。その結果，浮き基礎の**固有周期は1.1Hz程度**であることを確認した。

浮き基礎からの振動（周波数）は，架台を経由し止水板の摺動時の振動（周波数）として伝達したと思われる。図4に浮き基礎からの振動（周波数）の伝達イメージと固有振動数を示す。



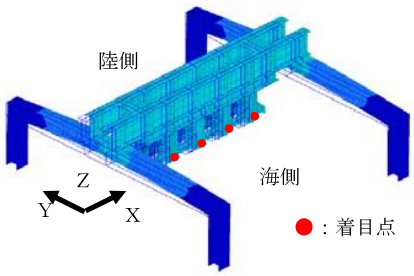
浮き基礎の軸	1次固有振動数（Hz）
X軸	1.16
Y軸	1.13
Z軸	1.16

図4　浮き基礎からの振動（周波数）の伝達イメージと固有振動数

(3)試験装置の影響

試験装置の影響を検討するにあたり想定される事象として考えられることは，取水路を模擬した振動台にアクチュエータによる入力波を入力した際に，アクチュエータからの振動が固定側の鋼製防護壁を模擬した架構を設置している浮き基礎に伝わり，架構側も揺れた影響によることが想定される。

その影響を確認するため，振動試験装置の固有周期について固有値解析を実施した。その結果，X：5.58Hz，Y：15.29Hz，Z：12.94Hzであることが分かった。また，加振時における試験装置架構下端（Y方向）の卓越振動数は，**3つのピーク（1.09Hz，1.21Hz，5.77Hz）**を確認した。（図5）



振動試験装置の固有振動数

浮き基礎の軸	振動数（Hz）	備考
モード1	5.58	X方向
モード2	12.94	Z方向
モード3	15.29	Y方向

試験装置架構（下端）の固有振動数

架構（縦材下端）	卓越振動数(Hz)
海側	1.09，1.21，5.77
陸側	1.09，1.21，4.07，5.77

図5　試験装置の固有振動数

(4)振動台のうねりの分析

振動台に設置したモーションキャプチャ測定値による振動台の回転変位と中央部の鉛直変位算出結果を図6に示す。

その結果，水平Y方向のみの単独加振時において振動台中心に回転変位（青線）及び鉛直変位（赤線）が生じていた。振動台の回転変位（青線）と鉛直変位（赤線）の周期について周波数分析を行い**回転変位は0.20Hzで鉛直変位は0.21Hz，1.09Hz，5.77Hz**であった。

図7に振動台の回転変位と中央部鉛直変位のフーリエスペクトルを示す。

鉛直変位のうち0.21Hzは振動台のピッチングによる影響があるものと思われる。周波数1.09Hz，5.77Hzは，実証試験用入力地震動の卓越周波数に近い周波数であることを確認した。

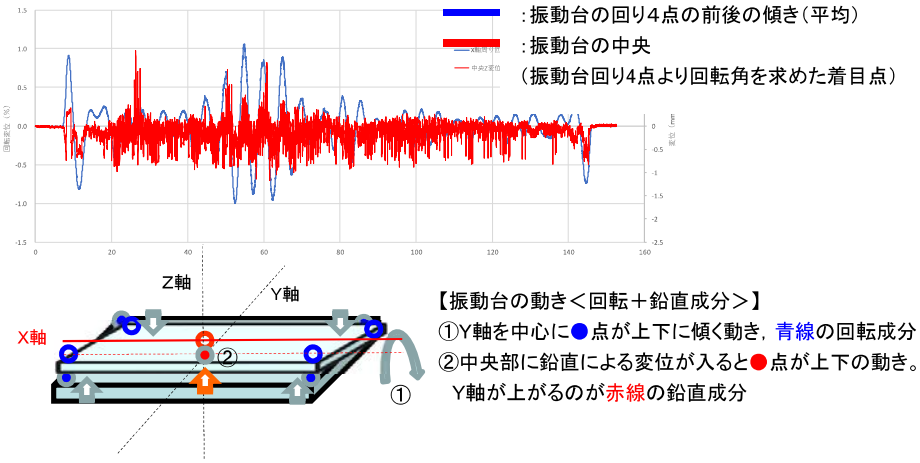


図6　振動台の回転変位と中央部の鉛直変位算出結果

種　別	卓越振動数(Hz)
回転変位	0.20
中央部鉛直変位	0.21，1.09，5.77

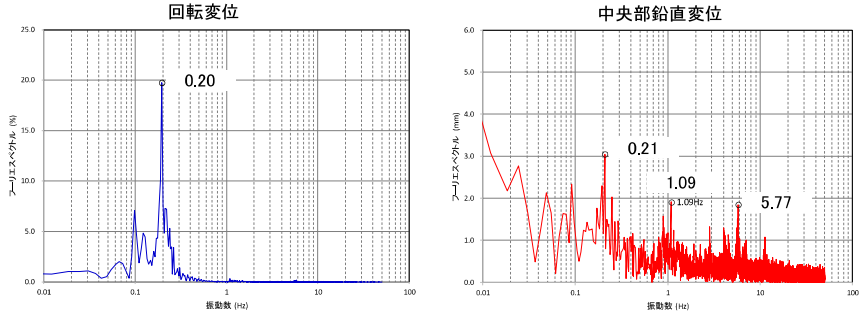


図7　振動台の回転変位と中央部鉛直変位のフーリエスペクトル

【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性（4／ 7）

(5)止水板の固有値解析

止水板の固有値解析を実施した。**止水板の固有値は10.55Hz**であった。

図8に止水板の固有周期解析モデル図を示す。

＜解析条件＞

〇解析コード：MSC_MARC2014.2.0

〇解析内容

線型固有値解析（止水ゴムを弾性体とした解析）

〇モデルの説明

6面ソリッド要素

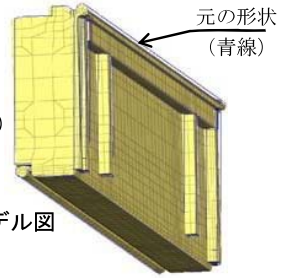


図8　止水板の固有周期解析モデル図

(6)止水板の鉛直変位におけるピッチングの影響

(4)項にて振動台におけるピッチングによる影響を確認した。

ここではピッチングによる影響と思われる長周期のピークが止水板の挙動に表れてないか確認する。

そのため，止水板の鉛直変位のフーリエスペクトルを作成，**周期を分析し周期のピーク0.2Hz，1.1Hz，5.7Hzを確認した。その結果，ピッチングによる影響である周波数0.2Hzが確認できた。**

図9に止水板の鉛直変位におけるフーリエスペクトルを示す。

また，止水板の固有値解析の結果（10.55Hz），周波数が共振領域にないことを確認した。

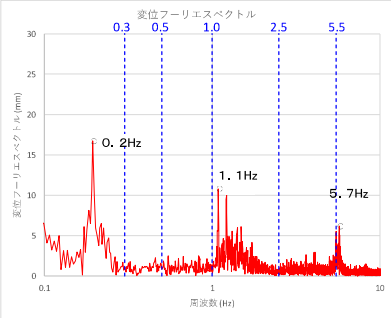


図9　止水板の鉛直変位におけるフーリエスペクトル

(8)各評価のまとめ

各評価対象による周波数成分を評価した結果を表2に示す。

表2　各評価対象の周波数分析結果

	(1)実証試験用入力波	(2)浮き基礎	(3)試験装置	(4)振動台	(5)止水板
周波数（Hz）	―	―	―	0.21（ﾋﾟｯﾁﾝｸﾞ）	―
	1.09	1.1（固有値）	1.09	1.09	―
	1.22（固有値）※	―	1.21	―	―
	5.77（固有値）※	―	5.77	5.77	―
	―	―	―	―	10.55（固有値）

※：鋼製防護壁のY方向の固有周期

各評価対象の周波数が伝達し各対象設備に同様の周波数が検出されていることから，実証試験のうねりの原因は，実証試験装置や供試体（止水板等）の影響ではないことが分かった。

0.21Hzだけが振動台によるピッチングによる影響であることから，実証試験に生じているうねりは振動台によるものと特定される。

そのため，実証試験に生じている振動台のピッチング成分を除去するため，止水板の鉛直変位におけるフーリエスペクトルから，0.3Hz以下のフィルタリングにより影響を除去した止水板の挙動を確認し，振動台からのピッチングによる影響である事を確認した。図10に止水板の鉛直変位におけるフィルタリングの範囲，図11に3方向同時加振時の鉛直変位時刻歴波形フィルタリングを示す。

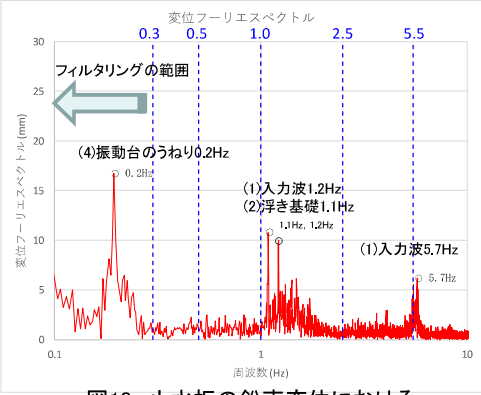


図10　止水板の鉛直変位におけるフィルタリングの範囲

(7)振動台の要因

振動台を三次元で振動させた場合，入力地震動に対し入力成分にない回転成分などが応答に発生し、入力に対して誤差が生じる。**振動台を正確に振動させるため，振動台の特性を把握して振動台制御のソフトウェアに誤差を打ち消すデータを与え制御している。この作業は定期点検時に実施されているが，振動台の性能限界に近い加速度レベルでの試験に対して適応性が十分ではなかった。**

(9)実証試験における振動台のピッチングの影響について

実証試験において，実際の波形にはない振動台による回転変位0.2Hz程度の長周期のうねりの影響が考えられる。ピッチングの影響により試験条件は実際の入力波形である短周期成分とピッチングの長周期成分が混在した状況での試験となった。

しかし，**振動台のピッチングの周波数が0.2Hzであり止水板の周波数10.55Hzから離隔が大きい事より共振することなく，止水板の挙動に影響を与えることはなかった。**

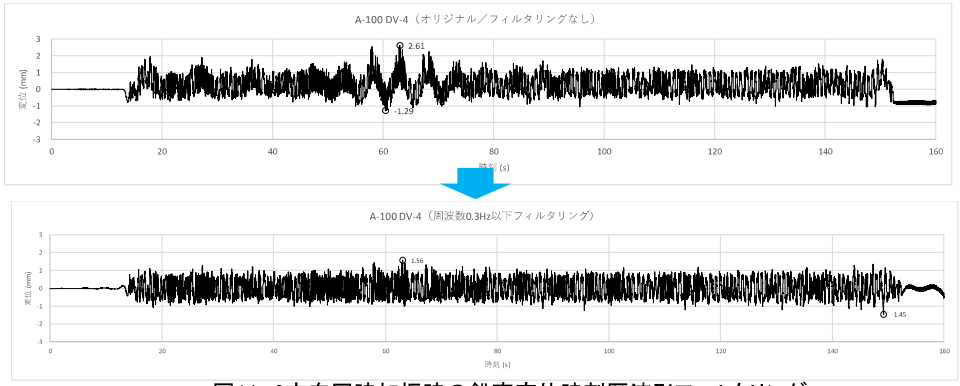


図11　3方向同時加振時の鉛直変位時刻歴波形フィルタリング

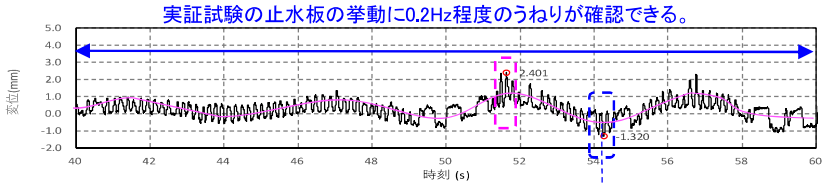
【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性（5／ 7）

＜コメント＞
2．実機解析を工認に適用することも踏まえ，解析の信頼性を示すこと。

＜回　答＞
(1)三次元動的解析フィルタリングによる再現性の検証

3方向同時入力の「三次元動的解析の実機モデル」に0.2Hzの回転変位を与えた。その結果，実証試験と同じ挙動やうねりが認められた。（図1）

【実証試験結果】



【実機モデル】

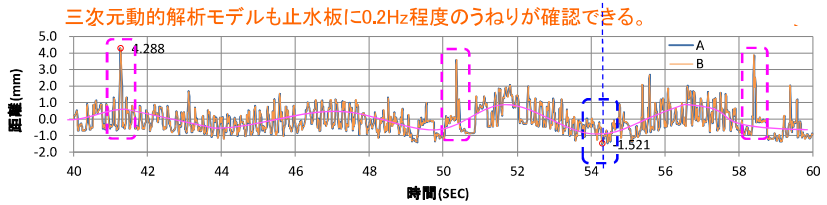
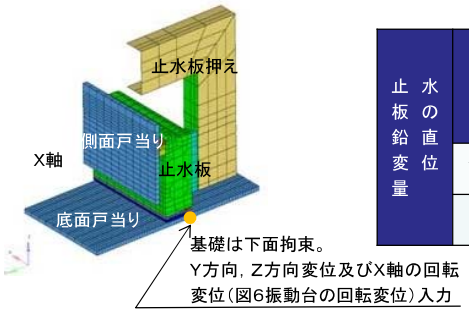


図1　実証試験結果と実機モデル(1/8ｽｹｰﾙ)との比較

＜再現性確認＞
◆実証試験結果及び三次元動的解析の実機モデル共に0.2Hz程度のうねりが確認できた。
◆浮き上がり量のプラス側（浮き上がる：桃色点線）は，実証試験よりも三次元動的解析の実機モデルの方が大きくなる傾向がある。また，浮き上がる時間帯は，実証試験と違う時間帯で発生することが確認できた。
◆浮き上がり量のマイナス側（沈み込む：青色点線）は，ほぼ同じ量で同じ時間帯に発生することが確認できた。
実証試験の観測値と三次元動的解析の実機モデルに0.2Hz程度のうねりを確認し，実機モデルへの再現性を確認した。

また，三次元動的解析の実機モデルは実証試験結果に比べ鉛直変位のプラス側（浮き上がる側）が大きく保守的な値であることが分かった。また，マイナス側（沈み込み側）は同じ沈み込み量及び時間帯であることが分かった。（図2）

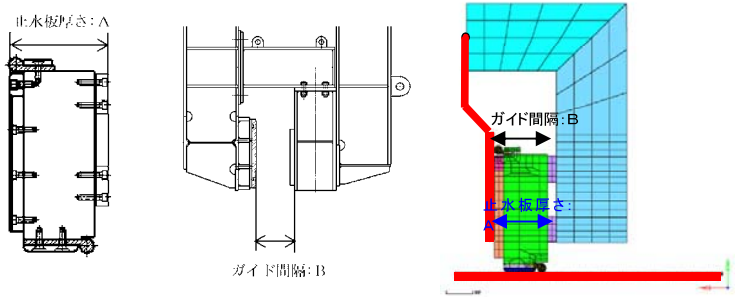


（mm）

止水板の鉛直変位		②3方向（Y方向（堤軸直角）包絡波）		実証試験との差（②−①）
		実証試験（①）	0.2Hz回転変位モデル（②）	
	浮き上がり量（プラス側）	2.41	4.29	＋1.88
	沈み込み量（マイナス側）	−1.26	−1.52	−0.26

図2　三次元動的解析（1/8モデル）と止水板の鉛直変位量

(2)三次元動的解析モデルの信頼性向上
前述(1)項の結果，解析モデルの浮き上がりの時間帯が違う解析結果がみられた。ここでは，三次元動的解析モデルの信頼性を確認するため，**解析モデルに製作公差を含め解析モデルを作成し信頼性を確認した。支圧板厚さとガイド間隔の隙間を4mmにして三次元動的解析を実施した。**図3に実証試験の試験装置における止水板とガイド間の寸法を示す。



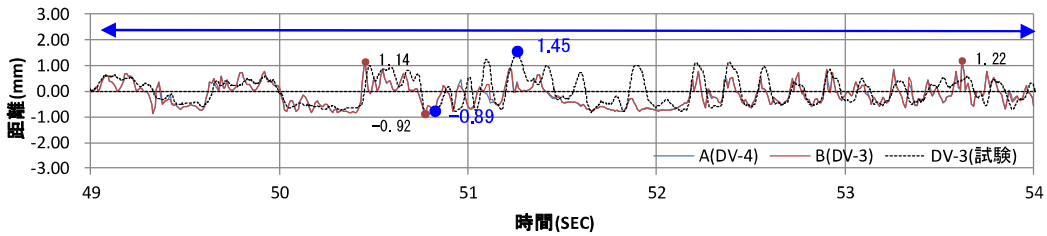
	止水板厚さ A（mm）	ガイド間隔（mm）	隙間（mm）
図面寸法	210	213	3
実際の供試体の寸法（製作公差含む）	207	211～210	3～4

図3　実証試験の試験装置における止水板とガイド間の寸法

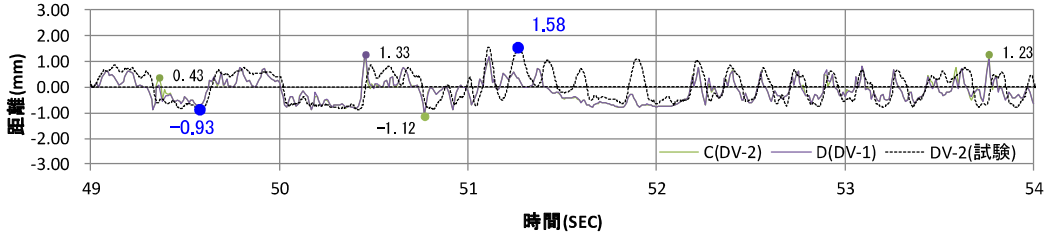
【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性（6／ 7）

実証試験（フィルタリング後）と実際の試験装置の隙間（4mm）の3方向同時加振後の結果について比較した。その結果，**実証試験における結果と実際の試験装置の隙間（4mm）の方の浮き上がり量の差が僅かであり，非常によく似た結果が得られた。浮き上がりに対して解析モデルの信頼性が向上した結果が得られた。**（図4）

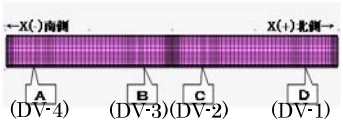
解析結果（実線）と実証試験結果（点線）の止水板の挙動は概ね一致している。



三次元動的解析結果（実機モデル）B部（DV−3）



三次元動的解析結果（実機モデル）C部（DV−2）



---------：実証試験の変位量

●　：実証試験の計測値（青字）

（mm）

		②3方向（Y方向（堤軸直角）包絡波）		
		実証試験(①)	隙間4mmモデル(②)	実証試験と解析モデルとの差（②−①）
止水板の鉛直変位	浮き上がり量（プラス側）	1.45(DV−3) 1.58(DV−2)	1.22(DV−3) 1.33(DV−2)	−0.23～−0.25
	沈み込み量（マイナス側）	−0.89(DV−3) −0.93(DV−2)	−0.92(DV−3) −1.12(DV−2)	−0.03～−0.19

図4　実証試験結果と実機モデルとの比較

【論点1】 鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性（7／7）

＜コメント＞
3．実証試験結果を踏まえて解析にフィードバックする項目はないか，応力評価において実証試験と解析の違いを考慮する必要がないか検討すること。
4．試験結果と実証試験モデル結果の差が浸水防止機能に影響を及ぼすか否かを分析し，今後設計への反映の有無を示すこと。

＜回　答＞

【実証試験結果と三次元動的解析からの設計への反映事項】

三次元動的解析の実機モデルが実証試験と同じ止水板の挙動を確認したため，**三次元動的解析モデルの信頼性は高く，地震時における浸水防止機能に影響を与えることのないよう構造設計に反映する。**

実機の構造設計については，静的荷重による強度計算，耐震計算を実施し，動的な評価として三次元動的解析による解析結果を構造設計に適切に反映することで設備の構造信頼性を高める。図1に1次止水機構の工事認可申請書構造設計フローを示す。

なお，浮き上がりについては，実証試験の鉛直変位量の結果が解析結果を僅かに上回ることから，地震時における浮き上がりが大きくなる可能性がある。しかしながら，**止水機構には2次止水機構が存在しているため,1次止水機構の水密ゴムの浮き上がりによる漏水が発生したとしても敷地内には浸水しない。**（図2）

①解析モデルの信頼性の向上

実証試験の結果と三次元動的解析モデルを比較すると止水板の挙動や浮上り量において，隙間4mmモデルが実証試験に近い結果が得られている。今後の止水機構の構造設計においては，**原則設計の公称値である隙間3mmモデルにて強度評価を実施し，止水板の挙動や浮き上がり量，発生応力にいてのばらつきを考慮し，隙間4mmモデルの解析結果とも比較し構造設計に反映する。**

②衝突の部材に与える影響評価

止水板の鉛直変位の挙動の結果から，前後（海側・陸側）の傾きが確認できる。

実証試験中においても止水板と止水板押えや底面・側面戸当りとの接触音が認められることから**三次元動的解析の結果より，衝突の部材に与える影響評価を実施し構造設計への反映の要否について評価する。**

③実証試験結果及び三次元動的解析結果の報告

実証試験にて得られた止水板の挙動，変位追従性，水密ゴムの健全性の観点より結果を取り纏める。また，**動的解析（二次元・三次元）による結果も合わせて集約し，構造部材の許容応力の照査，水密ゴムの応力照査について評価し，構造設計へ適切に反映する。**

◆上記内容については，7月中旬頃までにご報告する。

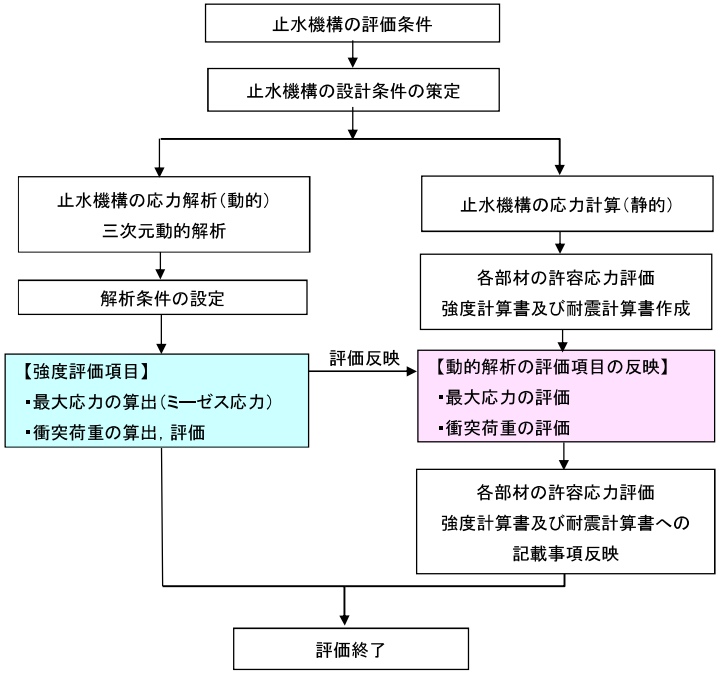


図1　1次止水機構の工事認可申請書構造設計フロー

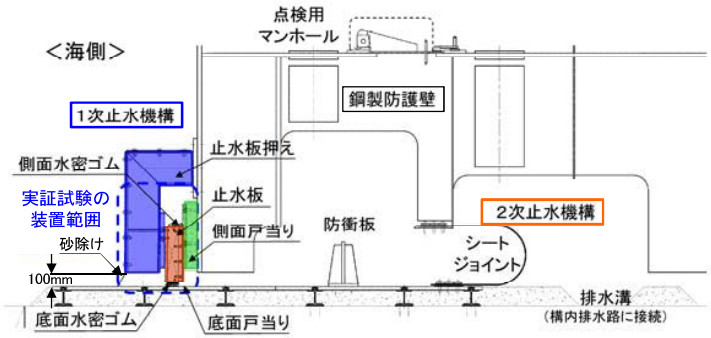


図2　止水機構全体構造概要

【論点1】（参考1） 鋼製防護壁 止水機構の実証試験の経緯

第578回（H30.5.31）審査会合資料抜粋

＜本論点の経緯＞

防潮堤のうち鋼製防護壁については，取水路と鋼製防護壁の地震時の変位による相互干渉を回避するため，取水路と鋼製防護壁間に100mmの隙間を設け，この隙間からの津波の流入を防止することを目的に止水機構を設置することとしている。

この止水機構の構造に対して，第520回審査会合（平成29年10月17日）において，「止水板の追従性として，解析での確認に加え，試験についても検討し，方針及び実施時期を示した上で，設置許可断面と工認断面の範囲を整理して示すこと。」という指摘があった。

この指摘を踏まえて，第562回審査会合（平成30年4月5日）において，工事計画認可申請に係る論点整理の一つとして，止水機構に関して「止水機構の地震時の追従性について，評価及び実規模大の試験装置を用いた加振試験にて確認する。」ことを説明している。

今回は，上記の評価及び加振試験結果について説明するものである。

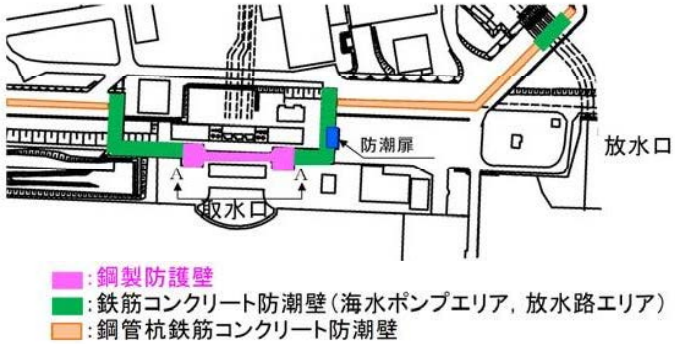


図1 鋼製防護壁の配置図

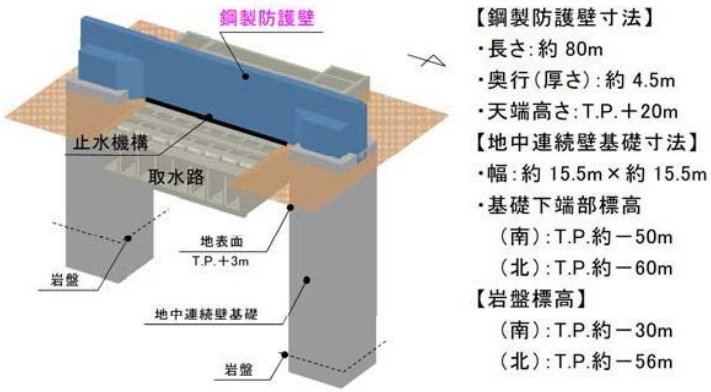


図2 鋼製防護壁の構造と止水機構の位置

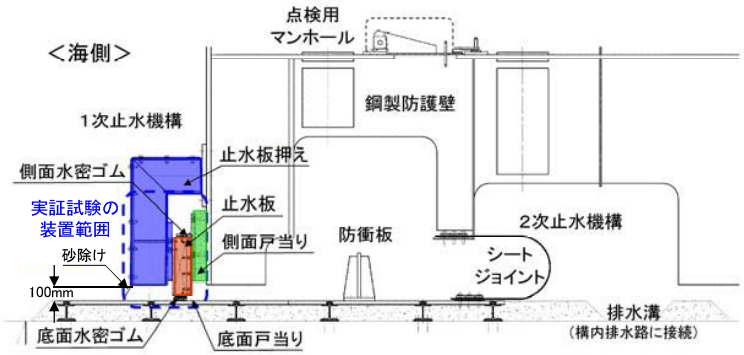


図3 止水機構全体構造概要

表1 止水機構の目的と要求機能

対策設備	目的／機能要求
1次止水機構 ・浸水防止設備 ・外郭防護1	鋼製防護壁下部と取水路間の隙間から海水ポンプエリアへの津波の流入，到達を防止する。
防衝板 ・影響防止設備 ・外郭防護1	1次止水機構の損傷又は保守に伴う取り外し時に，漂流物が2次止水機構に到達することを防止する。
2次止水機構 ・浸水防止設備 ・外郭防護2	1次止水機構からの漏えいを考慮して，海水ポンプエリアへの漏水を防止する。 安全機能への影響確認として，海水ポンプエリアへの浸水量評価を実施し，安全機能への影響がないことを確認する。
点検用マンホール ・浸水防止設備 ・外郭防護2	1次止水機構からの漏えいを考慮して，鋼製防護壁鋼殻内への漏水を防止する。

【論点1】（参考2） 1次止水機構の実証試験評価フロー

第578回（H30.5.31）審査会合資料抜粋

◆1次止水機構の実証試験フローを図●に示す。止水機構の地震時の追従性については，実規模大の試験装置による「実証試験（加振試験）」と「三次元動的解析」により確認する。

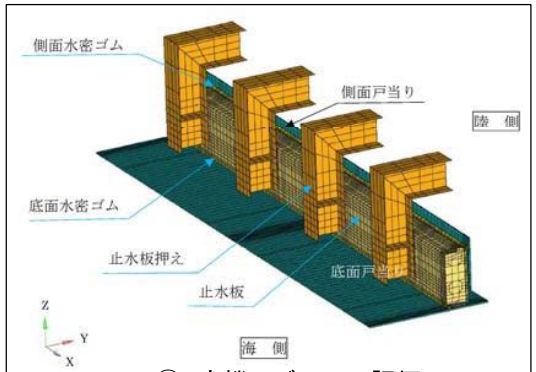
◆「実証試験（加振試験）」と「三次元動的解析」の目的及び関係は以下のとおりである。

①実証試験（加振試験）：加振試験により，止水機構の追従性，水密ゴムの健全性，1次止水機構の構成部材の健全性について確認する。

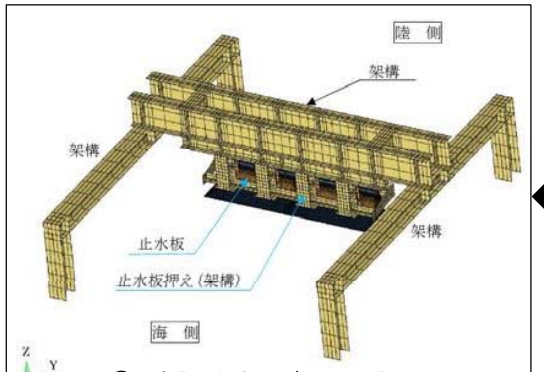
②実証試験モデルによる三次元動的解析：実証試験装置をモデル化した三次元動的解析結果が，加振試験時の止水機構の挙動を再現できているか確認する。（三次元動的解析の信頼性・妥当性確認）【検証Ⅰ】

③実機モデルによる三次元動的解析：実証試験装置をモデル化した三次元動的解析結果と実機設計をモデル化した三次元動的解析結果を比較するにより，実機設計をモデル化した三次元動的解析結果の妥当性を確認する。【検証Ⅱ】

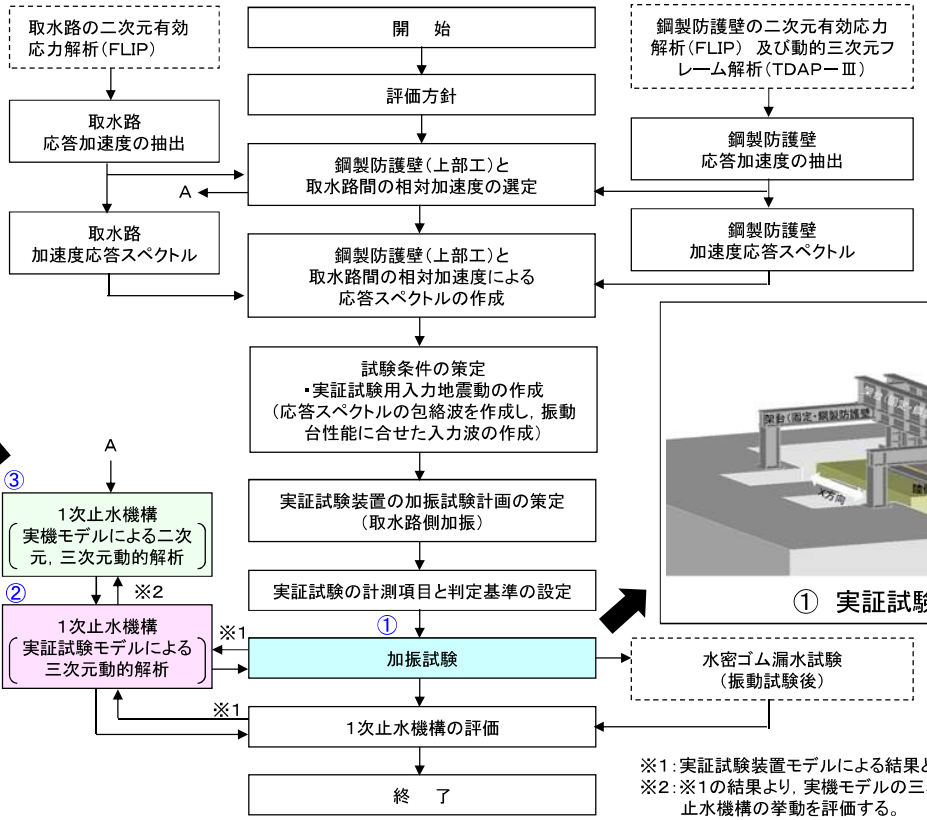
◆上記①，②，③を関連付けることにより，三次元動的解析による実機止水機構の設計・構造の妥当性を確認する。



③ 実機モデルでの評価
（三次元動的解析）



② 実証試験モデルでの評価
（三次元動的解析）



① 実証試験 （試験装置鳥瞰図）

※1：実証試験装置モデルによる結果と実証試験結果の比較評価を行う。
※2：※1の結果より，実機モデルの三次元動的解析の妥当性を評価し，1次止水機構の挙動を評価する。

図● 1次止水機構の実証試験評価フロー

【論点6】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性（1/10）

＜本論点の経緯＞

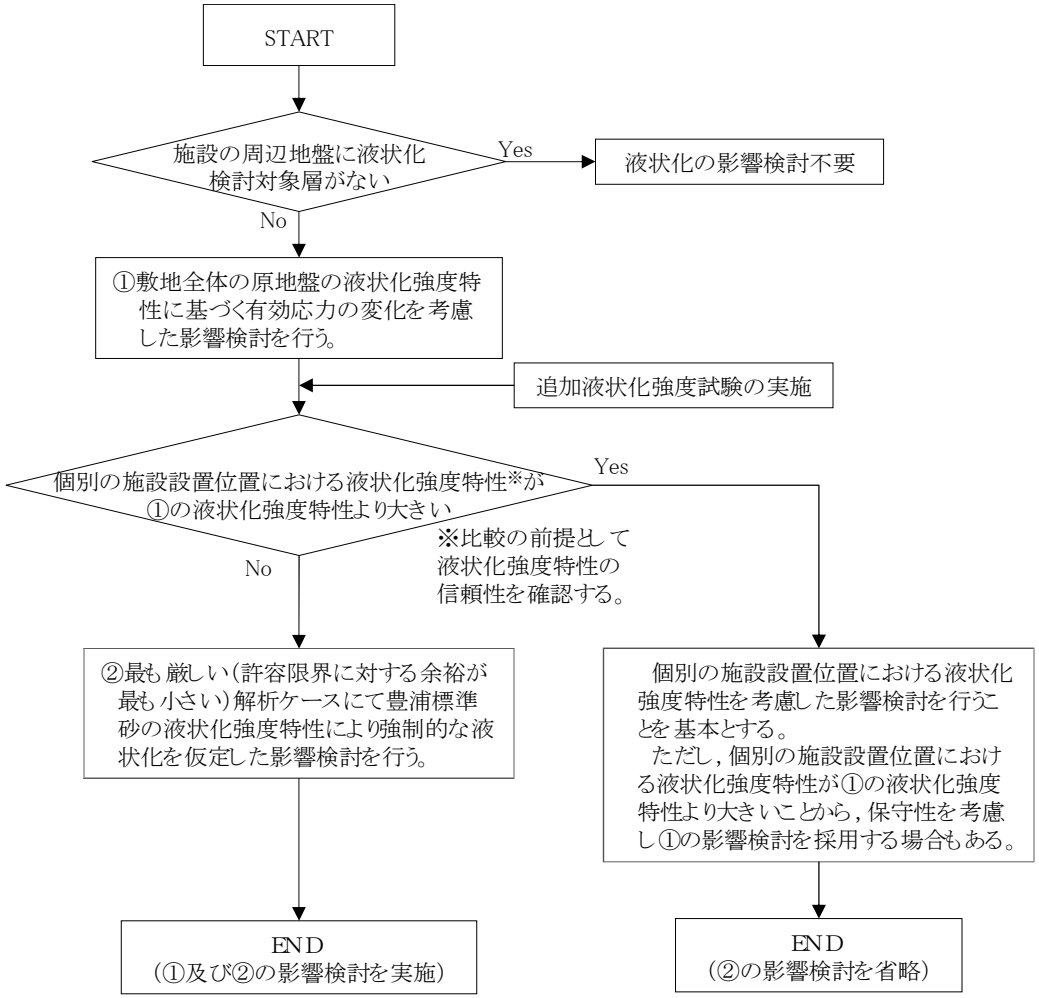
東海第二発電所敷地地盤の有効応力変化に応じた検討は，設置変更許可段階での液状化強度試験結果を基に設定した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）を用いている。この設置変更許可段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）及びこの液状化強度特性を用いた施設毎の液状化影響検討方針について以下のご指摘をいただいた。

＜コメント＞

1. 液状化強度試験データの信頼性（代表性及び網羅性）の確認が必要である【第481回審査会合（平成29年6月29日）】
2. 施設毎の液状化影響検討方針において，使用済燃料乾式貯蔵建屋を個別の評価対象とした根拠（他の建屋を除外した理由も含む）及び地盤改良の有無について説明すること【第562回審査会合（平成30年4月5日）】

- 施設の詳細設計において，その周辺地盤に液状化検討対象層が存在しない場合は，液状化の影響検討は不要とする。
- 上記に該当しない施設について，基準地震動Ｓｓに対して，敷地全体の原地盤に基づく液状化強度特性を用いた有効応力解析による影響検討を行う（①）
- 個別の施設設置位置の液状化強度特性について，信頼性を確認した上で，①の液状化強度特性より大きいかの確認を行う。
- 個別の施設設置位置の液状化強度特性が①の液状化強度特性より大きいことの確認ができない場合は，①の検討において最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）解析ケースに対して，豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した影響検討を追加で行う（②）。
- 個別の施設設置位置の液状化強度特性が①の液状化強度特性より大きいことを確認した場合は，個別の施設設置位置における液状化強度特性を考慮した影響検討を行う。

以下に施設毎の液状化影響検討の組合せの設定フローを示す。



屋外重要土木構造物及び津波防護施設は，敷地の広い範囲にわたって設置されること及び構造物数が多いことから，敷地全体の原地盤の液状化強度特性①による評価と豊浦標準砂の液状化強度特性②を仮定した評価を実施する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋については，その設置位置での液状化強度特性に基づき「敷地全体の原地盤の液状化強度特性」を設定した地層は，その液状化強度特性を用いる。（当該地層に「豊浦標準砂の液状化強度特性」は仮定しない。）

＜回答１＞

追加液状化強度試験結果を含め「液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性」と設置変更許可段階で示した原地盤の「FLIP解析用液状化強度特性（-1σ）の代表性及び網羅性」について説明する。

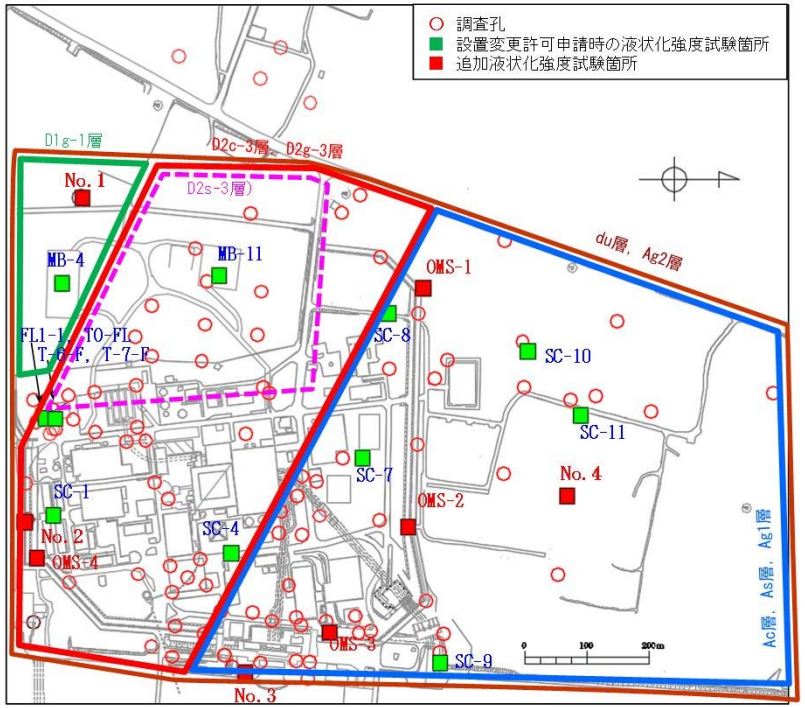
また，強制的に液状化させることを仮定した場合の評価に用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性が追加液状化強度試験結果を含めた全液状化強度試験結果と比較しても，十分に小さいことを確認する。

◆液状化検討対象層の抽出及び液状化強度試験箇所

各指針類で液状化検討対象層として定められているGL-20m以浅の沖積砂・礫質土以外に，GL-20m以深に分布する土層及び洪積層も液状化検討対象とする（du層，Ag2層，As層，Ag1層，D2s-3層，D2g-3層，D1g-1層）。

粘性土については，敷地の北部に分布する過圧密粘性土（Ac層）に対して実施した液状化強度試験結果から液状化しない，すなわち非液状化層であることを確認した。

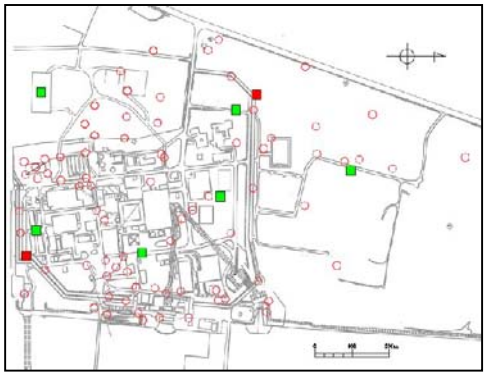
液状化強度試験箇所の選定においては，N値と細粒分含有率Fcを用いて道路橋示方書式で算定される液状化強度比R_Lが，敷地内の対象土層のR_Lと比較して保守的である箇所とした。



液状化検討対象層の分布範囲，
敷地内調査孔及び液状化強度試験箇所

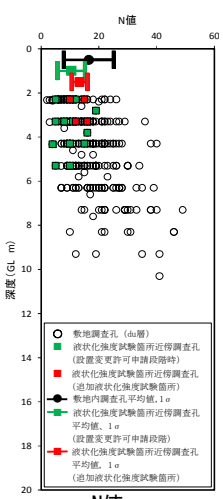
【論点6】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性（3/10）

設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）の代表性及び網羅性の評価（du層）

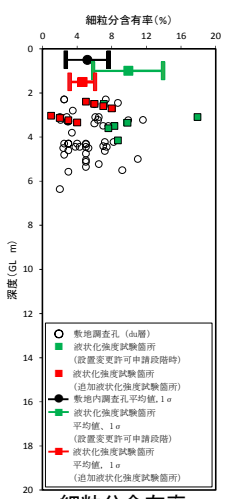


○ 調査孔
■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
■ 追加液状化強度試験箇所

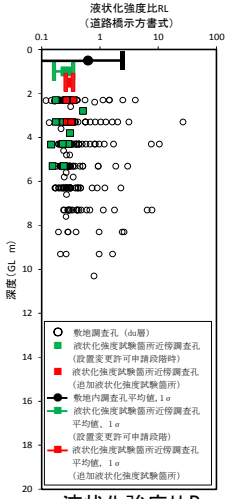
調査孔と液状化強度試験箇所（du層）



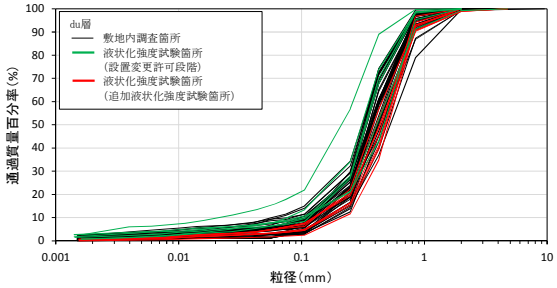
N値



細粒分含有率

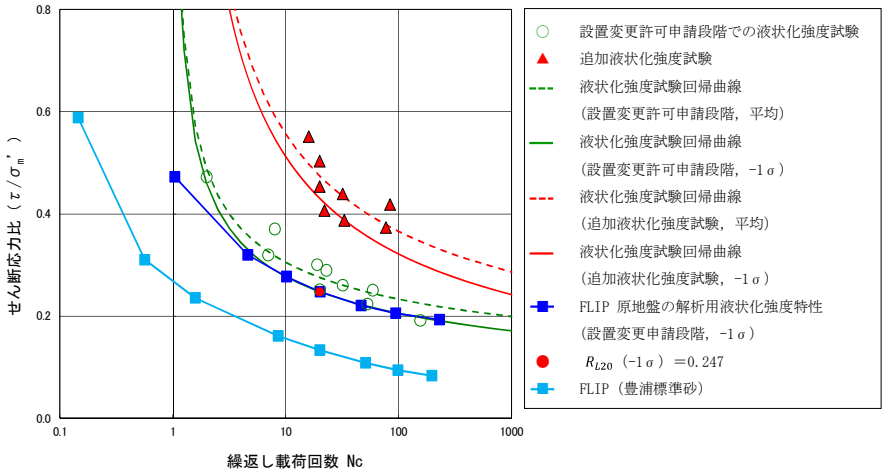


液状化強度比R_L（道路橋示方書式より算出）



粒径加積曲線（du層）

液状化強度試験箇所平均R_L ＜ 敷地内調査孔平均R_Lであることより，液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認

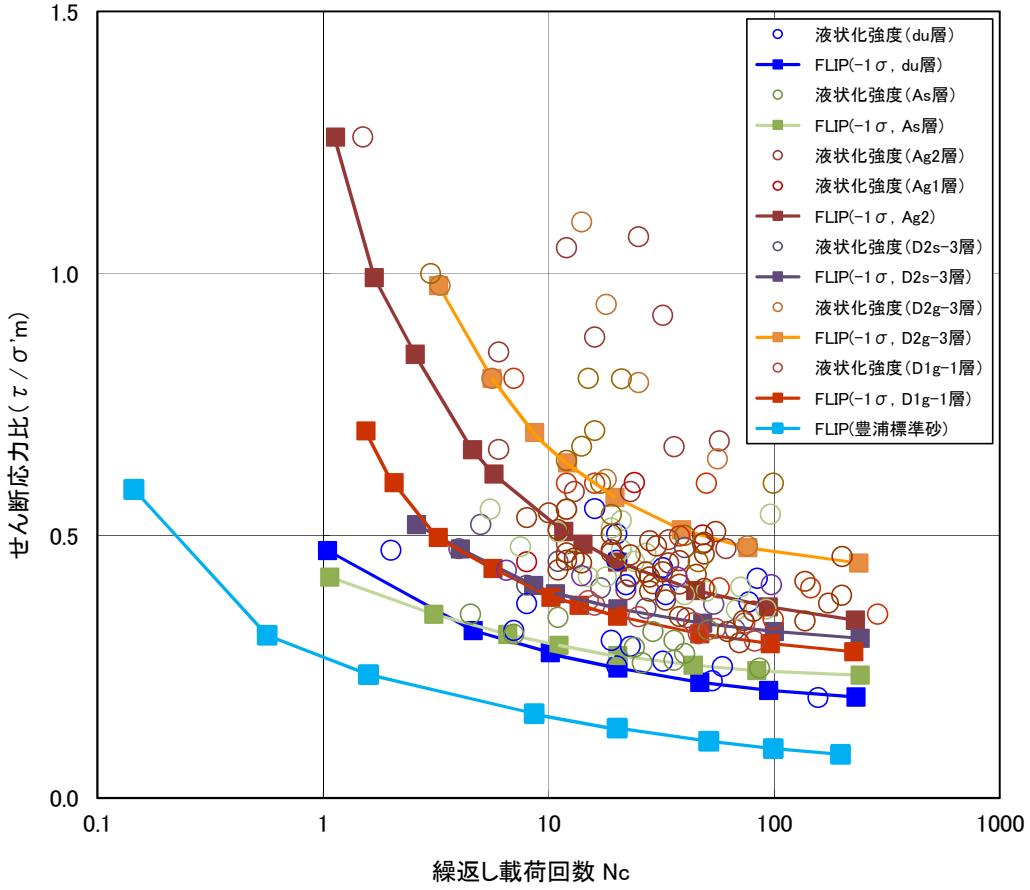


液状化強度試験結果（du層）

- du層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）よりも大きいことから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）は，代表性を有することを確認した。
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は，原地盤のdu層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 砂質土の液状化強度特性に影響を及ぼす地盤の物性値は，N値及び粒度（細粒分含有率Fc，平均粒径D_{50}）が挙げられる。
- du層は，砂が主体の概ね均一な粒径を示す。
- 液状化強度試験箇所の細粒分含有率Fcは10%未満であり，液状化強度特性への影響は小さい。
- 追加液状化強度試験箇所の平均N値及び平均粒径D_{50}は，設置変更許可段階時の液状化強度試験箇所よりやや大きい。
- 追加液状化強度試験結果と設置変更許可段階時の液状化強度試験結果の差異は，N値及びD_{50}によるものと考えられる。

豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性と原地盤の液状化強度試験結果の比較



- 液状化強度試験箇所の道路橋示方書算定式で算定される平均液状化強度比R_Lが，敷地内調査孔の道路橋示方書算定式で算定される平均液状化強度比R_Lより小さいことから，液状化強度試験箇所の代表性・網羅性を確認した。
- du層，As層，D2s−3層及びD1g−1層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は，設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（−1σ）と同等，またはより大きいことを確認した。一方，Ag2層，Ag1層，D2s−3層及びD2g−3層の追加液状化強度試験で求められた液状化強度特性は，設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（−1σ）よりもわずかながら小さいものもあったが，その差は小さく，同様の傾向を呈していることから，各液状化検討対象層の設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（−1σ）は，代表性を有するものであることを確認した。
- 強制的に液状化させることを仮定した場合の影響評価のために用いている敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は，敷地における全ての地層の液状化強度試験結果よりも，十分に小さいことを確認した。
- 以上より，設置変更許可申請書で示したFLIP解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性を確認した。

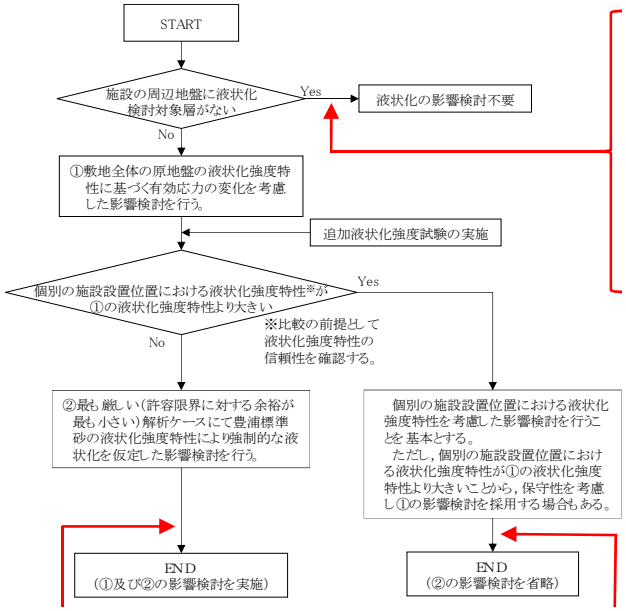
【論点6】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性（5/10）（建物・構築物の杭基礎の液状化影響検討）

＜回答２＞

第562回審査会合において，杭基礎を有する建屋に関し，使用済燃料乾式貯蔵建屋について，その設置位置での液状化強度特性に基づき「敷地全体の原地盤の液状化強度特性」を設定した地層は，その液状化強度特性を用いること，主排気筒については地盤改良により「液状化の影響検討不要」となることを説明した。

今回は，使用済燃料乾式貯蔵建屋を個別の評価対象とした根拠（他の建屋を除外した理由も含む）及び地盤改良の有無について説明する。

No.	建物・構築物	杭形式（支持層）	評価方針	地盤改良
1	・主排気筒 ・非常用ガス処理系配管支持架構	支持杭（久米層）	・地盤改良により，杭基礎周辺に液状化検討対象層がない状態とする。 全層セメント固化するため，杭基礎周辺には液状化が生じない。	セメント固化
2	・緊急時対策所建屋	支持杭（久米層）	・地盤改良により，杭基礎周辺に液状化検討対象層がない状態とする。 セメント固化及び薬液注入を行うため，杭基礎周辺には液状化が生じないが，薬液注入層や粘土層が残る。	セメント固化及び薬液注入
3	・使用済燃料乾式貯蔵建屋	支持杭（久米層）	・地層ごとに地盤物性の設定方針を組み合わせて液状化検討を実施する。 設置位置での液状化強度特性が得られている地層（Ag2層，D2g-3層） ⇒液状化強度特性の信頼性を確認したうえで，その液状化強度特性を用いる。 設置位置での液状化強度特性が得られていない地層（du層，D2g-2層） ⇒豊浦標準砂の液状化強度特性による強制的な液状化を仮定して影響検討する。	－



3. 使用済燃料貯蔵建屋※（du層，D2g-2層）

3. 使用済燃料貯蔵建屋※（Ag2層，D2g-3層）

1. 主排気筒・非常用ガス処理系配管支持架構

全層セメント固化するため，杭基礎周辺には液状化が生じない。杭基礎周辺以外の液状化検討対象層について液状化の影響を考察する。

2. 緊急時対策所建屋

セメント固化及び薬液注入を行うため，杭基礎周辺には液状化が生じないが，薬液注入層や粘土層が残る。薬液注入した層は液状化を考慮しない原地盤物性を用い，杭基礎周辺以外の液状化対象層には強制的な液状化を仮定した液状化影響検討を行う。

※　3. 使用済燃料貯蔵建屋

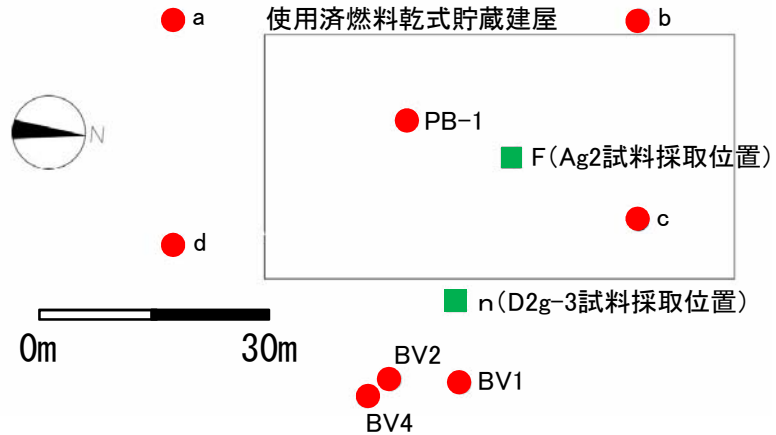
原地盤について建築基礎構造設計指針に基づき液状化しないことを確認した上で，液状化しない場合の構造健全性を検討している。しかしながら，杭基礎周辺には液状化検討対象層があるため，個別の液状化強度特性のない層について強制的な液状化を仮定した液状化影響検討を実施する。

	τl/σ'z	τd/σ'z	Fl	Fl判定値	判定
du	12.0	1.12	10.7	1以上	OK
Ag2	35.8	1.05	34.2		OK
D2g-3	4.7	0.91	5.1		OK

τl/σ'z:液状化抵抗比，τd/σ'z:繰返しせん断応力比

・ 試験位置の代表性と液状化強度特性の信頼性について検討した。

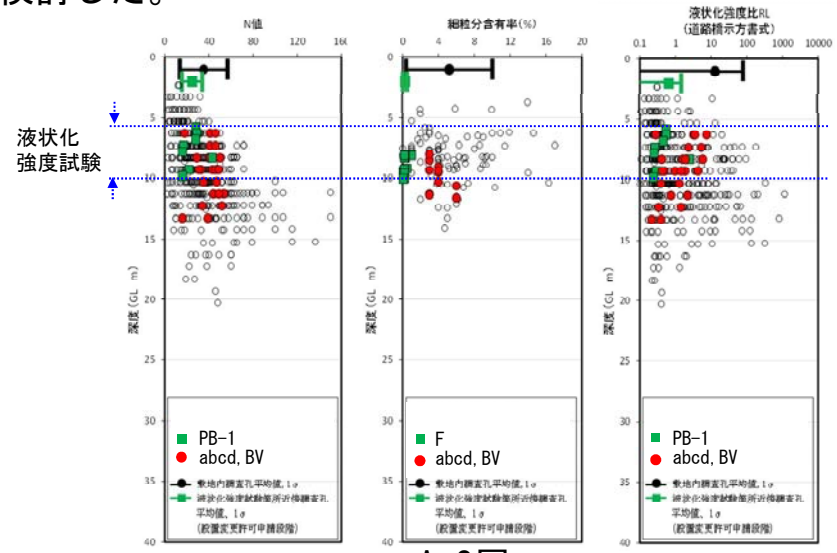
試験位置近傍でのN値，細粒分含有率，液状化強度比は，その他の位置での値と同程度かやや小さい傾向にあるため，試験位置は建屋近傍の地盤に対して代表性がある。



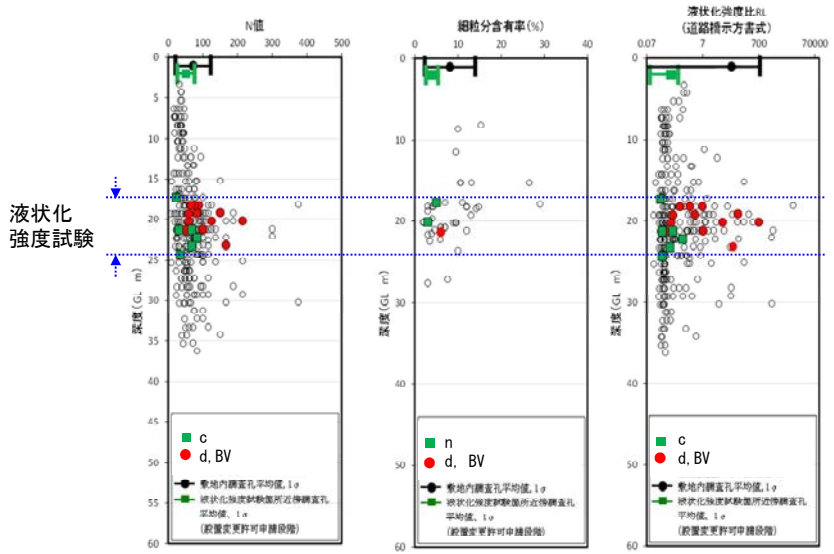
建屋近傍での標準貫入試験位置及び試料採取位置

標準貫入試験結果の比較

地層	建屋近傍	試験箇所近傍
Ag2層	40 （サンプル数25）	25 （サンプル数8）
D2g-3層	90 （サンプル数17）	51 （サンプル数6）



Ag2層

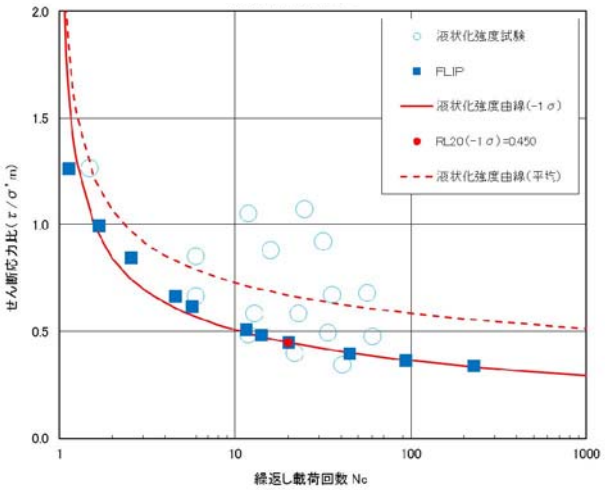


D2g-3層

敷地全体の原地盤の液状化強度特性について，液状化強度試験の結果にばらつきを考慮し，-1σ相当の液状化強度曲線を目安として設定している。

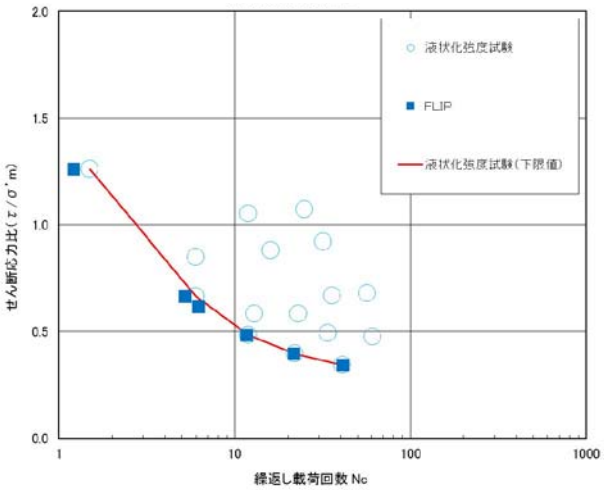
Ag2層　：有効応力解析（以下FLIP解析という。）結果を下回る試験データがあることを踏まえ，試験データの下限を包絡する液状化強度曲線を再設定し信頼性を確保する。
D2g-3層：FLIP解析結果が試験データの下限を包絡しており信頼性があることを確認した。

液状化抵抗曲線



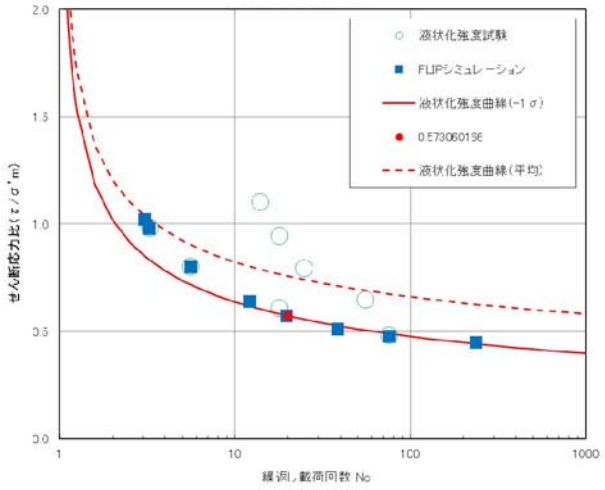
Ag2層（-σ相当）

液状化抵抗曲線



Ag2層（下限）

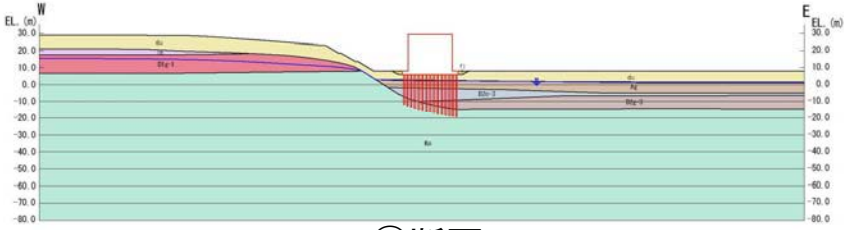
液状化抵抗曲線



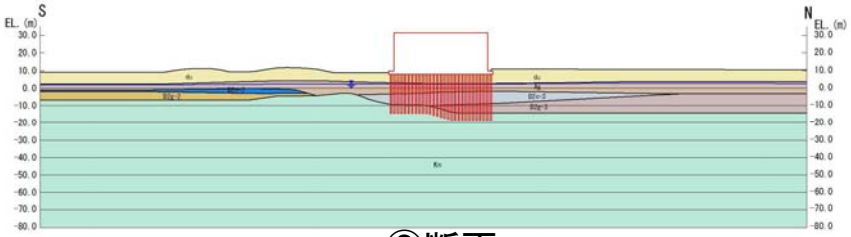
D2g-3層（-σ相当）

適用する液状化強度特性

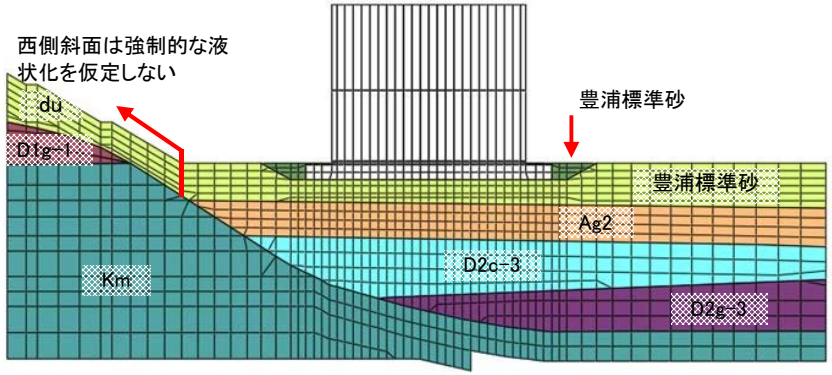
No.	地層	液状化強度特性	設定の考え方
1	Ag2	敷地全体の原地盤	施設位置での液状化強度特性あり
2	D2g-3		
3	du（西側斜面以外）	豊浦標準砂	施設位置での液状化強度特性なし
4	D2c-3	敷地全体の原地盤	液状化検討対象外（粘土層）
5	Im		
6	du（西側斜面）	敷地全体の原地盤	杭基礎の健全性の検討を目的とすることから、斜面には強制的な液状化を仮定しない。
7	D1g-1		



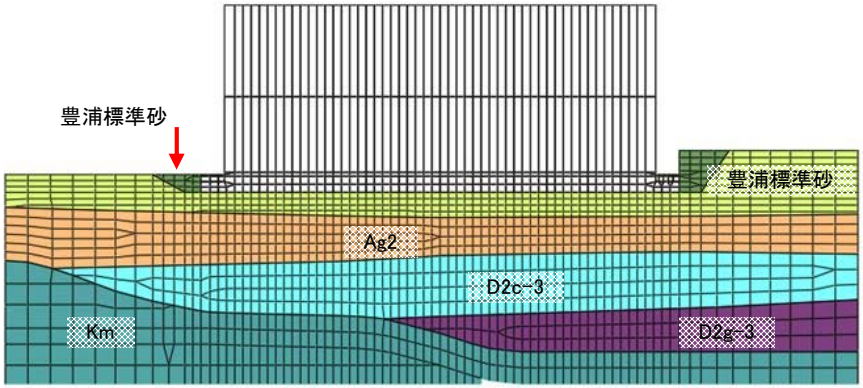
①断面



②断面



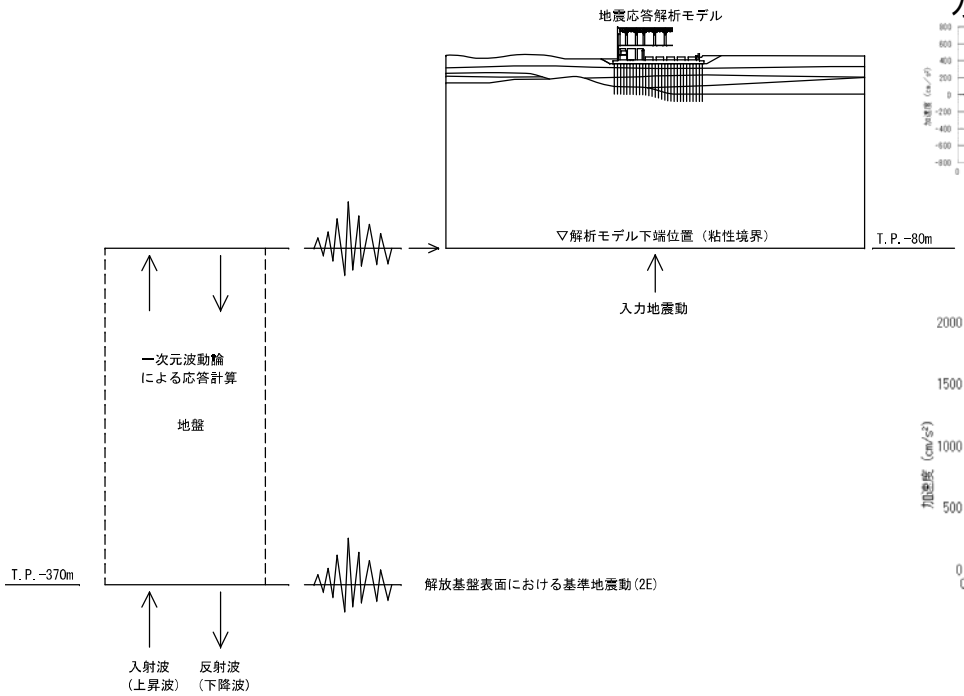
EW断面



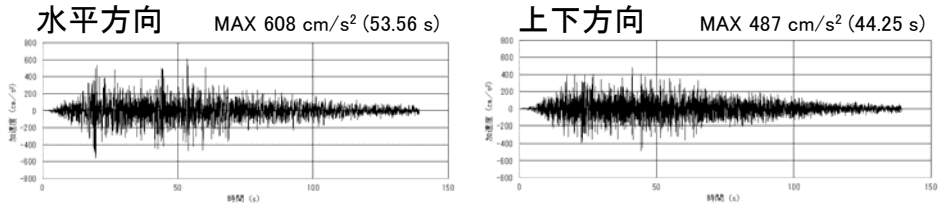
NS断面

■有効応力解析概要

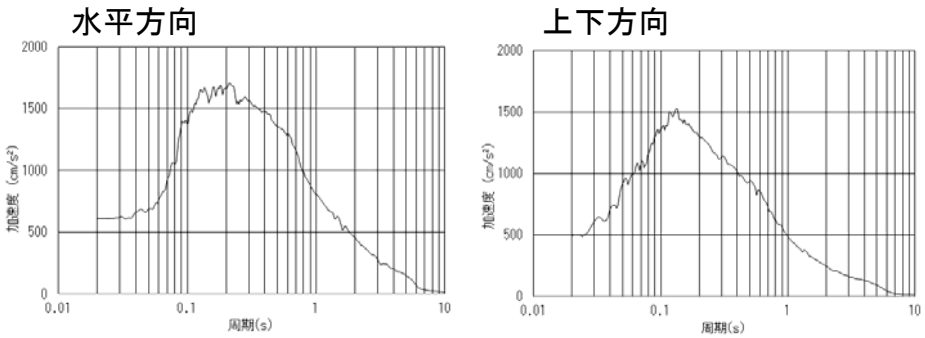
有効応力解析において，建屋周辺のEL.-80m以浅をモデル化する。解析モデルへの入力地震動は，下図に示すように解放基盤表面(EL.-370m)で定義される基準地震動を一次元波動論によって有効応力解析モデルの底面位置(EL.-80m)で評価した応答波を用いる。本検討で用いる基準地震動は，主要動の継続時間が最も長いSs-D1を代表として選定する。水平及び上下方向の入力地震動を同時に入力する。算定した入力地震動を以下に示す。



入力地震動算定の概念図



加速度時刻歴波形



加速度応答スペクトル（h=0.05）

解析モデル底面位置での入力地震動

■ 杭の健全性評価方針

1. 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤の支持性能に対する健全性は，杭に作用する最大鉛直力が杭の鉛直載荷試験で得られた極限支持力以下であること（右表①）を確認する。

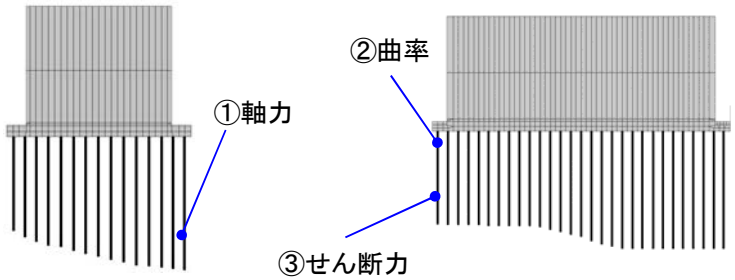
2. 鋼管杭に対する許容限界

鋼管杭に対する健全性は，杭体の曲げモーメントによる杭体の曲率が終局曲率以内であること（右表②）を確認する。また，杭のせん断力が終局せん断耐力以下であること（右表③）を確認する。

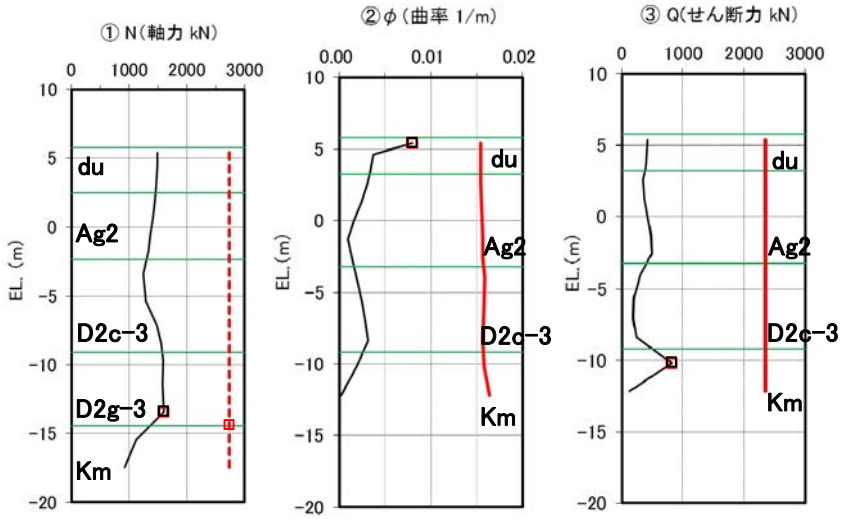
■ 杭の健全性評価結果

FLIP解析で得られた杭の最大応答値は評価基準値以内に収まっていることから，杭の健全性を確認できた。

No.	① N（軸力）	② Φ（曲率）	③Q（せん断力）
方向	EW	NS	NS
杭位置	東端の杭	南端の杭	南端の杭
発生値	1610 (kN)	0.00800 (1/m)	823(kN)
許容限界	2740 (kN)	0.0154 (1/m)	2350 (kN)



最大値の発生位置

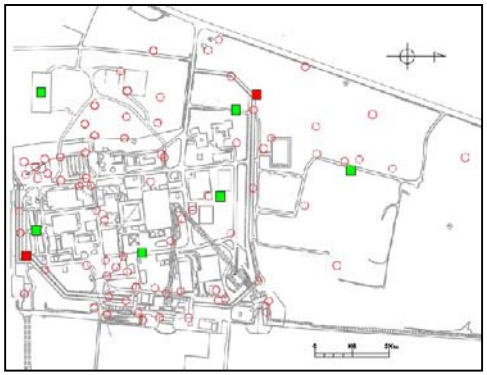


杭応力及び杭曲率の深さ方向分布

□ ：発生値の最大値
－□－ ：許容限界
Nは支持層（Km層）位置の値を全層の許容値とする。
φは軸力に応じた許容値とする。
Qは一定値。

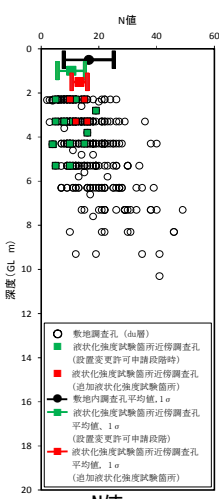
【論点6:参考】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性

1．設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）の代表性及び網羅性の評価（ｄｕ層）

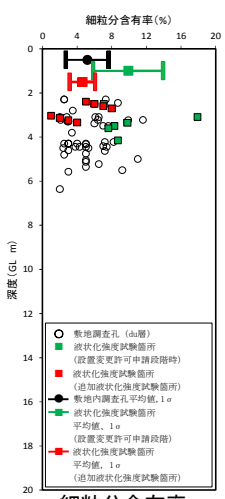


○ 調査孔
■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
■ 追加液状化強度試験箇所

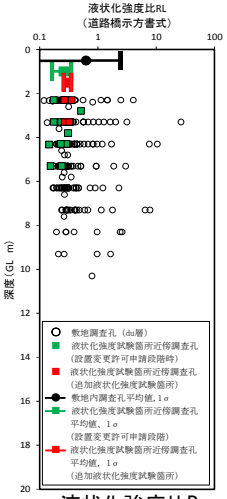
調査孔と液状化強度試験箇所（du層）



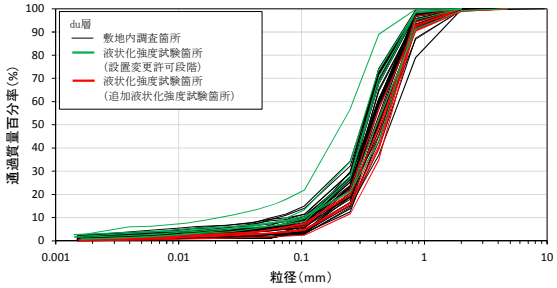
N値



細粒分含有率

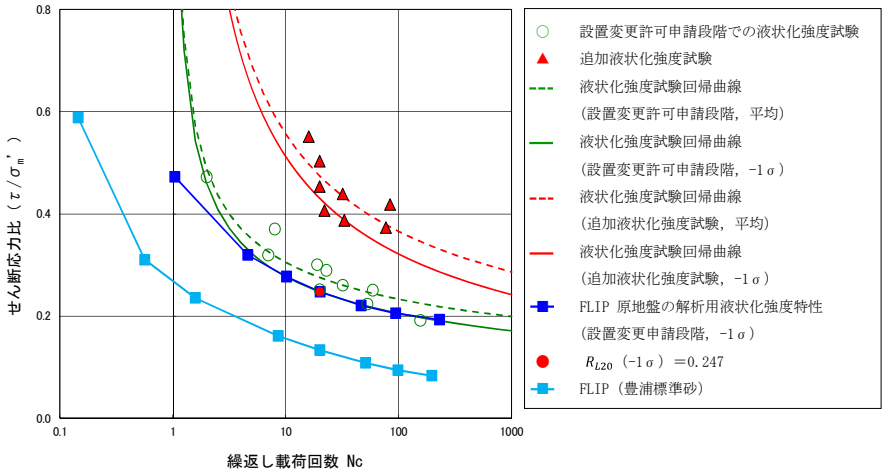


液状化強度比R_L（道路橋示方書式より算出）



粒径加積曲線（du層）

液状化強度試験箇所平均R_L ＜ 敷地内調査孔平均R_Lであることより，液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



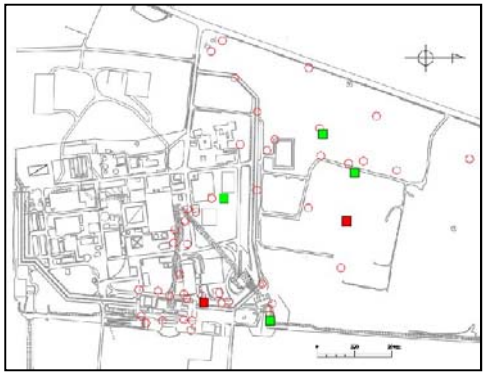
液状化強度試験結果（du層）

- du層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）よりも大きいことから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）は，代表性を有することを確認した。
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は，原地盤のdu層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 液状化強度特性に影響を及ぼす地盤の物性値はN値及び粒度（細粒分含有率Fc，平均粒径D_{50}）が挙げられる。
- du層は，砂が主体の概ね均一な粒径を示す。
- 液状化強度試験箇所の細粒分含有率Fcは10%未満であり，液状化強度特性への影響は小さい。
- 追加液状化強度試験箇所の平均N値及び平均粒径D_{50}は，設置変更許可段階時の液状化強度試験箇所よりやや大きい。
- 追加液状化強度試験結果と設置変更許可段階時の液状化強度試験結果の差異は，N値及びD_{50}によるものと考えられる。

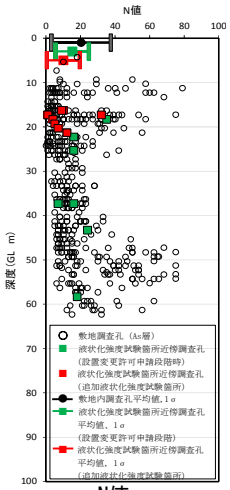
【論点6:参考】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性

2．設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）の代表性及び網羅性の評価（Ａｓ層）

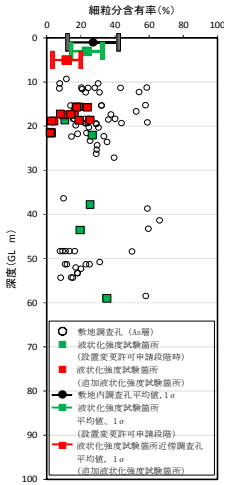


○ 調査孔
■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
■ 追加液状化強度試験箇所

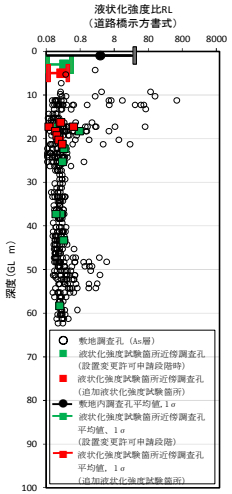
調査孔と液状化強度試験箇所（As層）



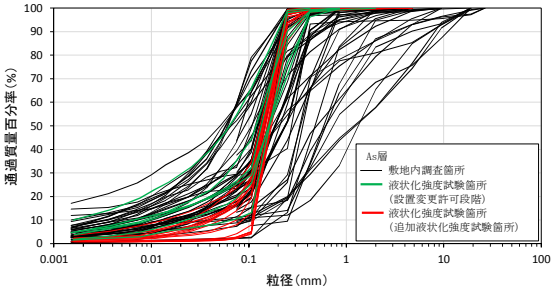
N値



細粒分含有率

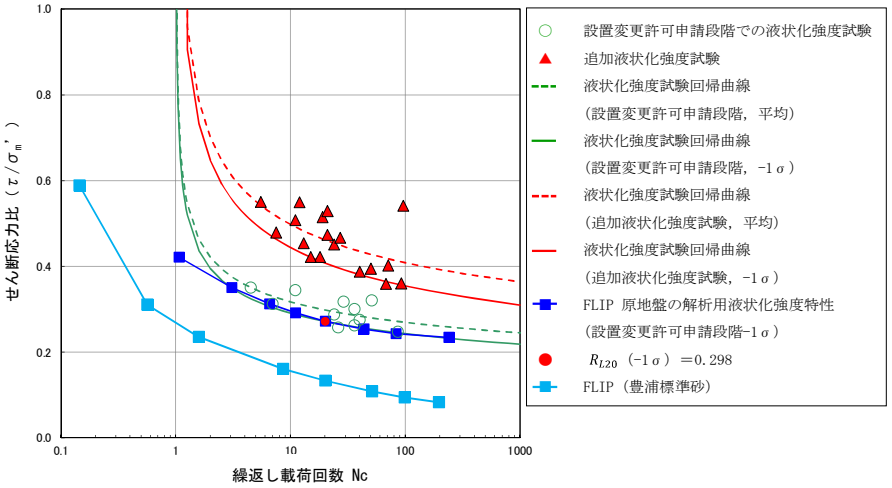


液状化強度比R_L
（道路橋示方書式より算出）



粒径加積曲線（As層）

液状化強度試験箇所平均R_L ＜ 敷地内調査孔平均R_Lであることより，液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



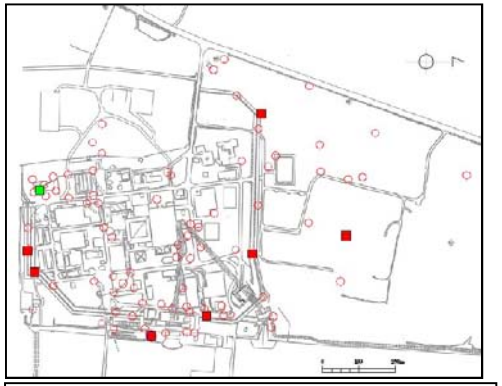
液状化強度試験結果（As層）

- As層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）よりも大きいことから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）は，代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は，原地盤のAs層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 追加液状化強度試験箇所の平均N値，平均細粒分含有率Fcは設置変更許可段階時の液状化強度試験箇所より小さい。
- 設置変更許可段階での液状化強度試験箇所の試料採取はトリプルチューブサンプリングにより行い、追加液状化強度試験試料採取は乱れの影響が小さい凍結サンプリング手法を採用している。
- 設置変更許可段階の液状化強度試験結果と追加液状化強度試験結果の差異は，試料サンプリング手法の差によるものと考えられる。

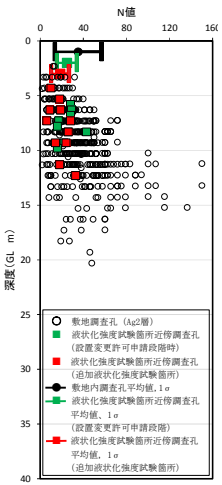
【論点6:参考】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性

３．設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）の代表性及び網羅性の評価（Ａｇ２層）

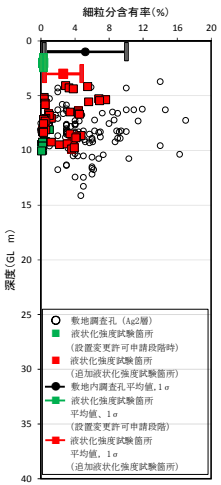


○ 調査孔
■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
■ 追加液状化強度試験箇所

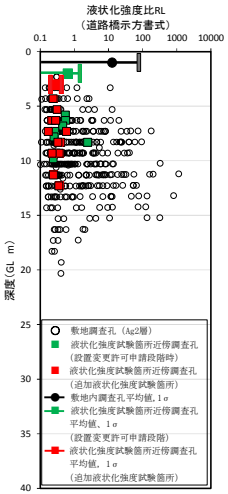
調査孔と液状化強度試験箇所（Ag2層）



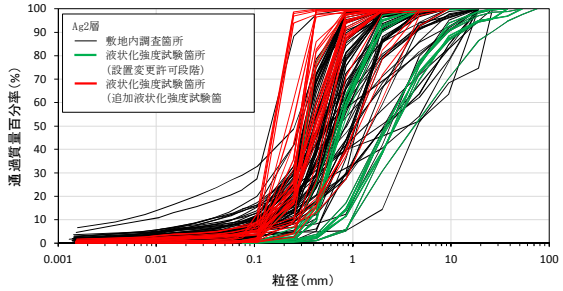
N値



細粒分含有率

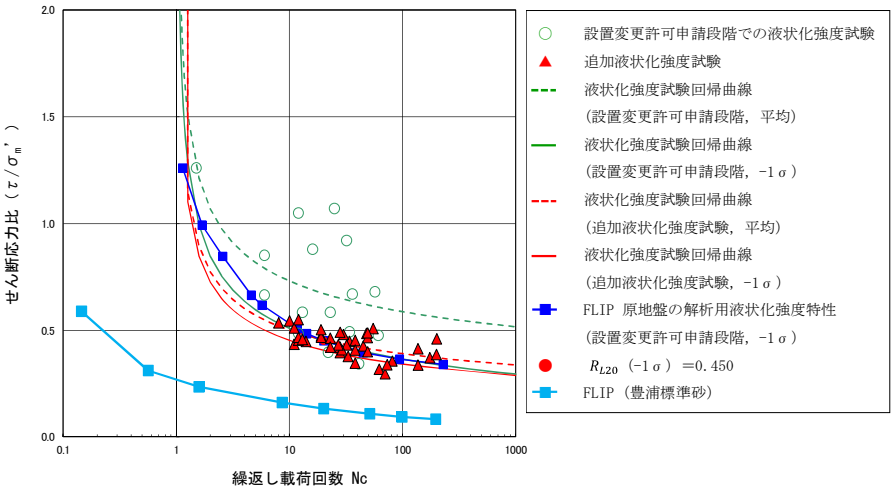


液状化強度比R_L
（道路橋示方書式より算出）



粒径加積曲線（Ag2層）

液状化強度試験箇所平均R_L ＜ 敷地内調査孔平均R_Lであることより，液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



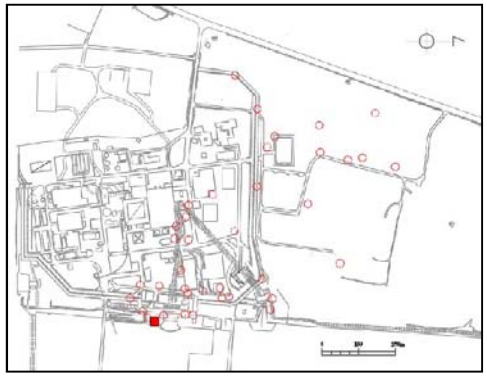
液状化強度試験結果（Ag2層）

- Ag2層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）よりもわずかながら小さいものもあるが，その差は小さく，同様な傾向を呈することから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）は，代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は，原地盤のAg2層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所の平均N値は，追加液状化強度試験箇所の平均N値よりやや大きい。
- 細粒分含有率Fcは，設置変更許可申請段階及び追加液状化強度試験箇所は10%未満であり，液状化強度への影響は小さい。
- 粒径加積曲線より，設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所は礫～砂の粒径を呈しており，追加液状化強度試験箇所は粒径が概ね均一な砂分が支配的である。
- 設置変更許可段階における平均粒径D_{50}は追加液状化強度試験箇所より大きい。
- 追加液状化強度試験結果と設置変更許可段階時の液状化強度試験結果の差異は，N値及びD_{50}によるものと考えられる。

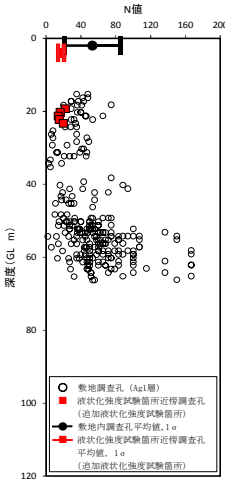
【論点6:参考】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性

4．設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）の代表性及び網羅性の評価（Ａｇ１層）

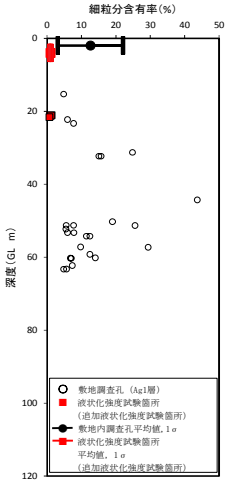


○ 調査孔
■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
■ 追加液状化強度試験箇所

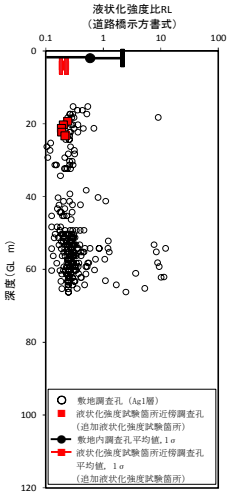
調査孔と液状化強度試験箇所（Ag1層）



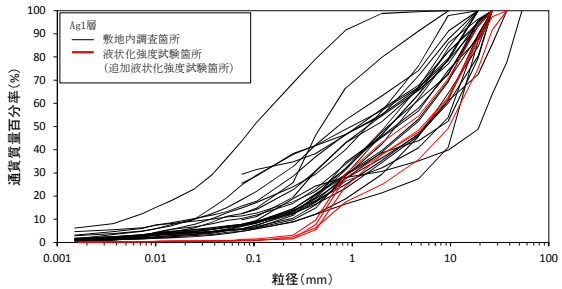
N値



細粒分含有率

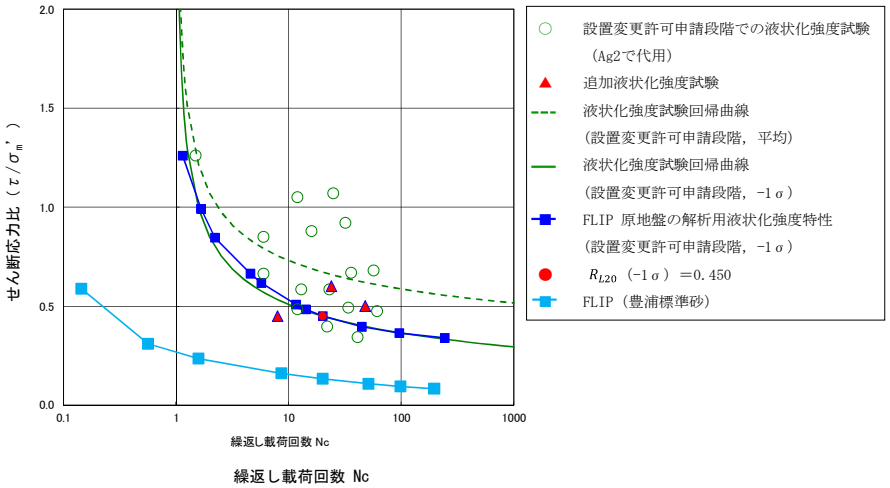


液状化強度比R_L
（道路橋示方書式より算出）



粒径加積曲線（Ag1層）

液状化強度試験箇所平均R_L ＜ 敷地内調査孔平均R_Lであることより，液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認

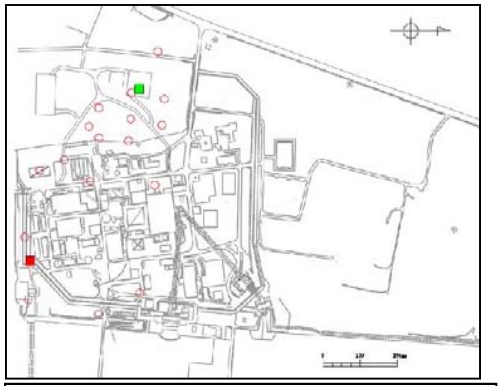


液状化強度試験結果（Ag1層）

- Ag1層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）よりもわずかながら小さいものもあるが，その差は小さく，同様な傾向を呈することから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）は，代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は，原地盤のAg1層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

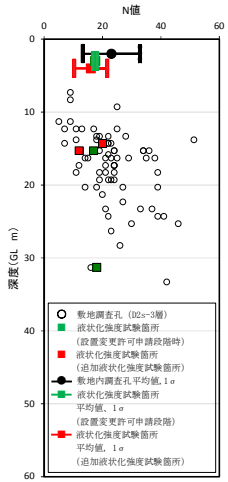
【論点6:参考】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性

５．設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）の代表性及び網羅性の評価（Ｄ２ｓ－３層）

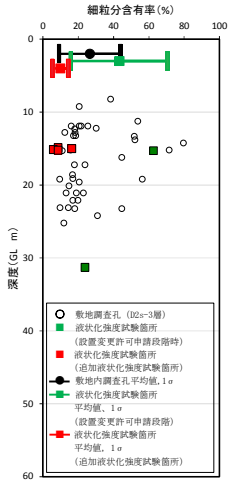


○ 調査孔
■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
■ 追加液状化強度試験箇所

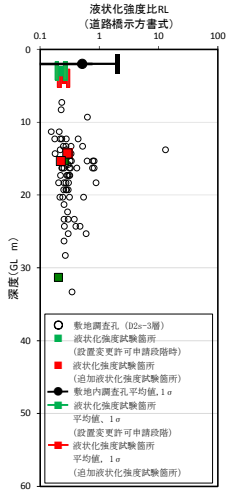
調査孔と液状化強度試験箇所（D2s-3層）



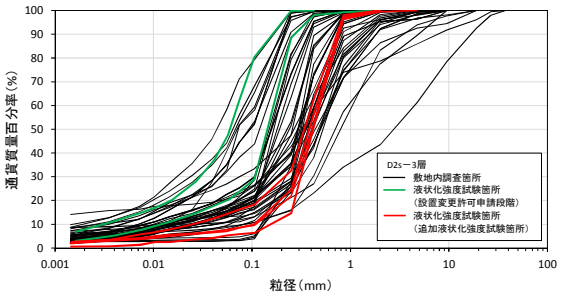
N値



細粒分含有率

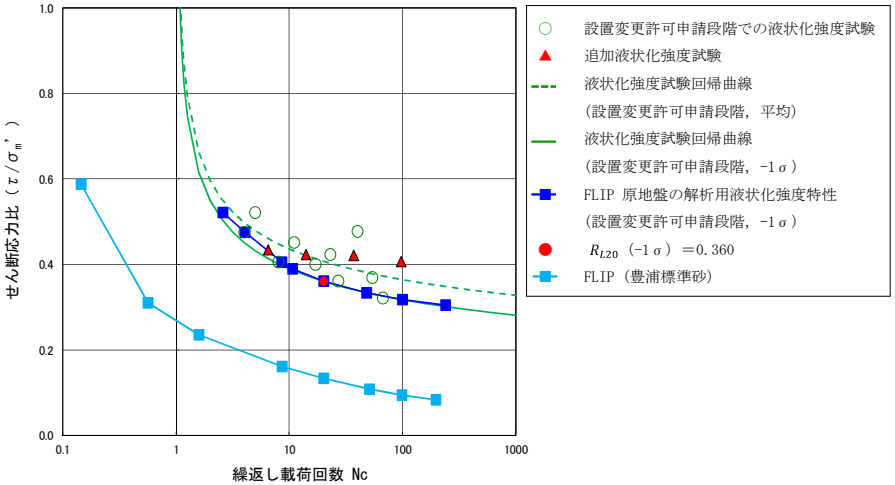


液状化強度比R_L
（道路橋示方書式より算出）



粒径加積曲線（D2s-3層）

液状化強度試験箇所平均R_L ＜ 敷地内調査孔平均R_Lであることより，液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



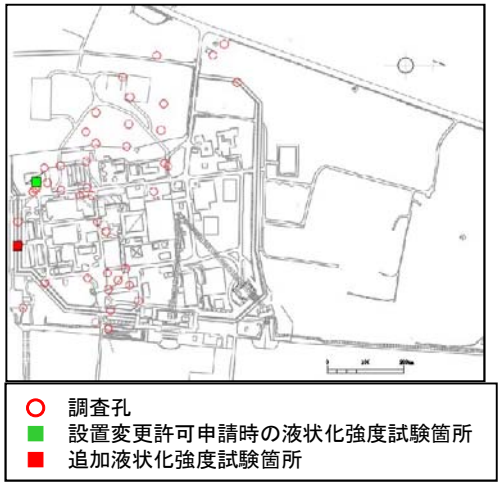
液状化強度試験結果（D2s-3層）

- D2s-3層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）と概ね同様な傾向を呈することから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）は，代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は，原地盤のD2s-3層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した

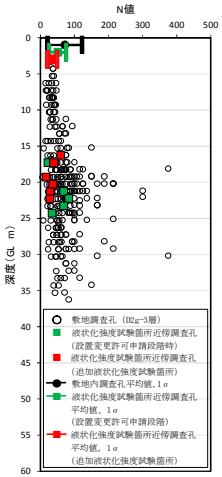
【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 設置変更許可段階での液状化強度試験箇所の平均N値は，追加液状化強度試験箇所の平均N値よりやや大きい。
- 追加液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率Fcは，設置変更許可段階より小さく，10%未満である。
- 設置変更許可段階の平均粒径D_{50}と追加液状化強度試験箇所の平均粒径D_{50}の差による液状化強度への影響度合いは小さいと評価された。
- D2s-3層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可段階における液状化強度と概ね同様であり，粒度及びN値の差による液状化強度への影響が小さいことを示していると考えられる。

【論点6:参考】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性

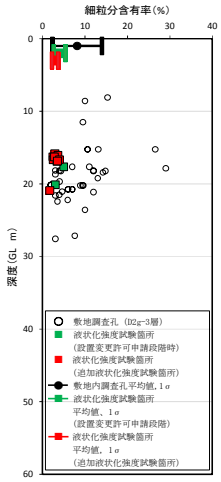
6．設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）の代表性及び網羅性の評価（Ｄ２ｇ－３層）



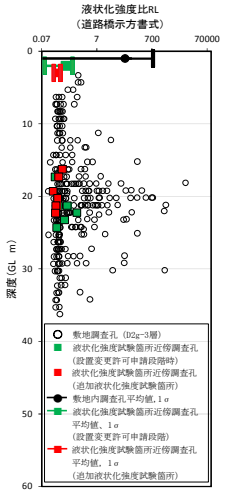
調査孔と液状化強度試験箇所（D2g-3層）



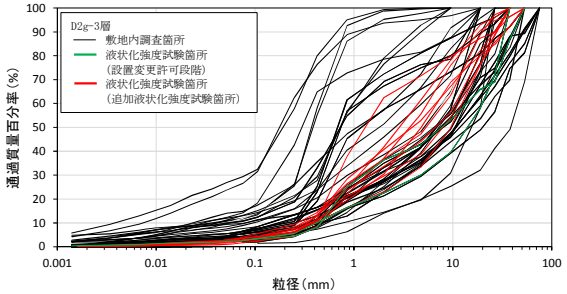
N値



細粒分含有率

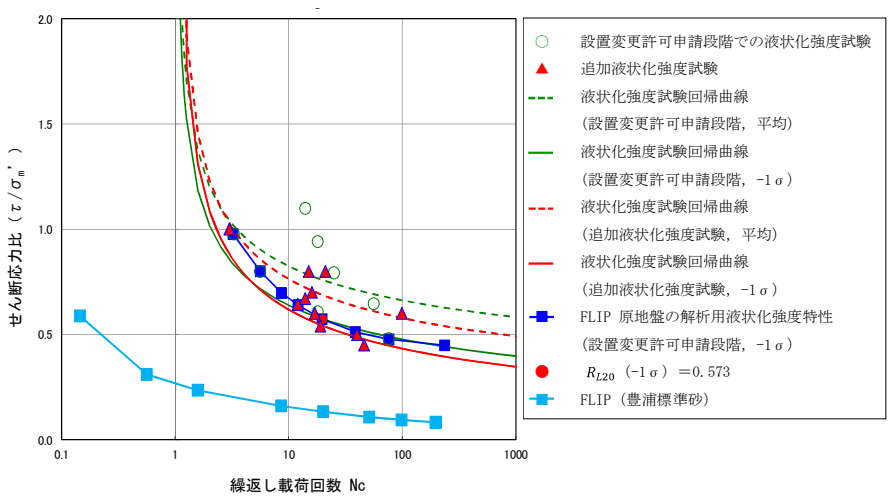


液状化強度比R_L
（道路橋示方書式より算出）



粒径加積曲線（D2g-3層）

液状化強度試験箇所平均R_L ＜ 敷地内調査孔平均R_Lであることより，液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



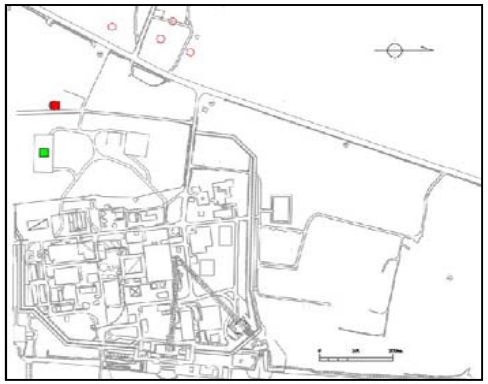
液状化強度試験結果（D2g-3層）

- D2g-3層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）よりもわずかながら小さいものもあるが，その差は小さく，同様な傾向を呈することから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）は，代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は，原地盤のD2g-3層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 設置変更許可申請段階の液状化強度試験箇所の平均N値は追加液状化強度試験箇所の平均N値よりやや大きい。
- 細粒分含有率Fcは，設置変更許可申請段階及び追加液状化強度試験箇所は10%未満であり，影響度合いは小さい。
- 粒径加積曲線より，D2g-3層は礫から粘土までの幅広い範囲の粒径を示す礫質土である。
- 礫質土の均等係数（$Uc=D_{50}/D_{10}$）の影響は小さいとされている。
- D2g-3層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可時の液状化強度試験結果よりやや小さい傾向を示し，その差異は両者のN値の差によるものと考えられる。

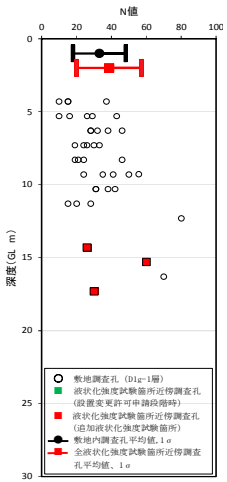
【論点6:参考】設置変更許可段階で示した解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性

7．設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）の代表性及び網羅性の評価（Ｄ１ｇ－1層）

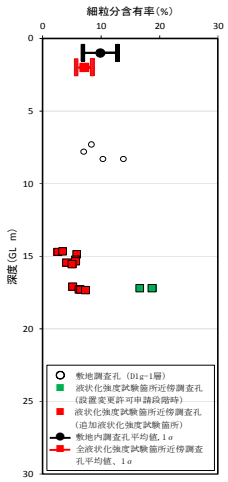


○ 調査孔
■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
■ 追加液状化強度試験箇所

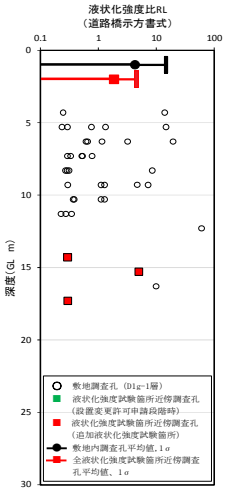
調査孔と液状化強度試験箇所（D1g-1層）



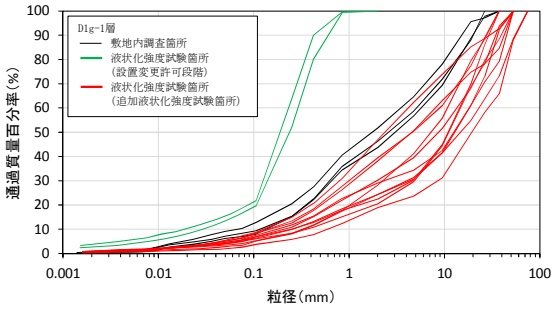
N値



細粒分含有率

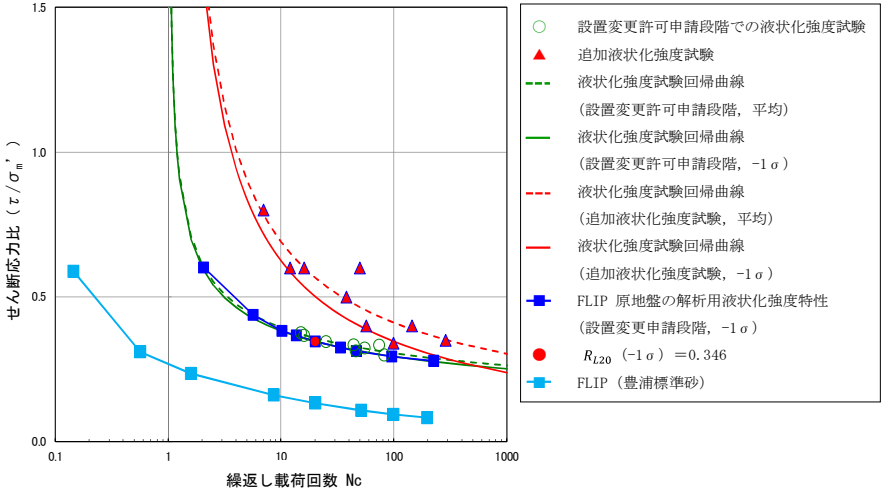


液状化強度比R_L
（道路橋示方書式より算出）



粒径加積曲線（D1g-1層）

液状化強度試験箇所平均R_L ＜ 敷地内調査孔平均R_Lであることより，液状化強度試験箇所の代表性及び網羅性を確認



液状化強度試験結果（D1g-1層）

- D1g-1層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可申請段階で示した原地盤のFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）よりも大きいことから設置変更許可申請段階で示したFLIP解析用液状化強度特性（-1σ）は，代表性を有することを確認した
- 敷地に存在しない豊浦標準砂のFLIP解析用液状化強度特性は，原地盤のD1g-1層の液状化強度試験結果よりも十分に小さいことを確認した。

【液状化強度試験結果のバラツキについて】
- 追加液状化強度試験結果は，設置変更許可段階での液状化強度試験結果より大きい傾向を示す。
- 設置変更許可段階での液状化強度試験箇所は砂が主体であるが，追加液状化強度試験箇所は礫が主体である。
- 同等なN値を有する土の液状化強度は，砂質土より礫質土が大きいとされている。
- D1g-1層の追加液状化強度試験結果は，設置変更許可段階における液状化強度試験結果より大きい傾向を示し，その差異は両者の粒度分布の差によるものと考えられる。

【論点7】 鋼製防護壁の上部･下部構造の接合部の評価（１／６）

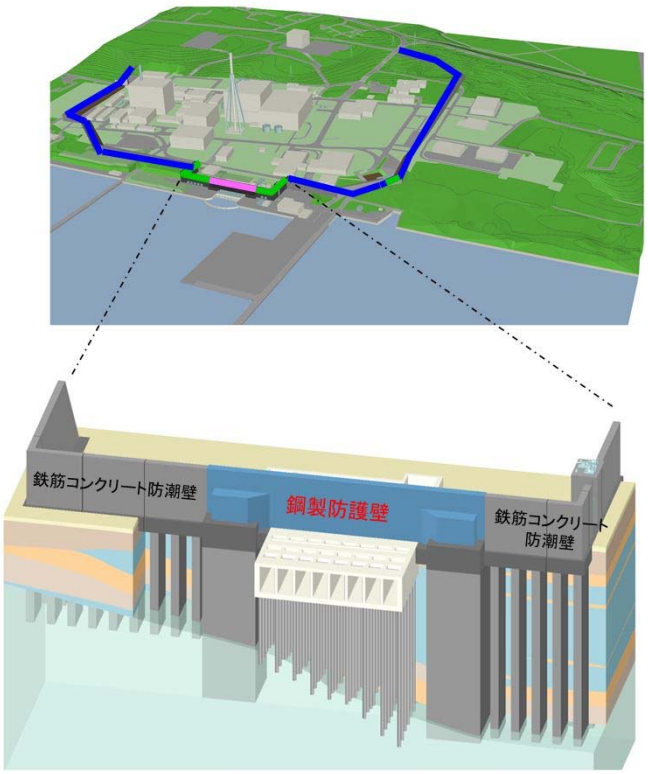
＜本論点の経緯＞

第572回審査会合（平成30年5月17日）において，直接定着式アンカーボルトの津波防護施設への適用にあたっては以下の項目について確認することを示した。

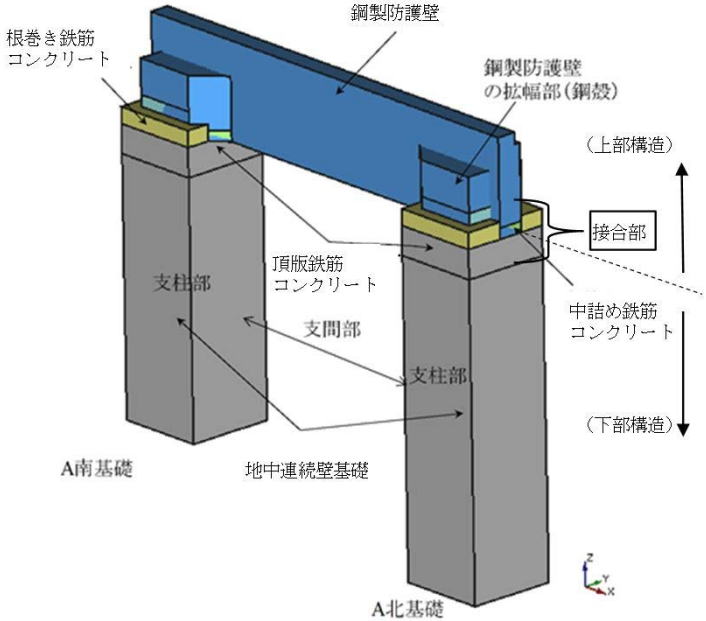
①直接定着式アンカーボルトの鋼製防護壁への適用性

②接合部の設計方法の妥当性

③[その他確認事項]　設計荷重を超える荷重に対して，十分な靭性を有する構造であることの確認



防潮堤鳥瞰図



鋼製防護壁の構造図

鋼製防護壁のモデル化及び作用荷重のイメージ

【論点7】 鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価 （２／６）

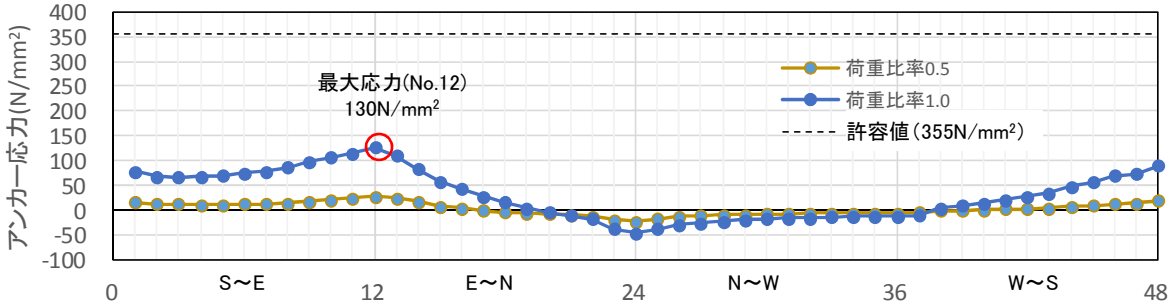
＜コメント＞

①直接定着式アンカーボルトの鋼製防護壁への適用性を確認すること。

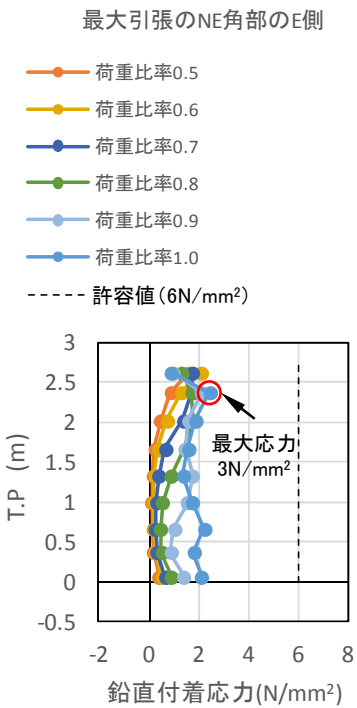
＜回答＞

設計荷重による6成分の設計断面力が同時に接合部へ作用した場合においても，直接定着式アンカーボルトが負担する応力が弾性範囲内に収まることを3次元解析（COM3）で確認したことにより，直接定着式アンカーボルトの鋼製防護壁への適用性を確認した。

照査項目：設計荷重に対するアンカーボルトの曲げ軸応力及びアンカーボルト定着部の引抜き力



アンカーボルトの曲げ軸応力



No.12鉛直付着応力（引抜き力）

＊：荷重比率：設計荷重を1とした場合の比率

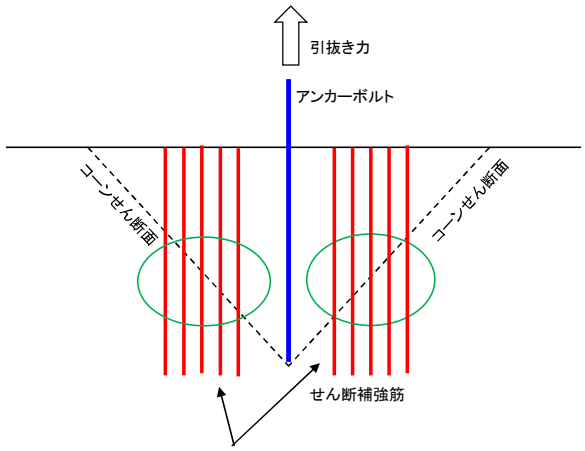
部　位	照査項目	許容限界 N/mm²	最大発生応力 N/mm²	照査値 （発生応力／許容限界）	判定
アンカーボルト	曲げ軸応力	355	130	0.37	OK
	引抜き力	6	3	0.50	OK

【論点7】 鋼製防護壁の上部･下部構造の接合部の評価（３／６）

照査項目：設計荷重に対するアンカーボルト定着部のせん断補強筋の引張応力

A-A断面図

照査対象イメージ



引張応力に対するせん断補強筋の照査値により照査

部　位	照査項目	許容限界 N/mm^2	最大発生応力 N/mm^2	照査値 （発生応力／許容限界）	判定
アンカーボルト	コーンせん断（せん断補強筋の引張応力）	339.9	125	0.37	OK

【論点7】 鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価（４／６）

＜コメント＞

②接合部の設計方法の妥当性を確認すること。

＜回答＞

設計荷重に対する接合部の設計方法は，各3成分の設計荷重に対して，荷重分担を考慮した各構造部材の技術基準に基づく弾性設計をそれぞれ行うものであるが，これらの構造部材が一体となり，6成分の設計荷重が同時に接合部へ作用した場合においても，全ての部材の応力が弾性範囲内に収まることを3次元解析（COM3）で確認したことにより，設計方法の妥当性を確認した。

設計荷重に対する接合部の設計方法の妥当性を確認する項目

	部　位	照査項目	許容限界（TP.+24m津波を考慮する場合）	許容限界が弾性範囲内か保有水平耐力範囲かの区分	適用基準
引抜き力（Mx, My, N）	アンカーボルト	曲げ軸応力	降伏応力度	弾性範囲内	鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編）
		引抜き力	短期許容応力度	弾性範囲内	鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編）
		コーンせん断（せん断補強筋の引張応力）	短期許容応力度	弾性範囲内	鋼構造物設計基準（Ⅱ鋼製橋脚編）
水平力（Sx, Sy） 水平回転モーメント（Mz）	中詰め鉄筋コンクリート及び頂版鉄筋コンクリート	鉄筋応力	短期許容応力度	弾性範囲内	道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編）（SD490） コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
	中詰め鉄筋コンクリート	コンクリート応力（圧縮応力）	短期許容応力度	弾性範囲内	コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 道路土工カルバート工指針
		鉄筋応力（水平力によるせん断応力）	短期許容応力度	弾性範囲内	コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 道路土工カルバート工指針
		鉄筋応力（水平回転モーメントによるせん断応力）	短期許容応力度	弾性範囲内	コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 道路土工カルバート工指針
	頂版鉄筋コンクリート	コンクリート応力（圧縮応力）	短期許容応力度	弾性範囲内	コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 道路土工カルバート工指針
		鉄筋応力（水平力によるせん断応力）	短期許容応力度	弾性範囲内	コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 道路土工カルバート工指針
		鉄筋応力（水平回転モーメントによるせん断応力）	短期許容応力度	弾性範囲内	コンクリート標準示方書[構造性能照査編] 道路土工カルバート工指針

3次元解析（COM3）による設計荷重に対する接合部の設計方法の妥当性の確認結果

	部　位	照査項目	許容限界 N/mm²	最大発生応力 N/mm²	照査値 （発生応力／許容限界）	判定
引抜き力 （Mx, My, N）	アンカーボルト	曲げ軸応力	355	130	0.37	OK
		引抜き力	6	3	0.50	OK
		コーンせん断（せん断補強筋の引張応力）	339.9	125	0.37	OK
水平力 （Sx, Sy） 水平回転モーメント （Mz）	頂版鉄筋コンクリート及び中詰め鉄筋コンクリート	鉄筋応力	478.5	362	0.76	OK
	頂版鉄筋コンクリート	コンクリート応力（圧縮応力）	32	27	0.84	OK
		鉄筋応力（水平力によるせん断応力）	339.9	316	0.93	OK
		鉄筋応力（水平回転モーメントによるせん断応力）	478.5	314	0.66	OK
	中詰め鉄筋コンクリート	コンクリート応力（圧縮応力）	32	15	0.46	OK
		鉄筋応力（水平力によるせん断応力）	339.9	167	0.49	OK
		鉄筋応力（水平回転モーメントによるせん断応力）	478.5	346	0.72	OK

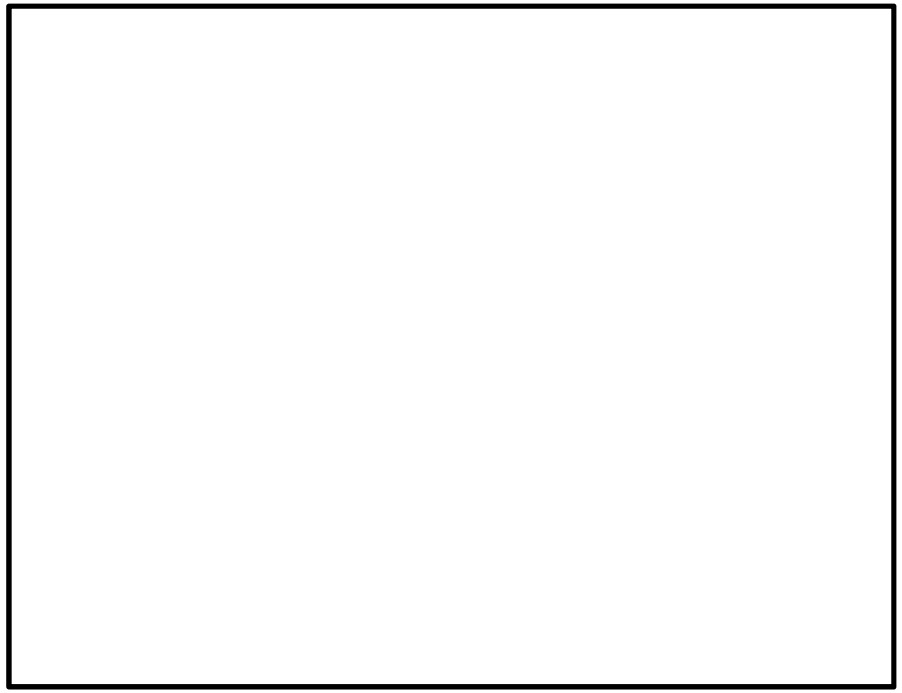
【論点7】 鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価（６／６）

＜コメント＞
③［その他確認事項］　設計荷重を超える荷重に対して，十分な靭性を有する構造であることを確認すること。

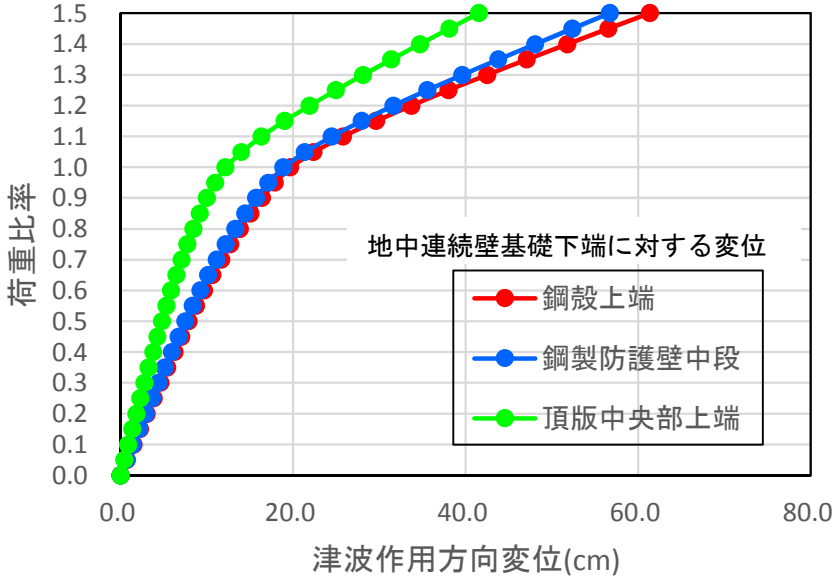
＜回答＞
設計荷重を超える荷重として，設計荷重の1.5倍の荷重を仮想した場合においても，耐荷性能を保持しており，十分な靭性を有する構造であることを3次元解析（COM3）により確認した。

荷重～変位関係

津波作用方向変位抽出位置



津波時荷重比率と津波作用方向変位の関係

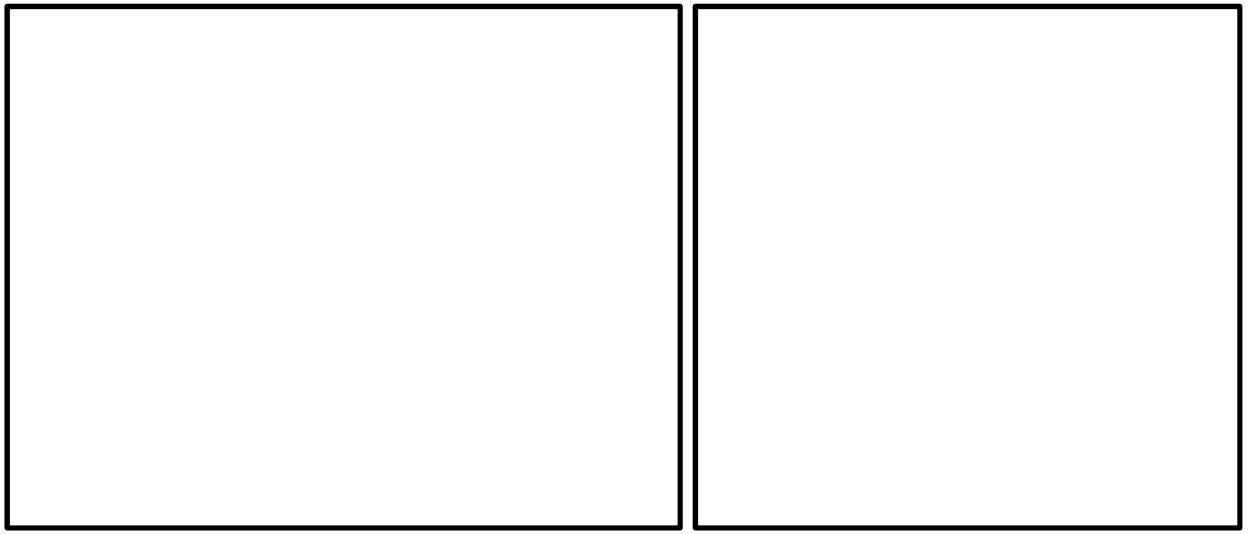


【論点7】（参考1）鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価

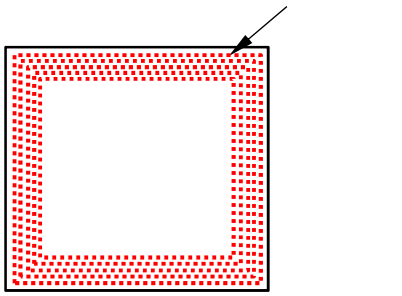
②設計荷重に対する接合部の設計方法の妥当性の確認

照査項目：設計荷重に対する頂版鉄筋コンクリート及び中詰め鉄筋コンクリートの鉄筋応力

A-A断面図



B-B平面図



部　位	照査項目	許容限界 N/mm^2	最大発生応力 N/mm^2	照査値 （発生応力／許容限界）	判定
頂版鉄筋 コンクリート及び 中詰め鉄筋 コンクリート	鉄筋応力	478.5	362	0.76	OK

【論点7】（参考2）鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価

②設計荷重に対する接合部の設計方法の妥当性の確認

照査項目：設計荷重に対する頂版鉄筋コンクリートのコンクリート応力（圧縮応力）

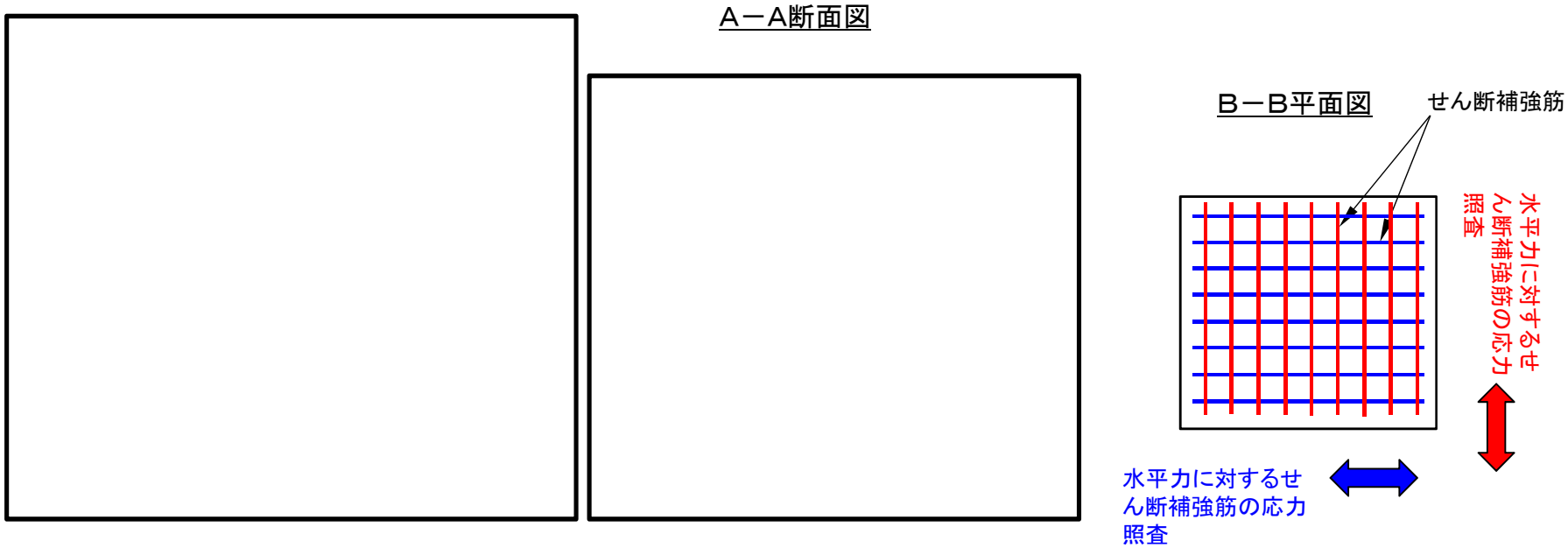
A－A断面図

部　位	照査項目	許容限界 N/mm^2	最大発生応力 N/mm^2	照査値（発生応力／許容限界）	判定
頂版鉄筋コンクリート	コンクリート応力（圧縮応力）	32	27	0.84	OK

【論点7】（参考3）鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価

②設計荷重に対する接合部の設計方法の妥当性の確認

照査項目：設計荷重に対する頂版鉄筋コンクリートの鉄筋応力（水平力によるせん断応力）



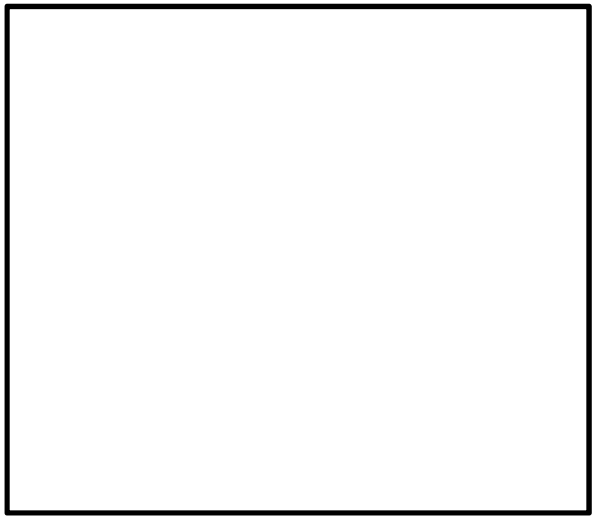
部　位	照査項目	許容限界 N/mm^2	最大発生応力 N/mm^2	照査値（発生応力／許容限界）	判定
頂版鉄筋コンクリート	鉄筋応力（水平力によるせん断応力）	339.9	316	0.93	OK

【論点7】（参考4）鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価

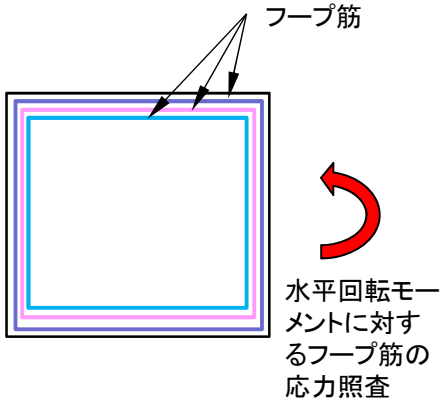
②設計荷重に対する接合部の設計方法の妥当性の確認

照査項目：設計荷重に対する頂版鉄筋コンクリートの鉄筋応力（水平回転モーメントによるせん断応力）

A－A断面図



B－B平面図



部　位	照査項目	許容限界 N/mm^2	最大発生応力 N/mm^2	照査値（発生応力／許容限界）	判定
頂版鉄筋コンクリート	鉄筋応力（水平回転モーメントによるせん断応力）	478.5	314	0.66	OK

【論点7】（参考5）鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価

②設計荷重に対する接合部の設計方法の妥当性の確認

照査項目：設計荷重に対する中詰め鉄筋コンクリートのコンクリート応力（圧縮応力）

A－A断面図

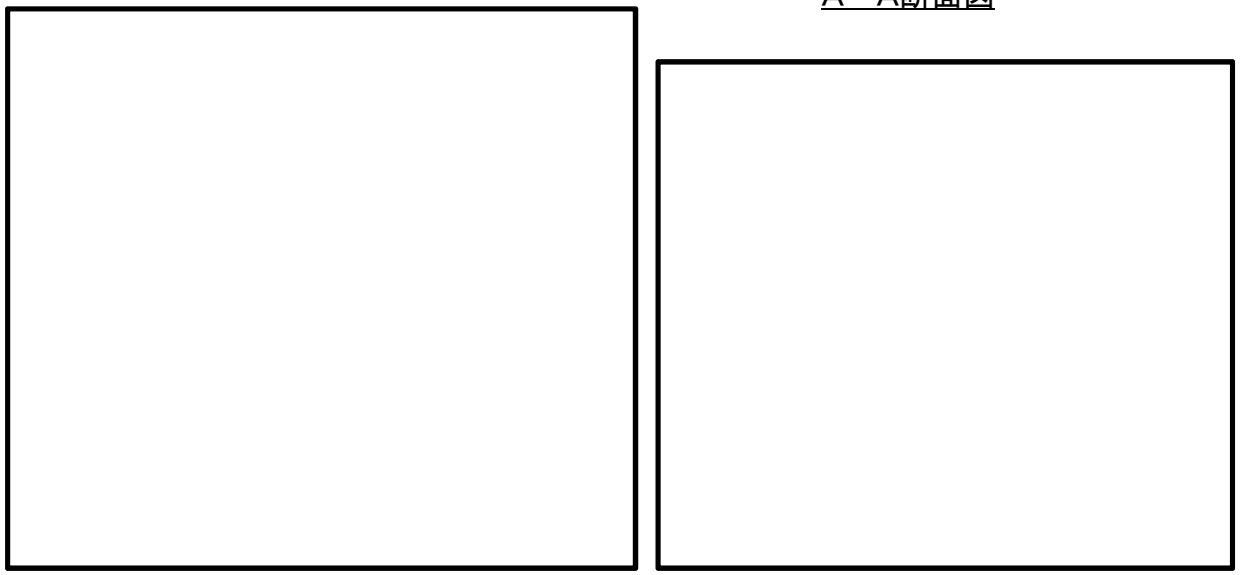
部　位	照査項目	許容限界 N/mm^2	最大発生応力 N/mm^2	照査値（発生応力／許容限界）	判定
中詰め鉄筋コンクリート	コンクリート応力（圧縮応力）	32	15	0.47	OK

【論点7】（参考6）鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価

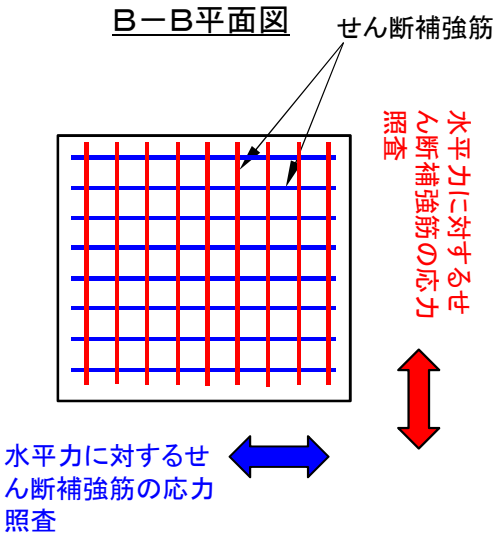
②設計荷重に対する接合部の設計方法の妥当性の確認

照査項目：設計荷重に対する中詰め鉄筋コンクリートの鉄筋応力（水平力によるせん断応力）

A－A断面図



B－B平面図



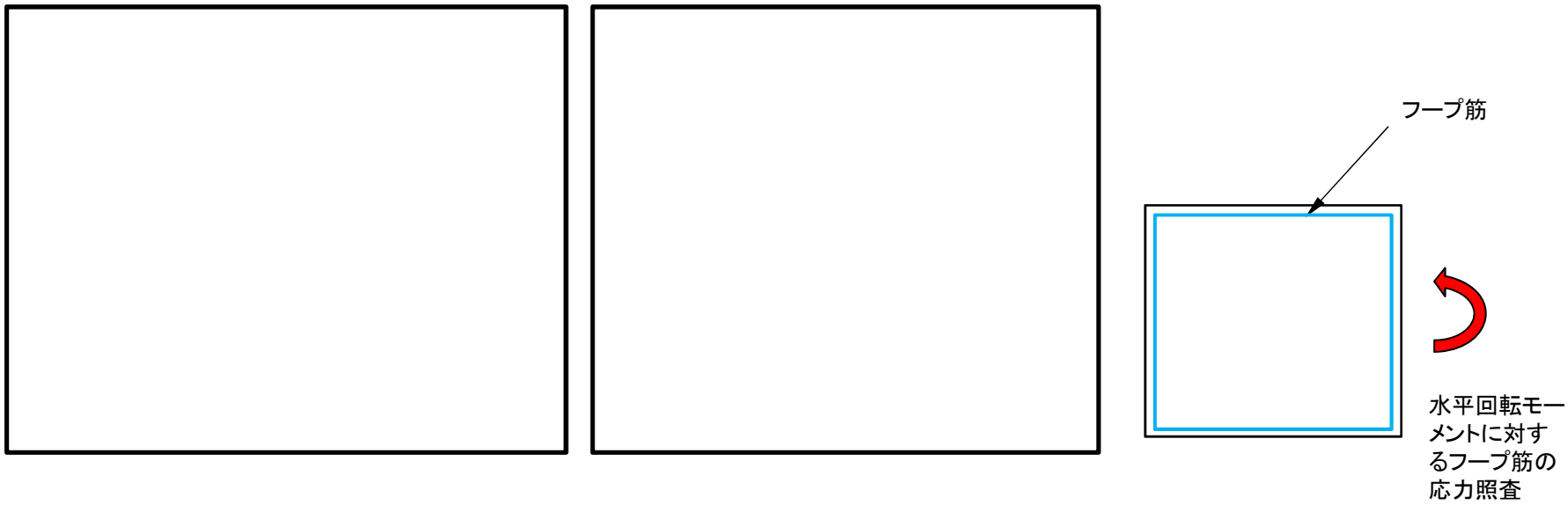
部　位	照査項目	許容限界 N/mm^2	最大発生応力 N/mm^2	照査値（発生応力／許容限界）	判定
中詰め鉄筋コンクリート	鉄筋応力（水平力によるせん断応力）	339.9	167	0.49	OK

②設計荷重に対する接合部の設計方法の妥当性の確認

照査項目：設計荷重に対する中詰め鉄筋コンクリートの鉄筋応力（水平回転モーメントによるせん断応力）

A－A断面図

B－B平面図



部　位	照査項目	許容限界 N/mm^2	最大発生応力 N/mm^2	照査値（発生応力／許容限界）	判定
中詰め鉄筋コンクリート	鉄筋応力（水平回転モーメントによるせん断応力）	478.5	346	0.72	OK

【論点９】原子炉建屋基礎盤の耐震評価

◆本論点の経緯

平成30年5月17日第572回審査会合において，原子炉棟基礎をSクラスの設備とみなした上で終局耐力としての荒川mean式による終局強度の適用性，応力平均化の適用性について，安全余裕の説明方針を示した。

◆コメント

面外せん断の許容限界として荒川mean式による終局強度を適用することの妥当性について，今回の工認と東二建設時の設計クライテリア，他サイトSクラス基礎の設計クライテリアを比較し，再整理すること。

◆本日の説明概要

１．耐震重要度分類の整理及び許容限界の設定

・原子炉棟基礎の耐震重要度分類について，建設時と新規制基準の考え方を整理した。

・各サイトの原子炉建屋の基礎について，Sクラスの範囲及び許容限界を整理した。

・東海第二では，原子炉建屋基礎盤（原子炉棟基礎，付属棟基礎）をSクラス設備の間接支持構造物として整理し，面外せん断の許容限界として終局耐力を適用する。

２．荒川mean式による終局強度を適用することの妥当性

・荒川mean式による終局強度について，基礎スラブの実験との比較，軸力を考慮した修正荒川mean式との比較により裕度を定量的に確認した。

・実際の裕度として，人工岩盤を考慮した応力解析による応力低減やコンクリートの実強度を考慮した場合について検討した。

⇒原子炉建屋基礎盤のせん断終局耐力の許容限界として荒川mean式による終局強度を適用することの妥当性を確認した。

【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価

東海第二発電所は，昭和56年の耐震設計審査指針の制定前に建設されたプラントであり，重要度分類の考え方が現在とは異なる。

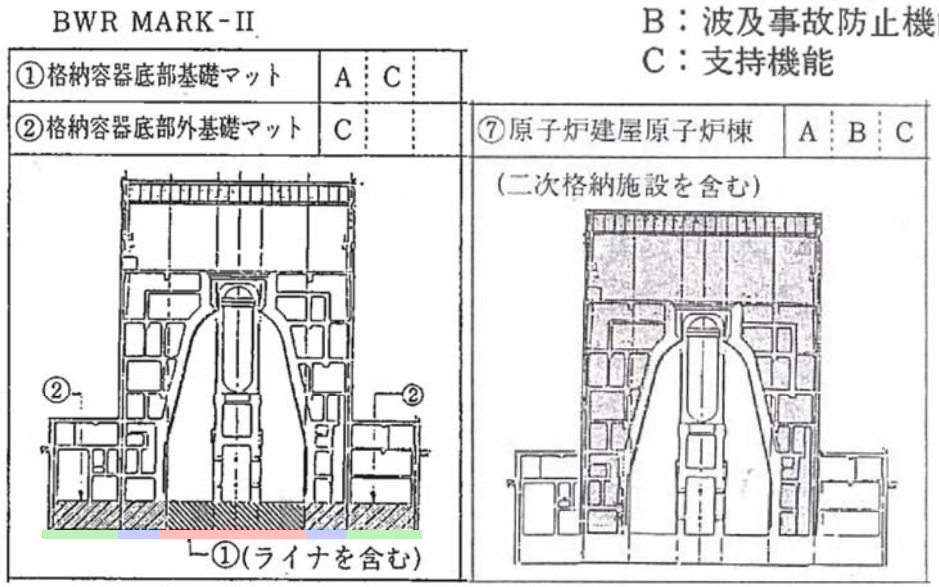
○東海第二発電所の建設時の考え方
- 建屋ごとに重要度分類を設定することを原則。
- 原子炉建屋は建屋全体をAクラス（原子炉格納容器を構成する底部コンクリートマットはAsクラス）に分類。

○現行の規制基準（耐震設計に係る工認審査ガイド）
- 施設を構成する設備は，JEAG4601の規定を参考に，主要設備，補助設備，直接支持構造物，間接支持構造物，波及的影響を検討すべき設備に区分し，設備の区分毎に重要度分類を適用。

原子炉建屋概略平面図

原子炉建屋概略断面図（A-A）

A：耐漏洩機能
B：波及事故防止機能
C：支持機能



原子炉建屋の基礎と要求機能（JEAG4601-1987抜粋・加筆）

原子炉建屋基礎盤の機能

部位		機能	
		耐漏洩	支持
原子炉建屋基礎盤	原子炉格納容器底部コンクリートマット	○	○
	原子炉棟基礎	－	○
	付属棟基礎	－	○

要求機能からは，原子炉格納容器底部コンクリートマットはSクラス，原子炉棟基礎及び付属棟基礎はSクラスの設備の間接支持構造物となる。

【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（各サイトの耐震重要度分類の整理）

○大間1号（平成18年耐震設計審査指針適用プラント）

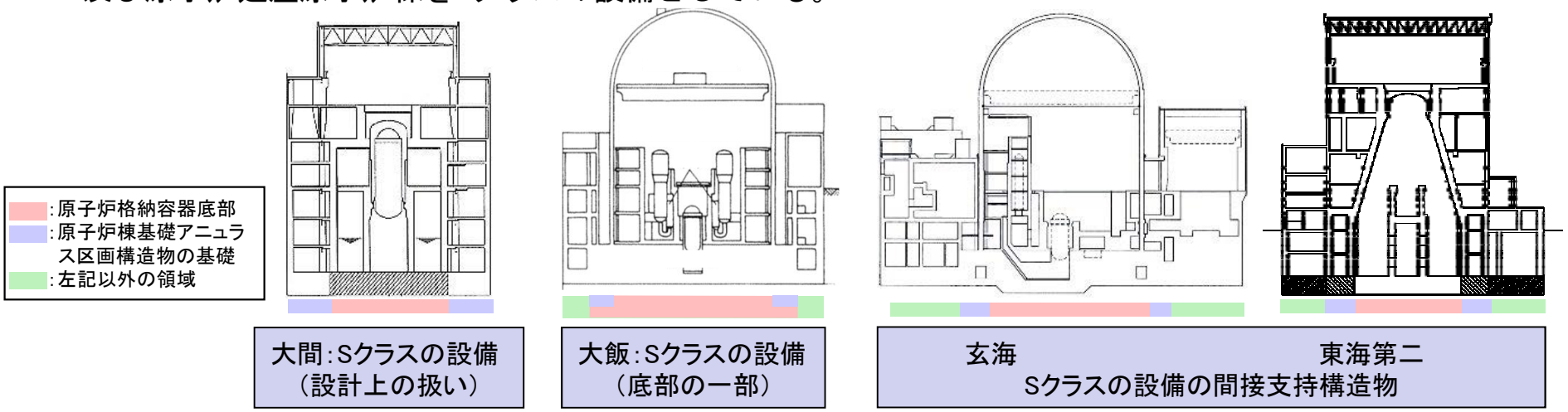
・ 耐漏洩機能のない二次格納施設基礎スラブをSクラスとし，原子炉格納容器底部との連続性を考慮して原子炉格納容器底部と同様の方法（CCV規格）でSs地震時及びSd地震時に対して設計している。
（建設時の設計においては，建屋全体にあるクラスに相当する地震力を設定することがあり，設計上の扱いとしてSクラスと設定したものと解釈できる。）

○玄海3/4号，大飯3/4号（新規制基準適合プラント）

・ 原子炉格納容器底部をSクラスとし，その周辺部はSクラス設備の間接支持構造物としている。
・ アニュラス区画構造物の基礎は，玄海ではSクラス設備の間接支持構造物，大飯では原子炉格納容器底部の一部としてSクラスとして分類されている。

○東海第二

・ 要求機能を整理した結果，原子炉格納容器底部コンクリートマットをSクラス，原子炉棟基礎及び付属棟基礎をSクラスの間接支持構造物とする。
・ 建設時にAクラスであったことを踏まえ，Sd地震時の評価を行う。これは大間1号の評価とも整合する。
・ 設置許可申請においては，原子炉建屋を間接支持構造物とし，原子炉格納容器底部コンクリートマット及び原子炉建屋原子炉棟をSクラスの設備としている。



各サイトの二次格納施設基礎の耐震重要度分類

○Sクラス設備の間接支持構造物の許容限界

・基準地震動Ｓｓによる地震力により発生する応力に対する許容限界として，「JEAG4601の規定，既往の研究等において試験・解析等により妥当性が確認されたものを参考に設定」することとされている。（耐震工認審査ガイド）

表１　各種基・規準類に示される梁の終局せん断強度式

基・規準類	JEAG4601-1987	RC-N規準（2005）	建築物の構造関係技術基準解説書2015
評価式	・修正荒川mean式 ・荒川min式に軸力項を考慮した評価式	・荒川mean式 ・荒川min式	・荒川mean式 ・荒川min式

○他サイトの許容限界の実績

・原子炉建屋の基礎スラブは，CCV規格またはRC-N規準による設計とし，Ss地震時に対する許容限界として，CCV規格荷重状態Ⅳの許容値またはRC-Nの短期許容応力度を適用。
・面外せん断については，CCV規格荷重状態Ⅳの許容値はRC-Nの短期許容応力度と同じ。
・大間1号，大飯3/4号，玄海3/4号ともRC-N短期許容応力度を適用。

○他建屋の許容限界の実績

・使用済燃料乾式貯蔵建屋の既工認において，Asクラスの貯蔵容器の間接支持構造物として，S2地震時に対して修正荒川mean式を適用。

○東海第二原子炉建屋基礎盤の許容限界

・面外せん断の許容限界として荒川mean式による終局強度を適用する。
・他サイトの原子炉建屋の基礎スラブに短期許容応力度を許容限界として適用していることを踏まえ，荒川mean式を適用した場合においても保守性が維持されることを確認する。
・主要設備である原子炉棟の壁と原子炉建屋基礎盤が同じ鉄筋コンクリート構造として一体となっていることを踏まえ，原子炉建屋基礎盤の損傷が原子炉棟の壁の機能に及ぼす影響について検討する。

【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（荒川mean式による終局強度を適用した場合の裕度）

荒川mean式は梁の実験結果から規定されているが，面材の場合はより耐力が高いと考えられる。

基礎スラブには軸力が作用するが，荒川mean式は軸力による耐力増分が考慮されていない。

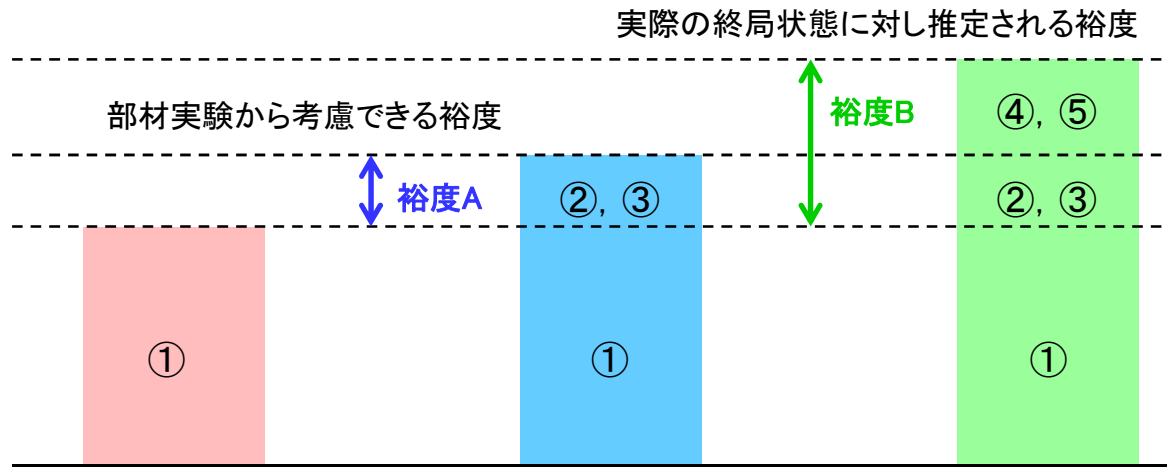
②基礎スラブの面外せん断耐力実験から実機の各種パラメータを考慮した裕度　20%程度の裕度　p.8

＋

③基礎スラブの軸力を考慮した場合（修正荒川mean式）に対する裕度　9%程度の裕度　p.9

＝

荒川mean式の部材実験から考慮できる裕度　30%程度の裕度



①荒川mean式
終局強度

②基礎スラブ実験との比較(20%)
③修正荒川mean式(9%)
（軸力考慮）

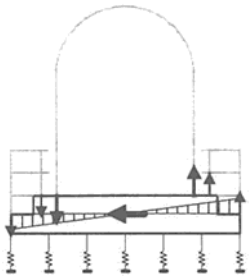
④人工岩盤を考慮した場合の裕度　35%程度の裕度　p.10
⑤コンクリート実強度を考慮した場合の裕度　10%程度の裕度　p.11

【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（①荒川mean式による終局強度について）

○荒川mean式は，分布荷重を受ける梁の実験結果のほぼ下限を示している。

・スパン中央のみに分布荷重を受ける梁では荒川mean式を下回る場合もある。

（柴田拓二：鉄筋コンクリート梁の曲げ及び剪断の耐力に関する研究，北海道大学工学部研究報告，1962.9 の実験データ）



地震荷重の作用イメージ
（RC-N規準抜粋）

基礎盤底面からの地盤反力が分布荷重として作用する。

$$Q_u = \left\{ \frac{0.068 \cdot P_t^{0.23}(F_c + 18)}{M/(Q \cdot d) + 0.12} + 0.85\sqrt{P_w \cdot \sigma_{wy}} \right\} bj$$

$$(1 \le M/Qd \le 3)$$

p_t: 引張鉄筋比(%)

F_c: コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

M : 最大曲げモーメント

Q: せん断力

d: 梁有効せい(mm)

P_w: せん断補強筋の降伏強度(N/mm²)

σ_{wy}: せん断補強筋の降伏強度(N/mm²)

b: はり幅(mm)

j: 応力中心間距離 (mm)

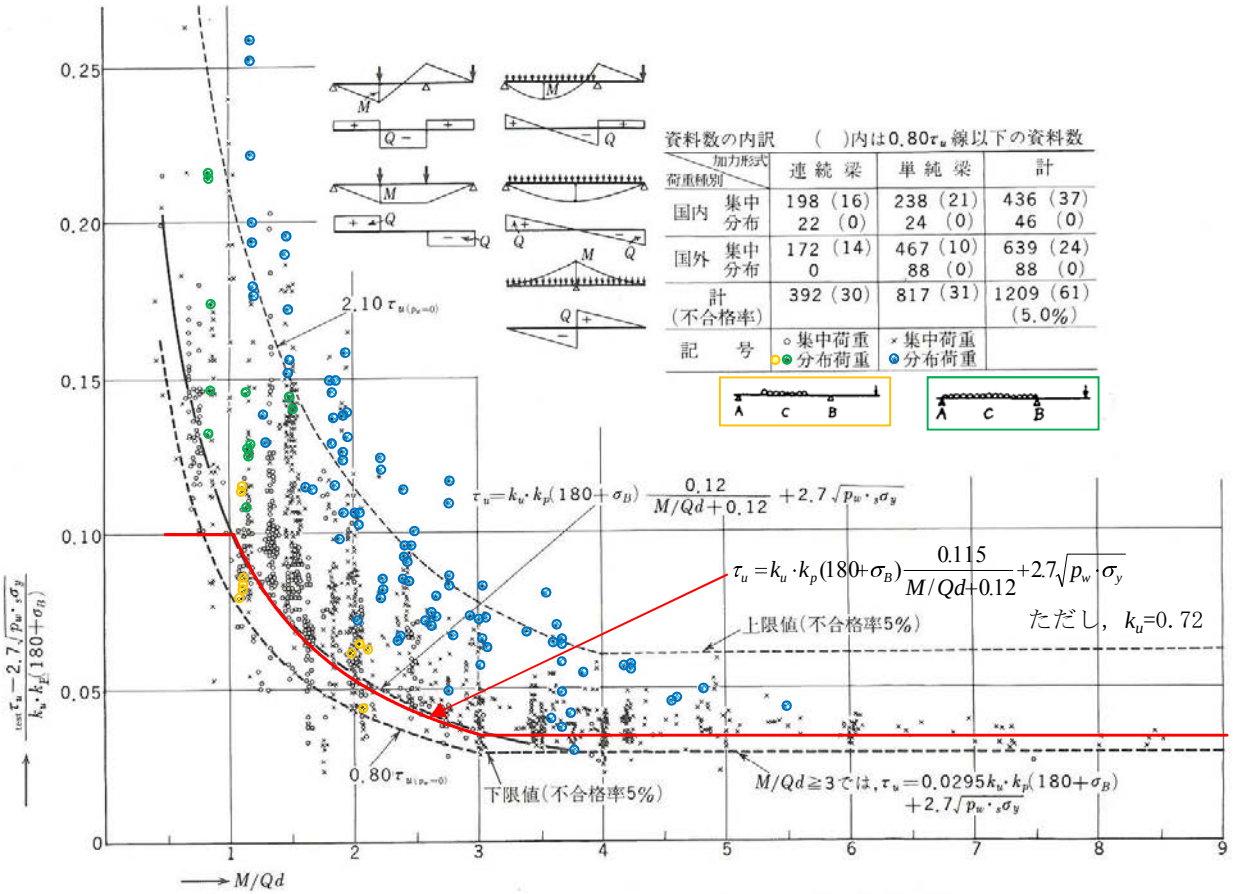
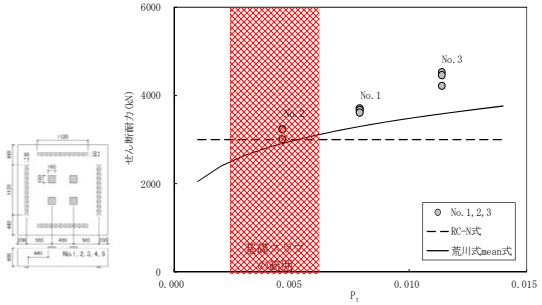


図３　普通コンクリート梁のせん断破壊時における実験値と計算値の比較（赤線は荒川mean式を示す）
（日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　2010の解説図15.2に一部加筆）

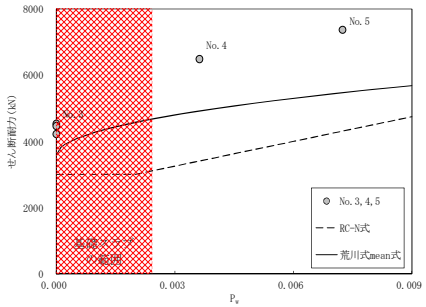
【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（②基礎スラブの面外せん断耐力実験から実機の各種パラメータを考慮した裕度）

表 3-1　実験結果と荒川 mean 式の比較

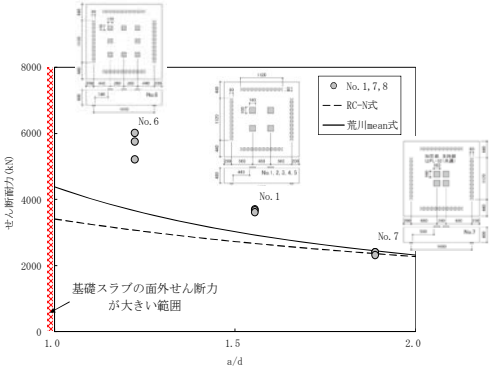
試験体 No.	主筋比 P_t (%)	せん断補強筋比 P_w (%)	せん断スパン比 a/d	最大荷重 Q (kN)	荒川 mean 式 Q_u (kN)	耐力比 Q/Q_u	耐力比(平均) Q/Q_u
1-1	0.79	0	1.56	3706	3275	1.13	1.12
1-2				3673		1.12	
1-3				3614		1.10	
2-1	0.46	0	1.56	3010	2995	1.00	1.05
2-2				3237		1.08	
2-3				3234		1.08	
3-1	1.14	0	1.56	4533	3575	1.27	1.23
3-2				4462		1.25	
3-3				4221		1.18	
4	1.14	0.36	1.56	6485	4918	1.32	—
5	1.14	0.73	1.56	7372	5470	1.35	—
6-1	0.79	0	1.22	6018	4474	1.35	1.27
6-2				5759		1.29	
6-3				5214		1.17	
7-1	0.79	0	1.89	2407	2328	1.03	1.02
7-2				2414		1.04	
7-3				2322		1.00	
8-1	0.79	0	1.56	3902	3290	1.19	1.18
8-2				3915		1.19	
8-3				3819		1.16	
					平均	1.17	



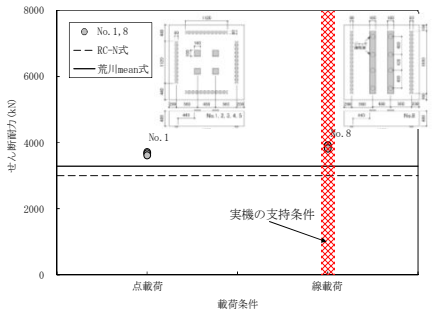
主筋比が小さいほうが，耐力が小さくなる。
せん断スパン比の効果　No.2/No.1＝0.94



せん断補強筋が多い方が，耐力が大きくなる。
せん断補強筋の効果は保守的に無視する。



せん断スパン比が小さいほうが耐力が大きくなる。
原子炉棟の応力集中部ではM/Qdが0.8程度であり，
保守的にNo.6で代用する。
せん断スパン比の効果　No.6/No.1＝1.13



点支持よりも線支持のほうが耐力が大きくなる。
支持方式の効果　No.8/No.1＝1.05

実験の基本ケースNo.1に対し，
基礎盤の条件を踏まえた耐力への効果を整理し，
裕度を算定する。

1.12 × 0.94 × 1.13 × 1.05 ≒ 1.24

No.1 基本ケース　(No.2 /No.1) 主筋量　(No.6 /No.1) せん断スパン比　(No.8 /No.1) 支持形式

実験のばらつきに対する信頼性　変動係数2.7%

1.24 × （100-2.7）/100 ≒ 1.2

基礎盤の耐力は荒川mean式に対し20%程度の裕度がある。

（各シリーズの下限値を用いた場合の裕度は8%程度となる。）

【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（③基礎スラブの軸力を考慮した場合（修正荒川mean式）に対する裕度）

- 荒川mean式には軸力による耐力増加は考慮されておらず，軸力の効果を考慮した修正荒川mean式が提案されている。
- 実験から，修正荒川mean式は，せん断破壊が先行する試験体では耐力を保守的に評価している。
- 基礎スラブには水平地震力や土圧による軸力が作用し，基礎スラブの面外せん断に対する検定値が0.9以上の要素においては，荒川mean式の耐力に対する修正荒川mean式の耐力の比率は，9%程度大きくなっている。

修正荒川mean式

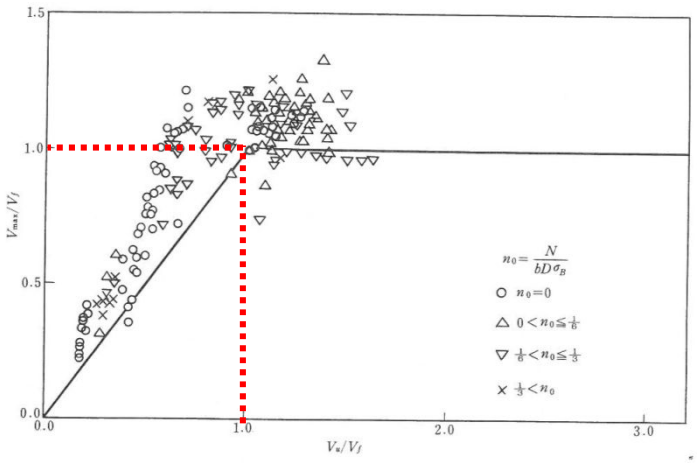
荒川mean式

$$Q_u = \left\{ \frac{0.068 \cdot P_t^{0.23}(F_c + 18)}{M/(Q \cdot d) + 0.12} + 0.85\sqrt{P_w \cdot \sigma_{wy}} \right\} bj + 0.1\sigma_0 bj$$

軸力効果による耐力増加

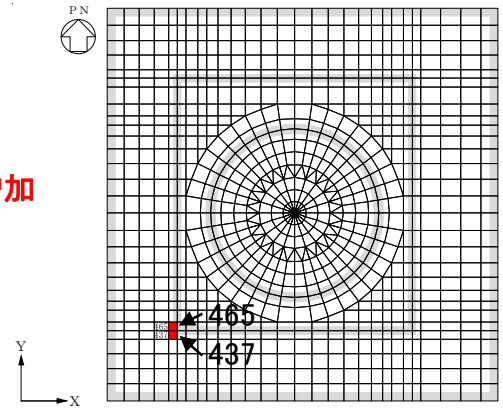
$(1 \le M/Qd \le 3 \qquad \sigma_0 = N/bD \le 0.4F_c)$

横軸及び縦軸が1.0以下となる領域が，せん断破壊が先行する試験体を示しており，実線の上側のプロットが修正荒川式によるせん断耐力を上回る試験体を示している。



修正荒川mean式によるせん断強度算定値と実験値の比較
（縦軸，横軸共に1.0以下がせん断破壊が先行する領域）

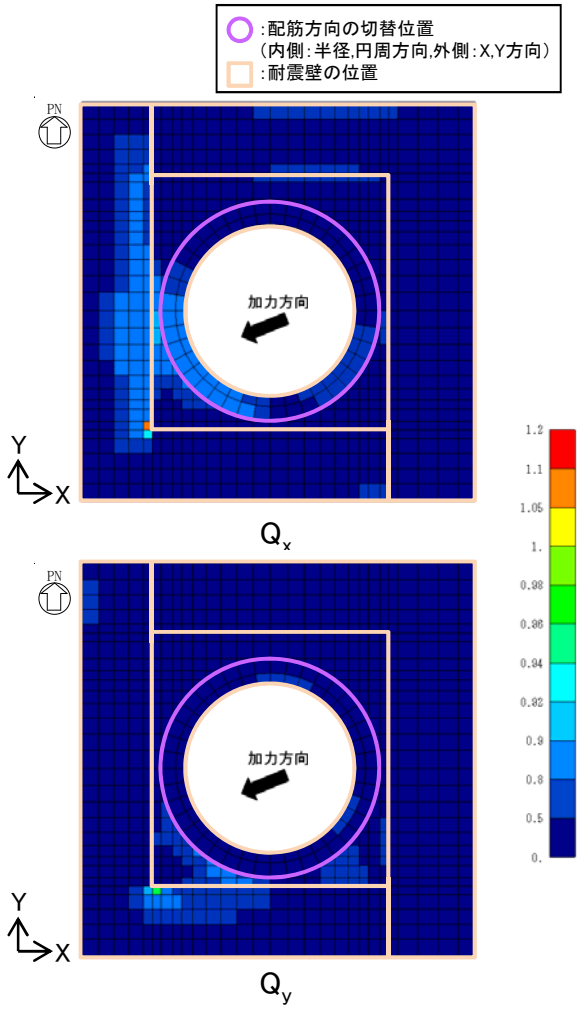
日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の終局強度型　耐震設計指針・同解説を抜粋・加筆



要素位置

面外せん断の検定値が0.9以上の要素

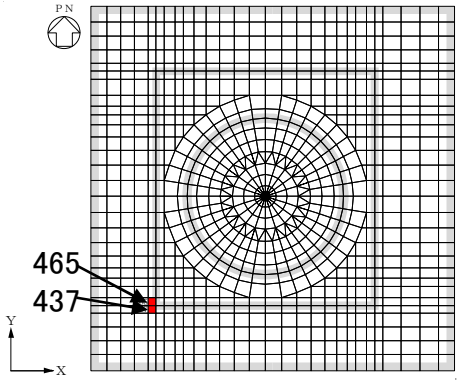
要素番号	検定値（MMR無）	修正荒川式/荒川式 MMR無
437	0.916	1.087
465	1.073	1.096
	平均値	1.092



基礎盤の許容せん断力と検定比の比較
（水平2方向+鉛直方向，人工岩盤を考慮しない，Ss-31）

【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（④人工岩盤を考慮した場合の裕度）

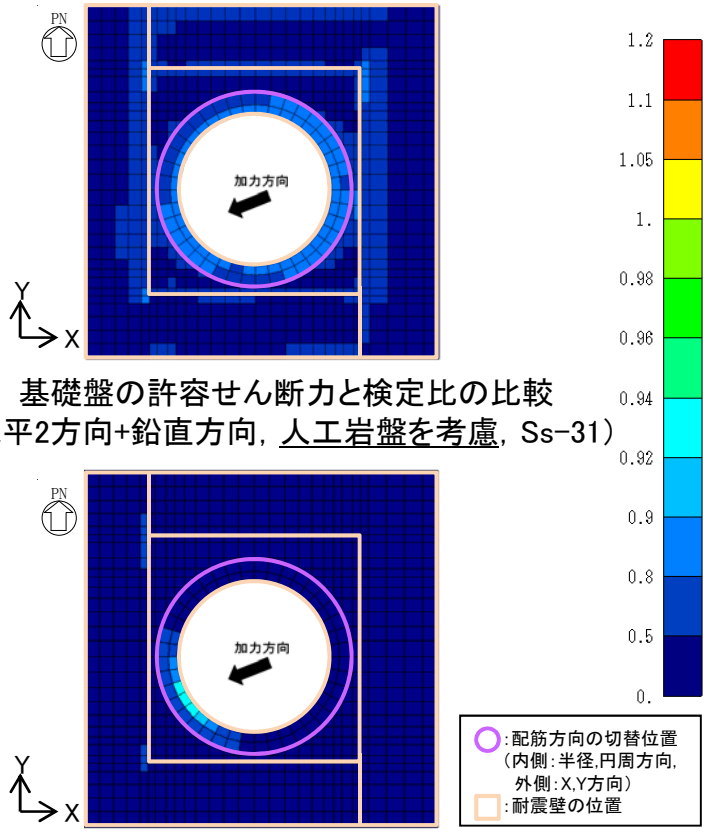
- 原子炉建屋は人工岩盤上に設置されている。
- 今回の基礎スラブの耐震評価では人口岩盤を考慮していないが，人工岩盤を考慮した場合には面外せん断力に対する検定比が小さくなっており，人工岩盤を無視した場合に検定値が0.9以上である要素の面外せん断力は人工岩盤を考慮することで35%程度低下する。
- なお，人工岩盤を考慮した場合の面外せん断力は，先行プラント同様に短期許容応力度（RC-N式）以下となる。



要素位置

面外せん断の検定値が0.9以上の要素

要素番号	検定値（MMR無）	面外せん断力（kN/m）		
		MMR無	MMR有	有/無
437	0.916	9255	5798	0.626
465	1.073	10842	6901	0.637
			平均値	0.632

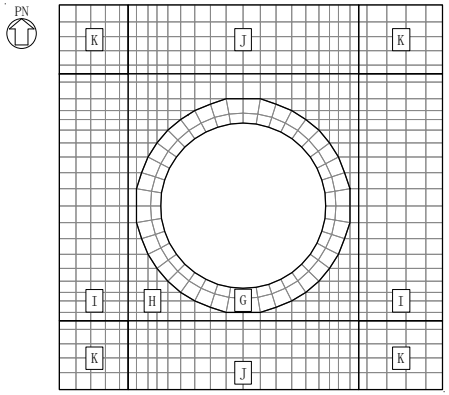


基礎盤の許容せん断力と検定比の比較
（水平2方向+鉛直方向，人工岩盤を考慮，Ss-31）

RC-N式による面外せん断力の検定値
（水平2方向+鉛直方向，人工岩盤を考慮，Ss-31）

【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（⑤コンクリート実強度を考慮した場合の裕度）

- 基礎スラブより採取した供試体(3体)のコンクリート強度の平均値は38.0 N/mm²である。
- この平均値に原子炉建屋全体のコンクリート強度（サンプル数51，平均値42.1N/mm² ）のばらつき－σ(8.9)を考慮すると，コンクリート強度は29.1 N/mm²になる。
- コンクリート強度に29.1 N/mm²を用いた荒川mean式によるせん断耐力を示す。
- せん断補強筋が無い部位は約1.17倍，せん断補強筋がある部位は約1.08倍～約1.13倍であり，実強度を考慮した場合10%程度の耐力増加が見込める。



配筋領域図

配筋一覧　(a)　格子配筋

領域	方向	上端筋	下端筋
H	EW	3-D38@200	3-D38@200
	NS	3-D38@200	3-D38@200
I	EW	D38@200＋2-D38@400	D38@200＋2-D38@400
	NS	3-D38@200	3-D38@200
J	EW	3-D38@200	3-D38@200
	NS	D38@200＋2-D38@400	D38@200＋2-D38@400
K	EW	D38@200＋2-D38@400	D38@200＋2-D38@400
	NS	D38@200＋2-D38@400	D38@200＋2-D38@400

(b)　r－θ 方向配筋

領域	方向	上端筋	下端筋
G	半径	68-D38/45°（4段）	68-D38/45°（4段）
	円周	4-D38@200	4-D38@200

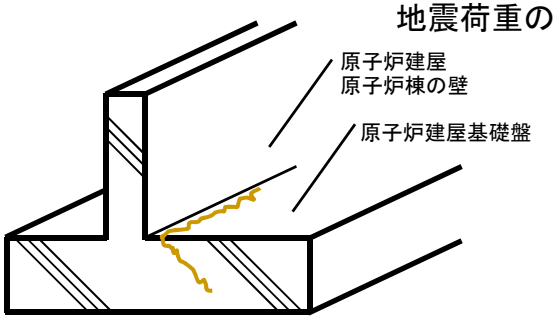
許容せん断力の比較（コンクリート強度：29.1 N/mm²）

配筋領域	主筋比（%）	せん断補強筋比（%）	M/(Qd)	荒川mean式による許容せん断応力度 (N/mm²) 設計基準強度	実強度	増加率	備考
H～K	－	0.0	－	－	－	1.17	(29.1+18)/(22.1+18)
G	0.490	0.242	1	2.84	3.20	1.13	
			3	1.51	1.64	1.09	
	0.617		1	2.95	3.33	1.13	
			3	1.55	1.69	1.09	
I,J	0.240	0.242	1	2.53	2.83	1.12	
			3	1.40	1.51	1.08	
	0.377		1	2.72	3.06	1.13	
			3	1.47	1.59	1.08	
K	0.240	0.242	1	2.53	2.83	1.12	
			3	1.40	1.51	1.08	
	0.248		1	2.54	2.85	1.12	
			3	1.41	1.52	1.08	

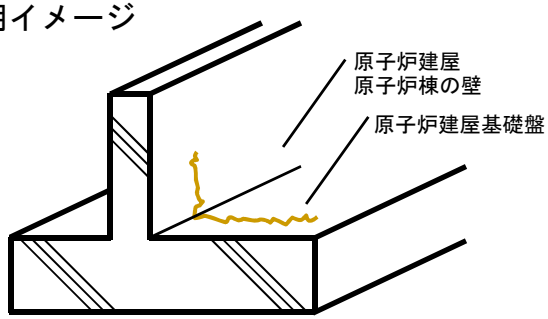
【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（原子炉建屋基礎盤の損傷モードと原子炉棟の壁の安全機能への影響）

- 原子炉建屋においては，Sクラスの設備である原子炉建屋原子炉棟の壁と，間接支持構造物である原子炉建屋基礎盤が，鉄筋コンクリート構造として一体となっている。
- 原子炉建屋原子炉棟の壁脚部周辺の基礎スラブの面外せん断力に対する損傷モードは，壁に平行または直交するひび割れが想定される。
- 原子炉建屋原子炉棟のSクラスの設備としての機能に影響する壁に直交するせん断ひび割れは，原子炉建屋基礎盤の面外せん断力が作用する方向と直交する方向に生じ得ることから，原子炉建屋原子炉棟の壁脚部周辺で原子炉建屋基礎盤の面外せん断力が大きくなっている領域a,bにおけるそれぞれX方向,Y方向の面外せん断力に対する検定値を確認する（次頁）。

地震荷重の作用イメージ

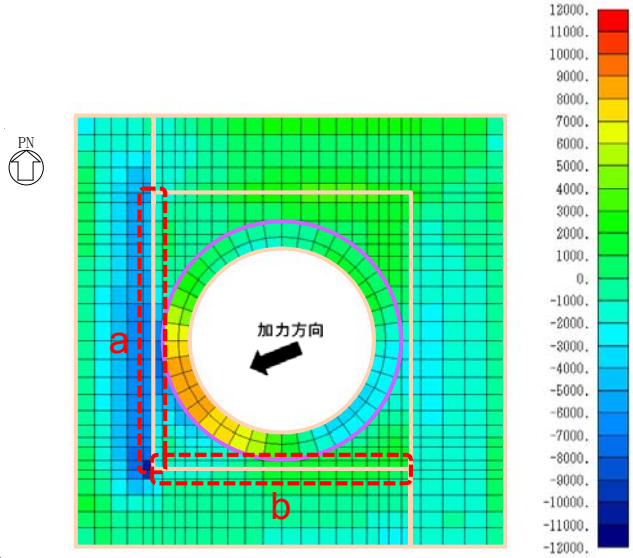


ひび割れが壁に平行
⇒基礎盤のひび割れが壁の遮蔽性能に影響しない。



ひび割れが壁に直交
⇒基礎盤のひび割れが壁の安全機能に影響する。

原子炉建屋原子炉棟の壁脚部周辺の基礎スラブの面外せん断力に対し想定される損傷モード（イメージ）

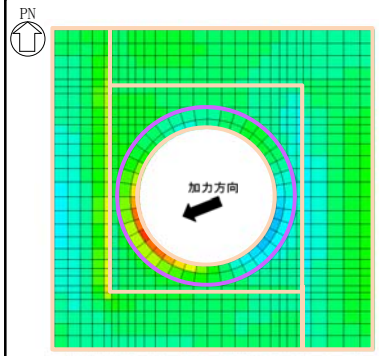
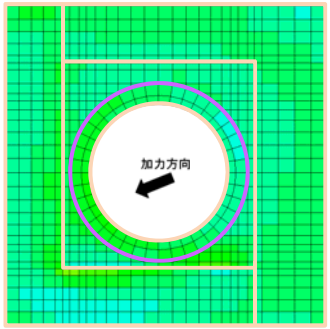
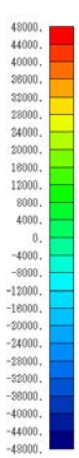
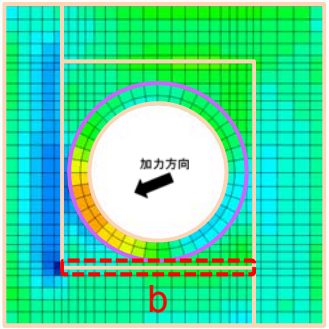
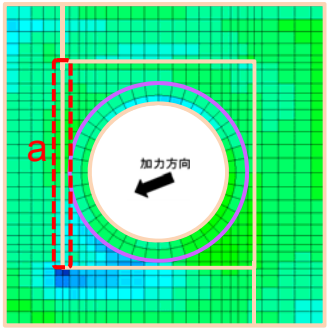
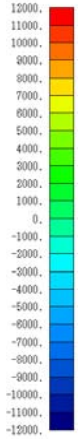
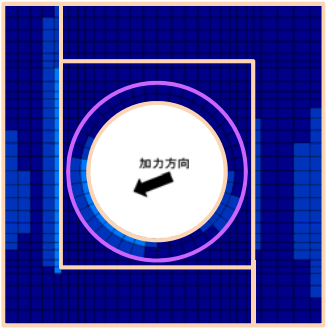
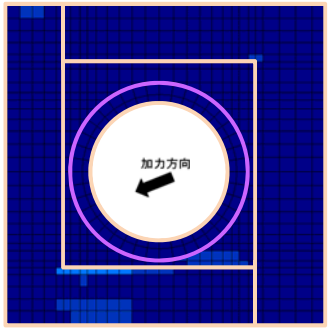
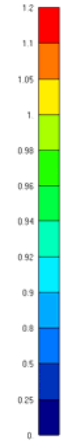
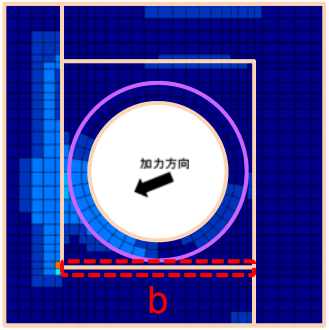
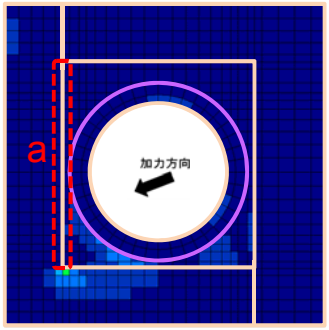
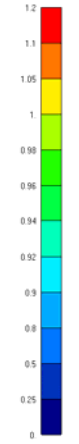


評価結果
（X方向，半径方向の面外せん断力の例）
（水平2方向+鉛直方向，Ss-31）

【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（Ss地震時の原子炉建屋基礎盤の応力状態）

原子炉建屋基礎盤の領域aにおけるX方向，領域bにおけるY方向の面外せん断力に対する検定値は小さいことから，原子炉建屋原子炉棟の直接設備としての機能に影響することはなく，基礎スラブの支持機能を維持することによって，原子炉建屋原子炉棟の機能も維持できると考えられる。

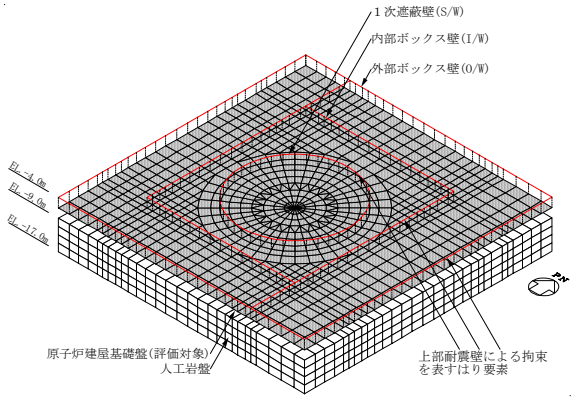
○ :配筋方向の切替位置
（内側：半径,円周方向,外側：X,Y方向）
□ :耐震壁の位置

	曲げモーメント（発生応力/終局耐力）			面外せん断力（発生応力/終局耐力）		
	半径方向 or X方向	円周方向 or Y方向		半径方向 or X方向	円周方向 or Y方向	
応力コンター						
	領域 / 最大値 a / 29310kN・m/m b / 9171kN・m/m	領域 / 最大値 a / 8153kN・m/m b / 19720kN・m/m		領域 / 最大値 a / 10840kN/m b / 2212kN/m	領域 / 最大値 a / 2248kN/m b / 9508kN/m	
検定値コンター						
	領域 / 最大値 a / 0.787 b / 0.243	領域 / 最大値 a / 0.246 b / 0.760		領域 / 最大値 a / 1.073 b / 0.241	領域 / 最大値 a / 0.267 b / 0.941	

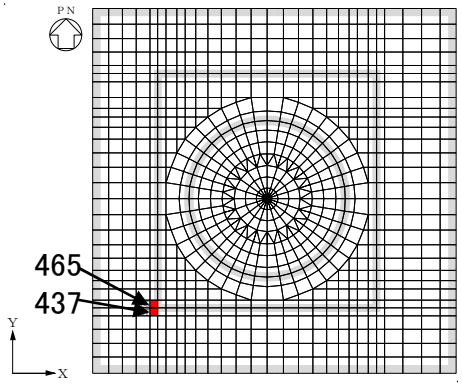
評価結果 （原子炉棟基礎および付属棟基礎，水平2方向+鉛直方向，人工岩盤を考慮しない，Ss-31）

【論点9】原子炉建屋基礎盤の耐震評価（⑤人工岩盤を考慮した場合の裕度）

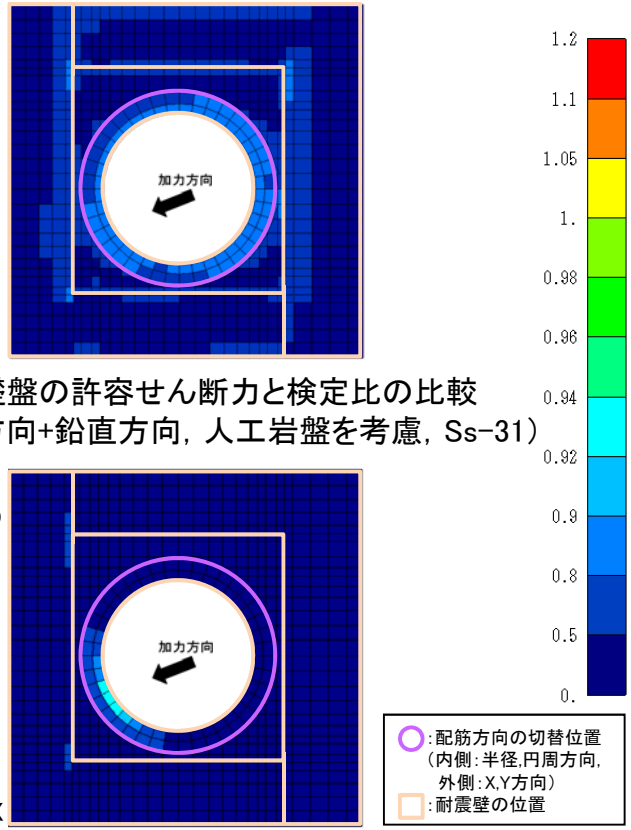
- 原子炉建屋は人工岩盤上に設置されている。
- 今回の基礎スラブの耐震評価では人工岩盤を考慮していないが，人工岩盤を考慮した場合には面外せん断力に対する検定比が小さくなっており，人工岩盤を無視した場合に検定値が0.9以上である要素の面外せん断力は人工岩盤を考慮することで35%程度低下する。
- なお，人工岩盤を考慮した場合の面外せん断力は，先行プラント同様に短期許容応力度（RC-N式）におさまる。



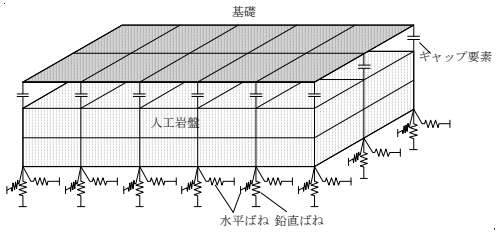
解析モデル



要素位置



基礎盤の許容せん断力と検定比の比較
（水平2方向+鉛直方向，人工岩盤を考慮，Ss-31）



境界条件

面外せん断の検定値が0.9以上の要素

要素番号	検定値（MMR無）	面外せん断力（kN/m）		
		MMR無	MMR有	有/無
437	0.916	9255	5798	0.626
465	1.073	10842	6901	0.637
			平均値	0.632

RC-N式による面外せん断力の検定比
（水平2方向+鉛直方向，人工岩盤を考慮，Ss-31）

【論点9】(参考)

建設工認　耐震設計の基本方針(抜粋)

発電所のすべての建屋，構築物，機器・配管系は発電所の安全性に対する重要度に応じて耐震設計上次の原則にしたがって分類する。

Aクラス：その機能喪失が重大な事故をおこすおそれのあるものおよび原子炉事故の際に放射線障害から公衆を守るために必要なもの。

耐震設計に係る工認審査ガイド(抜粋)

2．共通基本事項

2．2 耐震設計上の重要度分類

【審査における確認事項】

（２)施設を構成する設備を適切に区分し，その区分ごとに耐震設計上の重要度分類を適用していること。

【確認内容】

（２）施設を構成する設備は，JEAG4601の規定を参考に，主要設備，補助設備，直接支持構造物，間接支持構造物，波及的影響を検討すべき設備に区分していること，また，設備の区分ごとに，JEAG4601の規定を参考に，昭和56年設計審査指針によるAsクラスを含むAクラスの施設をSクラスの施設と読み替え，規制基準の要求事項に留意して，耐震設計上の重要度分類を適用していること。

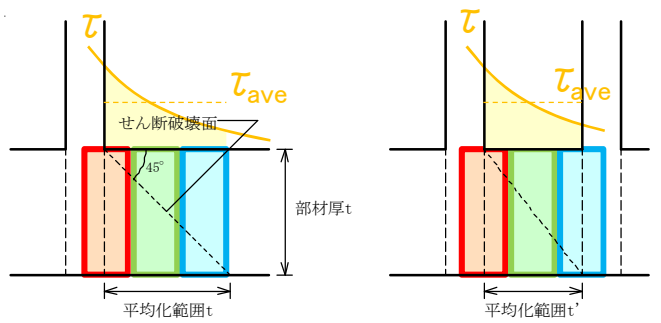
【論点9】(参考)応力平均化について

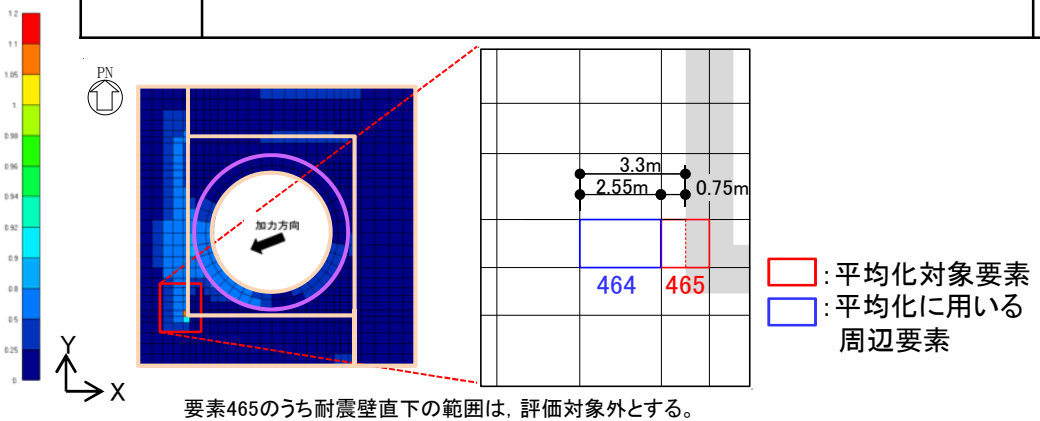
■ 応力平均化(面外せん断力の応力平均化範囲の考え方)

・局所的な応力により一部の要素において発生応力が大きくなる場合がある。基礎スラブは，地盤(人工岩盤)と接しているため，地盤に局所破壊が生じない限り，基礎スラブの面外方向変位は拘束され，せん断ひび割れの発生・拡大が抑制される。

・基礎スラブでは，局所的に応力の集中があったとしても2次元的な応力の再配分が生じ，構造性能を消失するような全体破壊は生じにくいと考えられる。

・以上を踏まえ，基礎スラブでは，周辺要素の応力状態を確認したうえで，応力平均化を考慮する。
平均化範囲は，せん断力の方向を仮想梁の材軸方向とし，以下のとおり考慮する。

方向	考え方	概念図
材軸方向	FEMモデルにおいて，せん断破壊面が複数の要素（右図の赤，緑，青）で共有されることを踏まえ，当該複数要素による応力平均化を考慮し，平均化範囲は部材厚ｔとする。部材厚の範囲内に耐震壁がある場合は壁面の内法を平均化範囲とする。 ⇒せん断破壊面の設定（材軸45°方向）	



要素465のうち耐震壁直下の範囲は，評価対象外とする。

	面外せん断力 (kN)	許容せん断力 (kN)	検定比
平均化前	1.09×10^4	1.01×10^4	1.073
平均化後	8.50×10^3	1.01×10^4	0.842

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（1／18）
①観測記録の設備影響評価結果

＜本論点の経緯＞

第572回審査会合（平成30年5月17日）において，2011年東北地方太平洋沖地震に対する使用済燃料乾式貯蔵建屋及び原子炉建屋のシミュレーション解析と観測記録との差異に対する考察を説明するとともに，使用済燃料乾式貯蔵建屋及び使用済燃料乾式貯蔵容器並びに原子炉建屋への耐震性に影響ないことを説明した。また，原子炉建屋内に設置される機器について，観測記録がシミュレーション評価を上回ることに対して，設備影響評価を行い結果を示すことを説明している。

このため，今回は，原子炉建屋内に設置される設備の耐震性への影響評価結果について説明するものである。

＜確認結果＞

原子炉建屋のEL.-4.0m（地下2階），EL.14.0m（地上2階），EL.29.0m（地上4階）及びEL.46.5m（地上6階）には地震計を設置しており，2011年東北地方太平洋沖地震時の観測記録と観測記録を踏まえた原子炉建屋のシミュレーション解析結果を比較すると，EL.-4.0m（地下2階）を除く標高（階高）の一部の周期帯において，観測記録がシミュレーション解析結果を上回っている（図1）。

このため，観測記録とシミュレーション解析結果の差異が設備の耐震性に及ぼす影響について評価した。

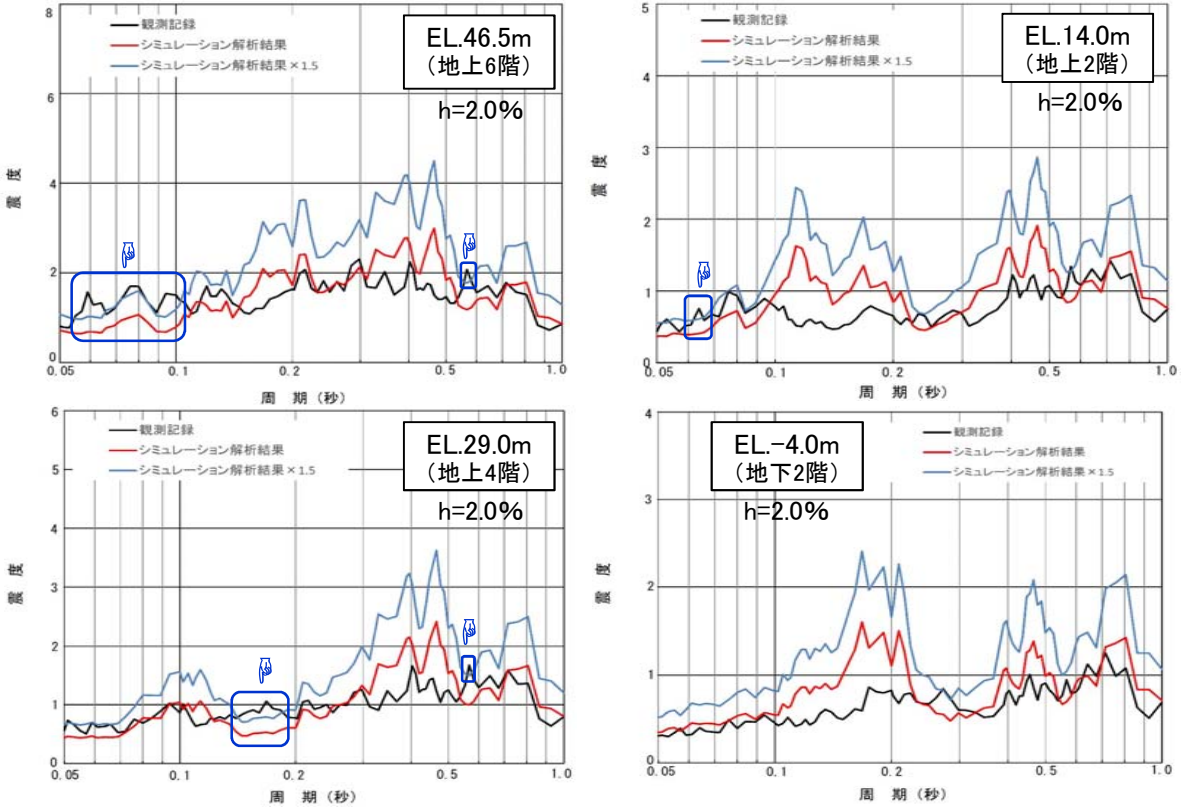


図1　床応答スペクトルの比較（質点系モデル）

【原子炉建屋のシミュレーション条件】

✔ シミュレーション解析モデルは，原則工認モデルを使用している。

【床応答スペクトルの比較】

✔ 観測記録との差異を確認するため，シミュレーション解析による床応答スペクトルは拡幅していない。

✔ 設備の耐震計算においては，設計用床応答スペクトルを1.5倍した設備評価用床応答スペクトルと設計用床応答スペクトル（ばらつきケース包絡）の1.0倍の設備評価用床応答スペクトルを使用している設備がある。このため，図1のシミュレーション解析に基づく床応答スペクトルについても，1.0倍と1.5倍の両方を図示している。

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（2／18）
①観測記録の設備影響評価結果

①評価対象設備

✔ 地震計が設置された標高がEL.-4.0m，EL.14.0m，EL.29.0m及びEL.46.5mに限定され，観測系としてすべての標高を網羅できていないことに鑑み，観測記録とシミュレーション解析結果に差異が認められたEL.14.0m以上の標高に設置される設備を対象とした。

✔ 具体的には，床応答スペクトルを用いた動的解析を適用する柔な設備（剛な設備に用いる最大応答加速度は，シミュレーション解析結果が観測記録を上回ることから対象外）を対象とし，耐震重要設備，常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備，上位クラスに波及的影響を及ぼす設備について網羅的に影響評価を実施した。

②評価方法

✔ 設備の固有周期を確認し，観測記録とシミュレーション解析の床応答スペクトルの応答比率（以下「FRS応答比率」という。）を踏まえた割り増しを考慮しても，設備の耐震裕度に収まることを確認する。

✔ FRS応答比率が設備の耐震裕度を上回る場合は，個別の詳細評価を行い，耐震性への影響を評価する。

✔ 地震計が設置されていない標高（階高）に設置された設備の影響評価は，地震計が設置された上下階の応答比率を用いて行う。但し，EL.46.5m（地上6階）の観測記録とシミュレーション解析の差異については，東西のオペフロ面が外側にはらみ出すようなモードによる影響が要因になっており（第572回審査会合（平成30年5月17日）にて報告），その影響はEL.46.5mのオペフロ面に限定されることから，他の標高（階高）に設置された設備の影響検討には用いない。

✔ 設備毎の耐震計算に適用している設計用床応答スペクトルに対する倍率（×1.5倍，×1.0倍）に応じて，シミュレーション解析による床応答スペクトルも同様の倍率（×1.5倍，×1.0倍）を考慮して，観測記録とシミュレーション解析結果のFRS応答比率の算出する。

【第572回審査会合（平成30年5月17日）抜粋】

地震計位置及び西面中央付近において，鉛直方向入力によるEW方向応答の励起が生じる0.1秒付近に，東西のオペフロ面が外側にはらみ出すようなモード（10.06Hz）があり，EW方向の応答が大きくなる要因の一つと考えられる。

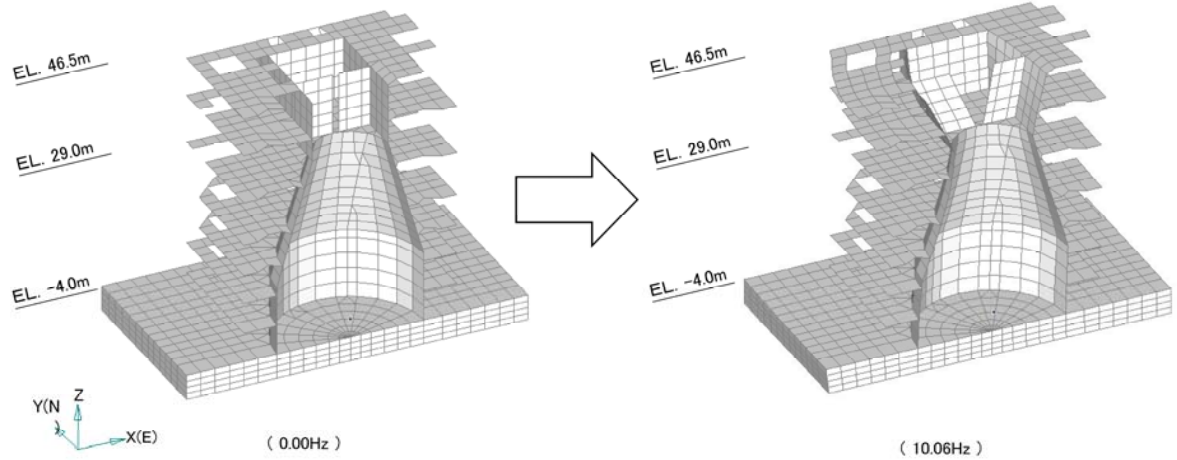


図10　原子炉建屋3次元FEMモデルのモード図（EW方向断面図）

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（3／18）
①観測記録の設備影響評価結果

③ 影響評価結果まとめ

✔ 表1に評価対象設備の影響評価結果の一覧を示す。観測記録とシミュレーション解析結果の比である「FRS応答比率」に対して，EL.46.5mに設置されている燃料取替機及びEL.20.3mに設置される窒素ガス代替注入系配管以外の設備は，設備の耐震裕度がFRS応答比率を上回っていることが確認できた。

✔ 「FRS応答比率」が設備の耐震裕度を上回る結果となった燃料取替機及び窒素ガス代替注入系配管については，個別に詳細評価を行い耐震性に影響がないことを確認した。

✔ 個別設備の詳細評価結果は「④ 詳細評価結果」に示す。また，標高毎の評価対象設備の影響評価結果を表6に示す。

表1 標高毎床応答スペクトルの比較（質点系モデル）

標高（EL.m）	減衰（%）	評価対象設備数	耐震裕度とFRS応答比率※1の関係（詳細は表6参照）		FRS応答比率が耐震裕度を上回った設備（耐震裕度＜FRS応答比率）				影響評価結果
			耐震裕度が上回る設備数	耐震裕度が下回る設備数	設備名	耐震裕度（最小部位）	FRS応答比率	個別評価結果	
46.5	0.5	1	1	0					○
	1.0	1	1	0					○
	2.0	2	1	1	燃料取替機	1.08	1.69	実施	○
38.8	2.0	4	4	0					○
	3.0	2	2	0					○
34.7	0.5	1	1	0					○
	1.0	2	2	0					○
29.0	2.0	1	1	0					○
	3.0	1	1	0					○
20.3	0.5	4	3	1	窒素ガス代替注入系配管	1.50	1.59	実施	○
	1.5	1	1	0					○
	2.0	7	7	0					○
	3.0	2	2	0					○
14.0	0.5	1	1	0					○
	1.0	1	1	0					○
	2.0	4	4	0					○
	3.0	2	2	0					○

※1：FRS応答比率とは，観測記録とシミュレーション解析結果の比（FRS応答比率＝観測記録／シミュレーション解析結果）。

④ 詳細評価結果

a. EL.46.5mに設置されている燃料取替機の詳細評価結果

FRS応答比率（観測記録／シミュレーション解析結果）が設備の耐震裕度を上回る結果となったため，部材毎に詳細評価を行った。表2に基準地震動Ssに対する各部材の耐震裕度及びFRS応答比率の比較に基づく詳細評価対象部位の抽出結果を示す。燃料取替機構造物フレーム，トロリ脱線防止ラグ及び横行レールにおいて，FRS応答比率が耐震裕度を上回っている。

このため，燃料取替機構造物フレーム，トロリ脱線防止ラグ及び横行レールに対して詳細評価を実施した。評価結果を次葉に示す。

表2　燃料取替機の詳細評価対象部位の抽出結果

部材			応力分類	基準地震動Ssによる評価結果			FRS応答比率	詳細評価対象部位
				発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	耐震裕度		
燃料取替機構造物フレーム			曲げ	216	275	1.27	1.69	○
			せん断	3	158	52.66		－
			組合せ	217	275	1.26		○
ブリッジ	脱線防止ラグ	ラグ本体	曲げ	101	253	2.50		－
			せん断	31	146	4.70		－
			組合せ	114	253	2.21		－
		取付ボルト	せん断	64	146	2.28		－
トロリ	脱線防止ラグ	ラグ本体	曲げ	154	253	1.64		○
			せん断	59	146	2.47		－
			組合せ	184	253	1.37		○
		取付ボルト	せん断	135	146	1.08		○
走行レール			曲げ	240	756	3.15		－
			せん断	26	436	16.76		－
			組合せ	244	756	3.09		－
横行レール			曲げ	428	483	1.12		○
			せん断	17	278	16.35		－
			組合せ	428	483	1.12		○

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（5／18）
①観測記録の設備影響評価結果

（a）燃料取替機構造物フレームの詳細評価

✔ 燃料取替機構造物フレームの詳細評価は，地震応答解析結果から得られる荷重に対して，FRS応答比率である1.69を乗じ，当該荷重に用いた発生応力を算出することにより行った。

✔ 燃料取替機構造物フレームの地震応答は，鉛直方向の荷重が支配的であるため，発生応力に占める水平方向の地震力は僅かであることから，発生応力の増加も僅かであり，許容応力に収まる結果となった（表3）。このため，燃料取替機構造物フレームの耐震性に問題はない。

表3　燃料取替機構造物フレームの詳細評価結果

部材	応力分類	基準地震動Ssによる評価結果			観測記録による影響評価		
		発生応力	許容応力	耐震裕度	発生応力	許容応力	耐震裕度
燃料取替機構造物フレーム	曲げ	216	275	1.27	224	275	1.22
	せん断	3	158	52.66	3	158	52.66
	組合せ	217	275	1.26	224	275	1.22

（b）トロリ脱線防止ラグ及び横行レールの詳細評価

✔ 燃料取替機の発生応力算出に用いる荷重は，床応答スペクトルを適用した動的解析に加えて，最大応答加速度（1.2ZPA）を適用した静的解析により算出しており，トロリ脱線防止ラグ及び横行レールの算出荷重は，動的解析による算出荷重と静的解析による算出荷重の大きい方を適用している。

✔ 静的解析による算出荷重と動的解析による算出荷重について，観測記録による影響を考慮した動的解析結果を含めて表4に示す。基準地震動Ssによる動的解析により算出した荷重に対して，観測記録影響を考慮した動的解析により算出した荷重が大きくなるが，静的解析による最大応答加速度（1.2ZPA）に包絡される（表4）。このため，トロリ脱線防止ラグ及び横行レールの耐震性に問題はない。

表4　トロリ脱線防止ラグ及び横行レールの詳細評価結果

荷重の方向	荷重（N）		
	静的解析（1.2ZPAを適用）	動的解析（床応答スペクトルを適用）	
	Ssによる応答	Ssによる応答	観測記録影響を考慮
水平方向	4.091×10^4	3.565×10^4	3.572×10^4

④ 詳細評価結果

b. EL.20.3mに設置される窒素ガス代替注入系配管の詳細評価結果

✔ FRS応答比率（観測記録／シミュレーション解析結果）が設備の耐震裕度を上回る結果となったため，配管系に発生する応力を地震による応力と地震以外の応力に分け，さらに地震による応力を水平方向地震及び鉛直方向地震による応力に分類し，水平方向地震による応力にFRS応答比率である1.59を乗じ，当該配管の発生応力を評価した。

✔ 窒素ガス代替注入系配管に発生する応力は，鉛直方向地震による応力が支配的であるため，発生応力（合成応力）の増加は僅かであり，許容応力に収まる結果となった（表5）。このため，窒素ガス代替注入系配管の耐震性に問題はない。

表5　窒素ガス代替注入系配管の詳細評価結果

部材	1次応力（MPa）					許容応力 耐震裕度
	地震以外の応力	地震による応力			発生応力（合成応力）	
		水平方向	鉛直方向	合計（SRSS）		
現状評価	16.6	89.7	208.7	227.2	244	367
詳細評価	16.6	142.7	208.7	252.9	270	367

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（7／18）
①観測記録の設備影響評価結果

：地震計設置標高

表6　設備の影響評価結果（1／6）

標高（EL.m）	減衰（%）	設備名称	一次固有周期（秒）	評価部位	応力分類	発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	耐震裕度	FRS応答比率※1	影響評価	備考
46.5	0.5	ⓐ格納容器圧力逃がし装置配管		配管本体	せん断	92	363	3.94	1.38	○	図2－1
	1.0	ⓐ使用済燃料プール温度計（SA）		基礎本体	せん断	13	94	7.23	－	○	図2－2
	2.0	ⓐ燃料取替機		脱線防止ラグ（基礎ボルト）	せん断	135	146	1.08	1.69	○ 個別評価	図2－3
		ⓑ非常用ガス再循環系配管（FRVS-6）		配管本体	1次	25	343	13.72	1.13	○	

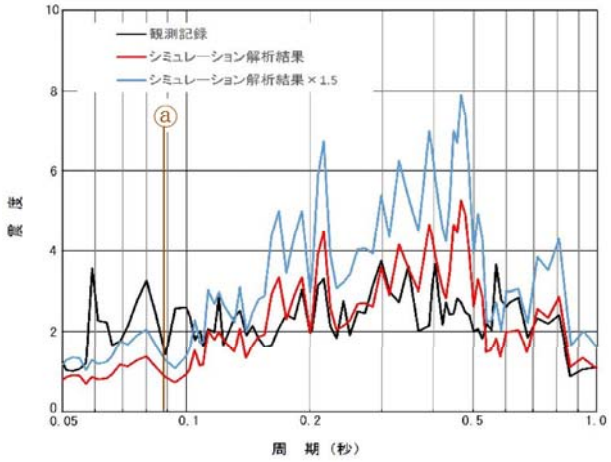


図2－1　原子炉建屋 EL.46.5m 床応答スペクトル（減衰0.5%）

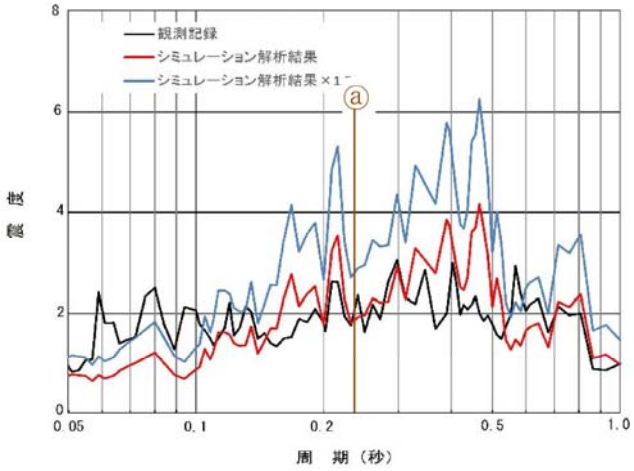


図2－2　原子炉建屋 EL.46.5m 床応答スペクトル（減衰1.0%）

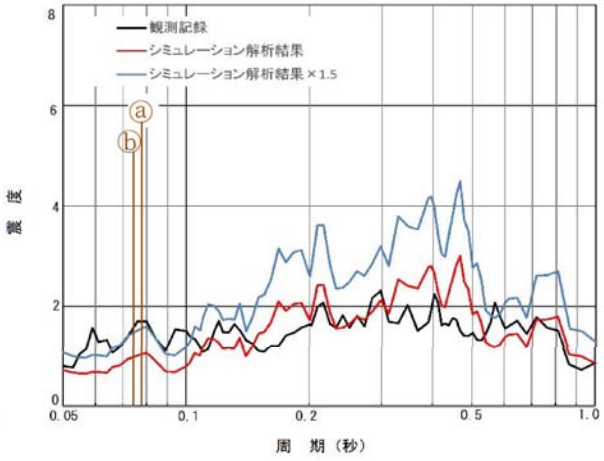


図2－3　原子炉建屋 EL.46.5m 床応答スペクトル（減衰2.0%）

※1：観測記録がシミュレーション解析結果を上回っている場合は，その応答比率を記載し，シミュレーション解析結果が観測記録を上回っている場合は「－」を記載。

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（8／18）
①観測記録の設備影響評価結果

表6　設備の影響評価結果（2／6）

標高（EL.m）	減衰（%）	設備名称	一次固有周期（秒）	評価部位	応力分類	発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	耐震裕度	FRS応答比率※1	影響評価	備考
38.8	2.0	ⓐ非常用ガス処理系配管（AC-SGTS）		配管本体	1次	101	335	3.31	1.19※2	○	図2－4
		ⓑ低圧代替注水系配管（ALPI-003R3F）		配管本体	1次	97	366	3.77	－	○	
		ⓒ低圧代替注水系配管（ALPI-001DG）		配管本体	1次	116	366	3.15	－	○	
		ⓓ格納容器下部注水系配管（FP-R-1）		配管本体	1次	183	366	2.00	－	○	
	3.0	ⓐ格納容器圧力逃がし装置配管（PV-002R5F）		配管本体	1次	78	363	4.65	1.12※2	○	図2－5
		ⓑ格納容器圧力逃がし装置配管（PV-008YD）		配管本体	1次	96	363	3.78	－	○	

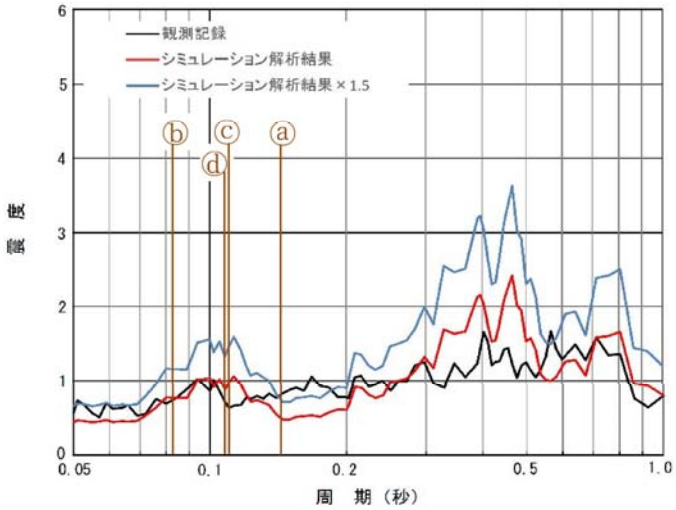


図2－4　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰2.0%）

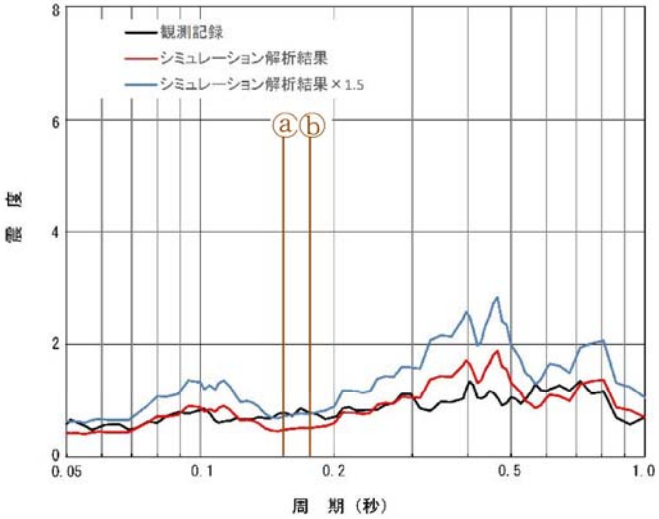


図2－5　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰3.0%）

※1：観測記録がシミュレーション解析結果を上回っている場合は，その応答比率を記載し，シミュレーション解析結果が観測記録を上回っている場合は「－」を記載。
※2：地震計が設置されていないEL.38.8mについてはEL.29.0mのFRSの比率のFRSの比率を適用。

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（9／18）
①観測記録の設備影響評価結果

表6　設備の影響評価結果（3／6）

標高（EL.m）	減衰（%）	設備名称	一次固有周期（秒）	評価部位	応力分類	発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	耐震裕度	FRS応答比率※1	影響評価	備考
34.7	0.5	ⓐ代替燃料プール冷却系（AFPC-3）		配管本体	1次	77	365	4.74	－	○	図2－6
	1.0	ⓐ使用済燃料貯蔵ラック（70体）		取付ボルト	1次	146	153	1.04	1.03※2	○	図2－7
		ⓑ制御棒貯蔵ラック		基礎ボルト	1次	158	171	1.08	1.08※2	○	

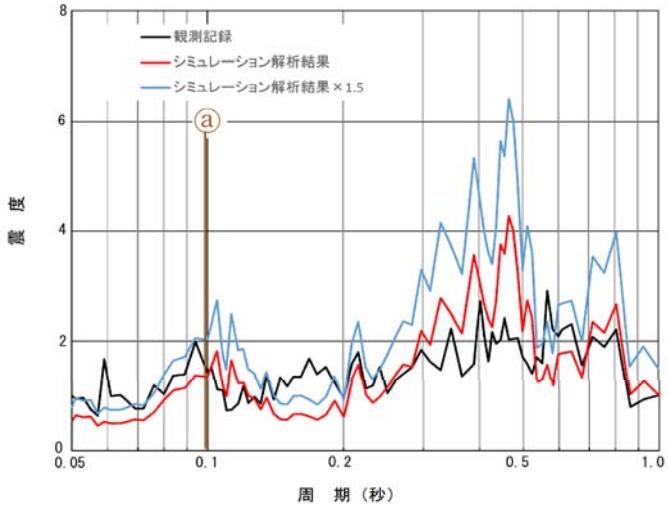


図2－6　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰0.5%）

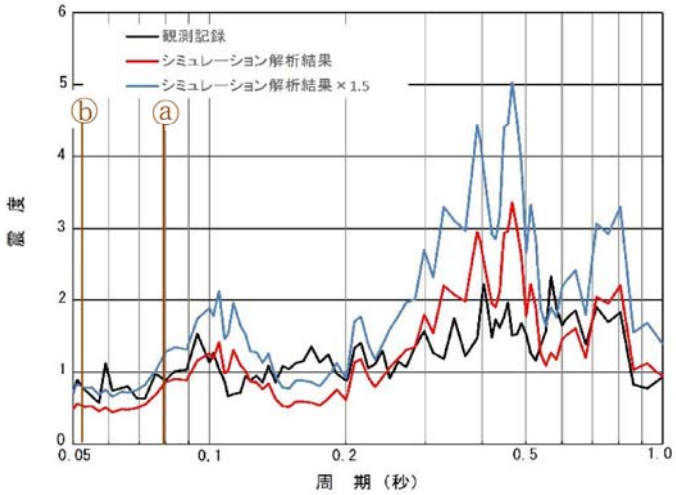


図2－7　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰1.0%）

※1：観測記録がシミュレーション解析結果を上回っている場合は，その応答比率を記載し，シミュレーション解析結果が観測記録を上回っている場合は「－」を記載。
※2：地震計が設置されていないEL.34.7mについてはEL.29.0mのFRSの比率のFRSの比率を適用。

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（10／14）
①観測記録の設備影響評価結果

:地震計設置標高

表6　設備の影響評価結果（4／6）

標高（EL.m）	減衰（%）	設備名称	一次固有周期（秒）	評価部位	応力分類	発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	耐震裕度	FRS応答比率※1	影響評価	備考
29.0	2.0	ⓐ原子炉隔離時冷却系配管（RCIC-19,20,29）		配管本体	1次	146	363	2.48	－	○	図2－8
	3.0	ⓐ原子炉隔離時冷却系配管（RCIC-7）		配管本体	1次	62	380	6.12	－	○	図2－9

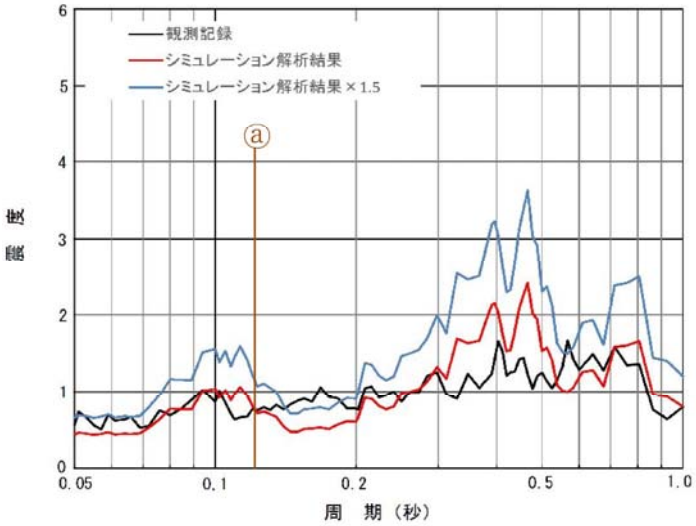


図2－8　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰2.0%）

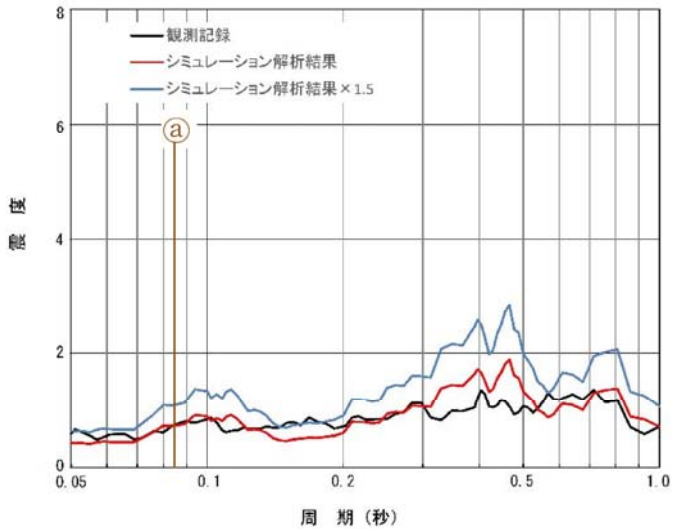


図2－9　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰3.0%）

※1：観測記録がシミュレーション解析結果を上回っている場合は，その応答比率を記載し，シミュレーション解析結果が観測記録を上回っている場合は「－」を記載。

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（11／14）
①観測記録の設備影響評価結果

表6　設備の影響評価結果（5／6）

標高（EL.m）	減衰（%）	設備名称	一次固有周期（秒）	評価部位	応力分類	発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	耐震裕度	FRS応答比率※1	影響評価	備考
20.3	0.5	ⓐ窒素ガス代替注入系配管（ANI-7）		配管本体	1次	244	367	1.50	1.59※2	○ 個別評価	図2－10
		ⓑ中央制御室待機室空気ボンベユニット配管（MCRS-1）		配管本体	1次	244	468	1.91	－	○	
		ⓒ第二弁操作室空気ボンベユニット配管（PCVVVCC-1）		配管本体	1次	213	468	2.19	－	○	
		ⓓ非常用逃がし安全弁駆動系配管（ESD-1）		配管本体	1次	207	431	2.08	1.67※2	○	
	1.5	ⓐ代替循環冷却系配管（ARC-2）		配管本体	1次	186	365	1.96	－	○	図2－11

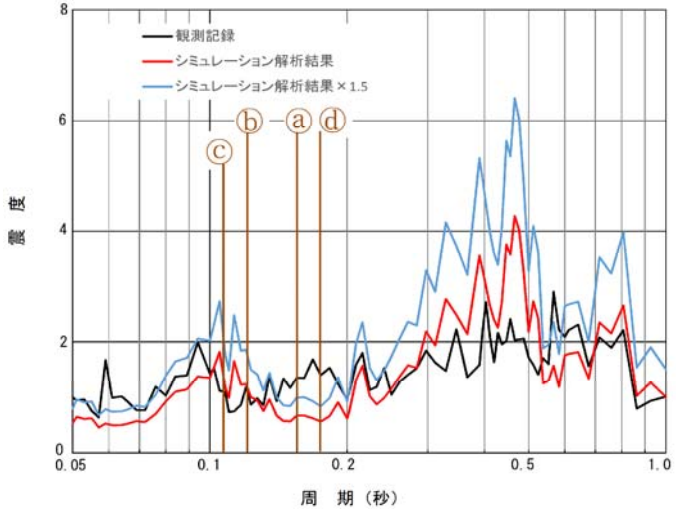


図2－10　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰0.5%）

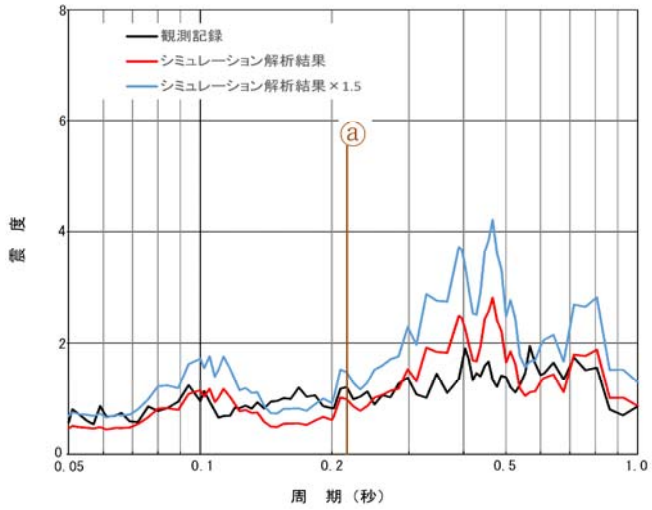


図2－11　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰1.5%）

※1：観測記録がシミュレーション解析結果を上回っている場合は，その応答比率を記載し，シミュレーション解析結果が観測記録を上回っている場合は「－」を記載。
※2：地震計が設置されていないEL.20.3mについてはEL.29.0mのFRSの比率を適用。

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（12／14）
①観測記録の設備影響評価結果

表6　設備の影響評価結果（6／6）

標高（EL.m）	減衰（%）	設備名称	一次固有周期（秒）	評価部位	応力分類	発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	耐震裕度	FRS応答比率※1	影響評価	備考
20.3	2.0	ⓐ不活性ガス系配管（AC-1,2,3,8）		配管本体	1次	171	335	1.95	－	○	図2－12
		ⓑ可燃性ガス濃度制御系配管（FC-1）		配管本体	1次	65	363	5.58	－	○	
		ⓒ可燃性ガス濃度制御系配管（FC-2）		配管本体	1次	133	363	2.72	1.07※2	○	
		ⓓ可燃性ガス濃度制御系配管（FC-3,4）		配管本体	1次	55	363	6.60	－	○	
		ⓔ可燃性ガス濃度制御系配管（FC-7,8）		配管本体	1次	61	363	5.95	－	○	
		ⓕ残留熱除去系配管（RHR-34,37,38,39,50）		配管本体	1次	166	380	2.28	－	○	
		ⓖ給水系配管（FDW-13,14）		配管本体	1次	81	229	2.82	－	○	
	3.0	ⓐ原子炉冷却材浄化系配管(CU-R-7)		配管本体	1次	108	260	2.40	－	○	図2－13
		ⓑ主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管（MSIV-23,25,27,29）		配管本体	1次	114	363	3.18	－	○	

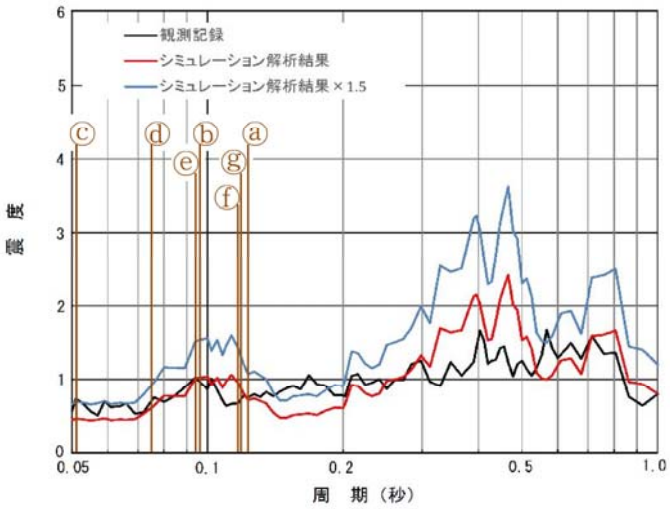


図2－12　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰2.0%）

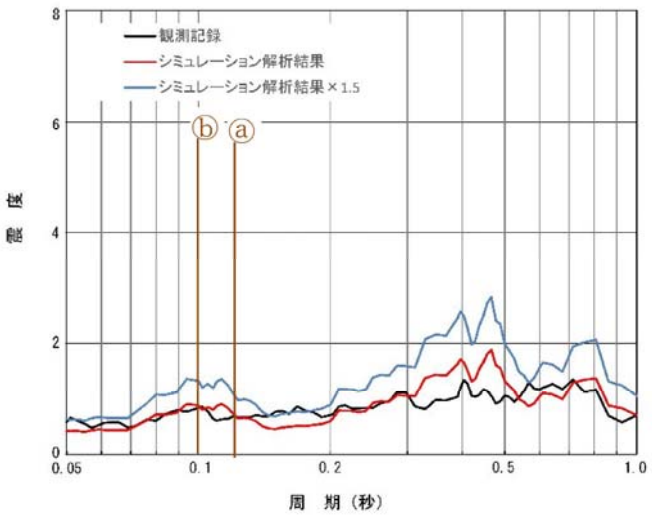


図2－13　原子炉建屋 EL.29.0m 床応答スペクトル（減衰3.0%）

※1：観測記録がシミュレーション解析結果を上回っている場合は，その応答比率を記載し，シミュレーション解析結果が観測記録を上回っている場合は「－」を記載。
※2：地震計が設置されていないEL.20.3mについてはEL.29.0mのFRSの比率を適用。

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（13／14）
①観測記録の設備影響評価結果

:地震計設置標高

表6　設備の影響評価結果（7／6）

標高（EL.m）	減衰（%）	設備名称	一次固有周期（秒）	評価部位	応力分類	発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	耐震裕度	FRS応答比率※1	影響評価	備考
14.0	0.5	ⓐ不活性ガス系配管（AC-6,7）		配管本体	1次	59	335	5.67	1.12	○	図2－14
	1.0	ⓐ残留熱除去系配管（RHR-66）		配管本体	1次	109	363	3.33	1.04	○	図2－15

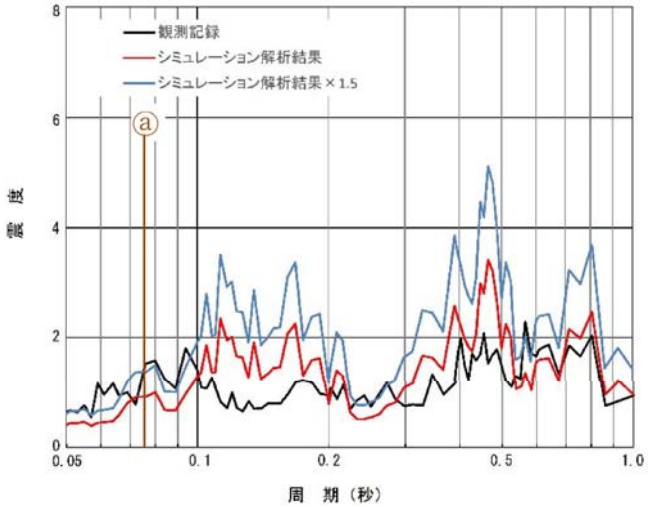


図2－14　原子炉建屋 EL.20.3m 床応答スペクトル（減衰2.0%）

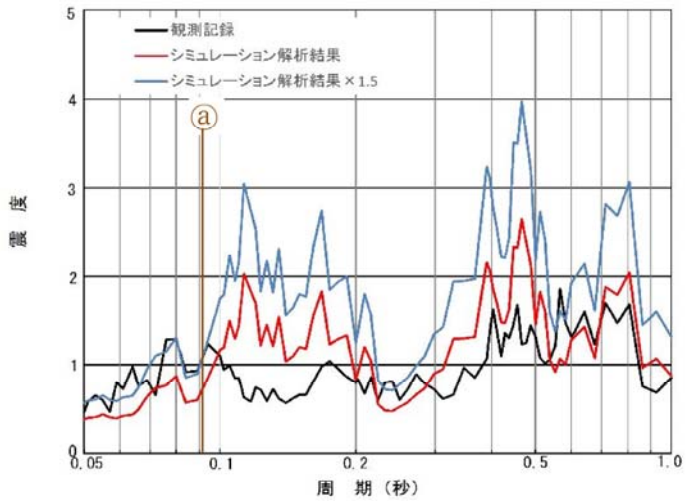


図2－15　原子炉建屋 EL.20.3m 床応答スペクトル（減衰3.0%）

※1：観測記録がシミュレーション解析結果を上回っている場合は，その応答比率を記載し，シミュレーション解析結果が観測記録を上回っている場合は「－」を記載。

【論点10】 地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（14／18）
①観測記録の設備影響評価結果

:地震計設置標高

表6　設備の影響評価結果（8／8）

標高（EL.m）	減衰（%）	設備名称	一次固有周期（秒）	評価部位	応力分類	発生応力（MPa）	許容応力（MPa）	耐震裕度	FRS応答比率※1	影響評価	備考
14.0	2.0	ⓐ高圧炉心スプレイ系配管（HPCS-4,5）		配管本体	1次	194	364	1.87	－	○	図2－16
		ⓑ低圧炉心スプレイ系配管（LPCS-2,3）		配管本体	1次	150	396	2.64	－	○	
		Ⓒ残留熱除去系配管（RHR-48）		配管本体	1次	143	396	2.76	－	○	
		ⓓ残留熱除去系配管（RHR-70）		配管本体	1次	217	260	1.19	－	○	
	3.0	ⓐ残留熱除去系配管（RHR-5,21）		配管本体	1次	156	335	2.14	－	○	図2－17
		ⓑ残留熱除去系配管（RHR-8,30,99,100）		配管本体	1次	181	380	2.09	－	○	

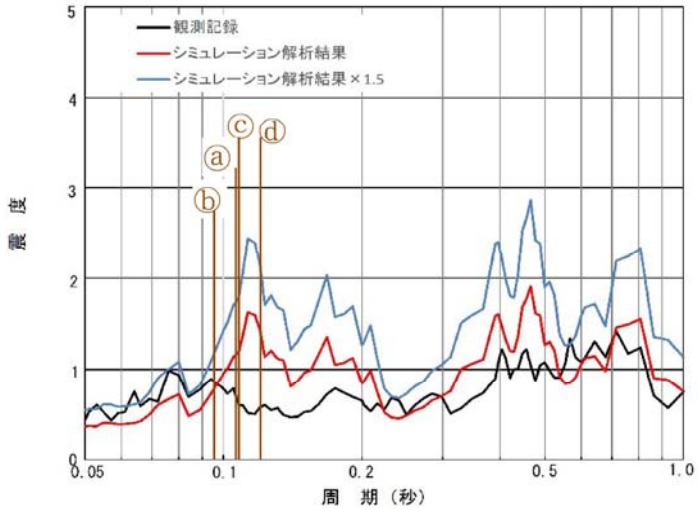


図2－16　原子炉建屋 EL.20.3m 床応答スペクトル（減衰2.0%）

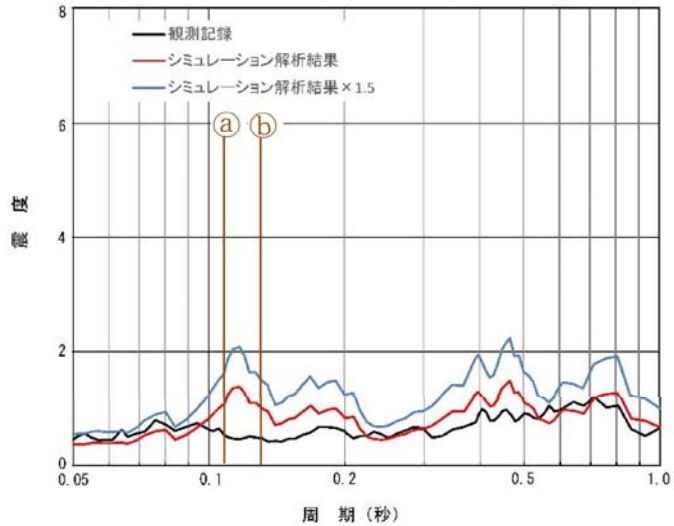


図2－17　原子炉建屋 EL.20.3m 床応答スペクトル（減衰3.0%）

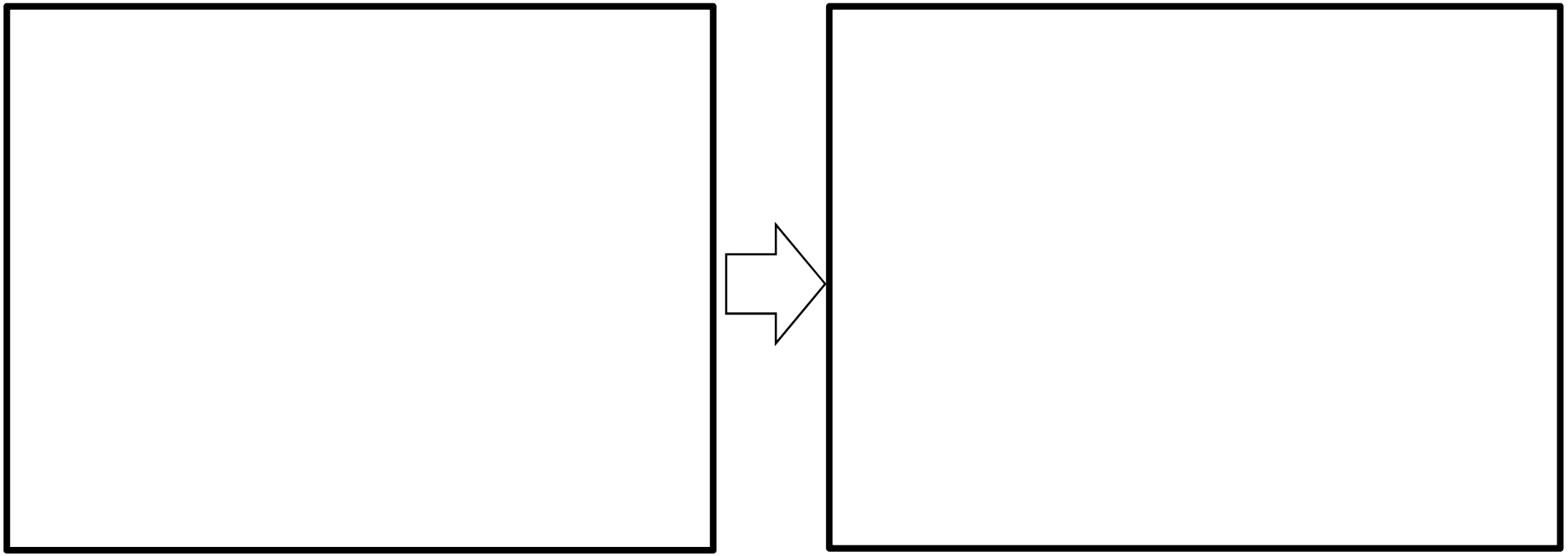
※1：観測記録がシミュレーション解析結果を上回っている場合は，その応答比率を記載し，シミュレーション解析結果が観測記録を上回っている場合は「－」を記載。

【論点10】地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（ 15／18 ）

＜本論点の経緯＞
3次元FEMモデルを用いた建屋応答の分析において，鉛直地震力によるEW方向応答の励起が生じることを確認した。

＜コメント＞
3次元FEMモデルの解析結果で変形が認められた使用済燃料貯蔵プールへの影響評価を追加すること

◆概要　図3－1に示す通り、高周波数域の固有モードにおける、鉛直地震力によってウェル壁が開く挙動について確認した。



（ 0.00Hz ）　　（ 10.06Hz ）

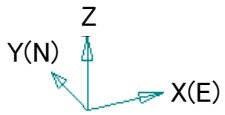


図3-1　原子炉建屋3次元FEMモデルのモード図（EW方向断面図）

【論点１０】地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（１６／１８）

◆評価方針

ウェル壁が開く挙動により応力が増加する部位であるスリット部下部について，鉛直地震力による応力増分を評　価する。3次元FEMモデルにより応力増分を算出し，耐震評価結果に割増係数として考慮して検討を行う。

◆評価方法

①応答増幅の確認

✓3次元FEMモデルによる地震応答解析を行い，EW方向単独入力時に使用済燃料プールウェル壁部分に発生する応力と鉛直方向単独入力時に発生する応力を比較し応力の割増係数を算出する。

✓検討に用いる入力地震動は，対象とする短周期成分を含む地震動とし，Sd-D1とする。

✓評価対象要素はスリット部側面の下端（緑部）及びスリット部底部（青部）とする。

✓スリット部側面の下端は，ウェル壁の曲げモーメントによって生じる鉛直軸方向引張力，スリット部底部は水平軸方向引張力とする。

② 応答増幅を考慮した応力検討

✓使用済燃料プールの耐震評価に用いた応力に，鉛直加振時の応答増幅による割増しを考慮する。

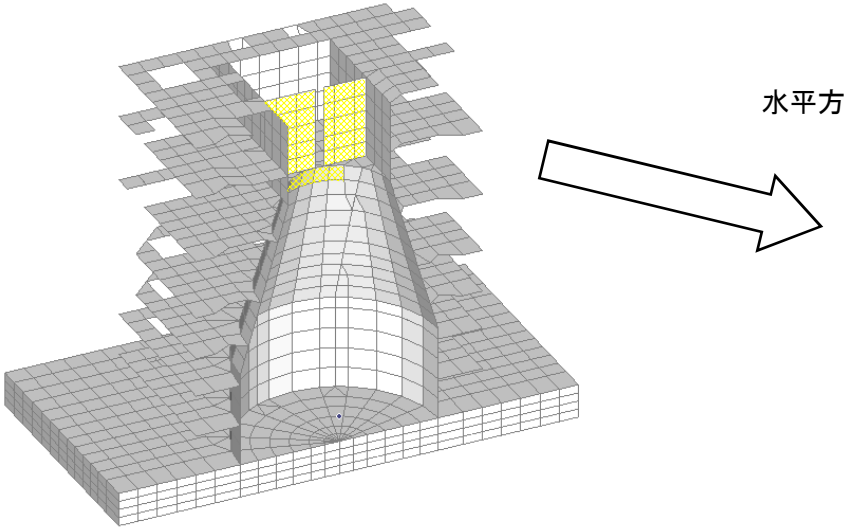


図3-2　3次元FEMモデル評価対象要素

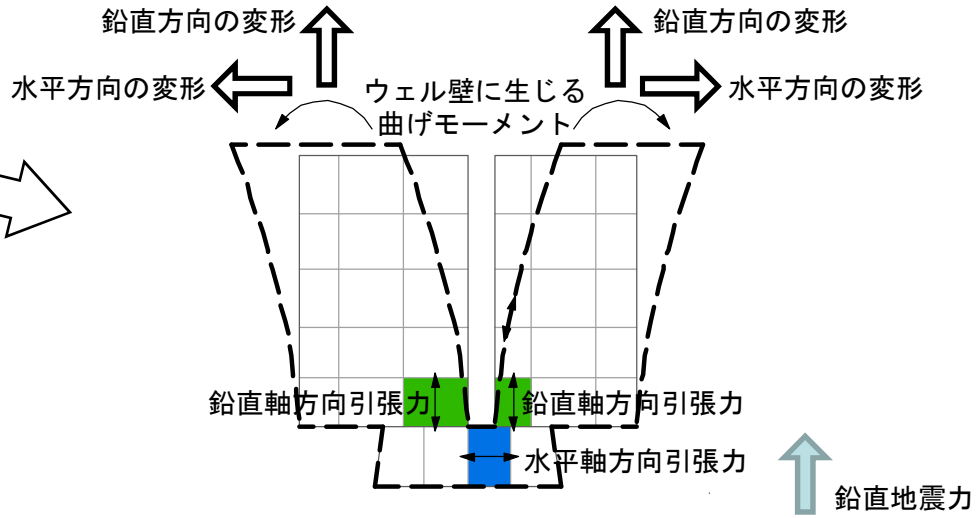


図3-3　評価対象部位及び応力成分

【論点10】地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（17／18）

◆応答増幅の確認

✓評価対象要素はスリット部側面の下端（緑部）及びスリット部底部（青部）とし，それぞれについて水平加振時と鉛直加振時に生じる鉛直軸方向引張力及び水平軸方向引張力を比較する。

✓評価対象応力成分は，曲げモーメントによって生じる鉛直軸方向引張力及び水平軸方向引張力とする。

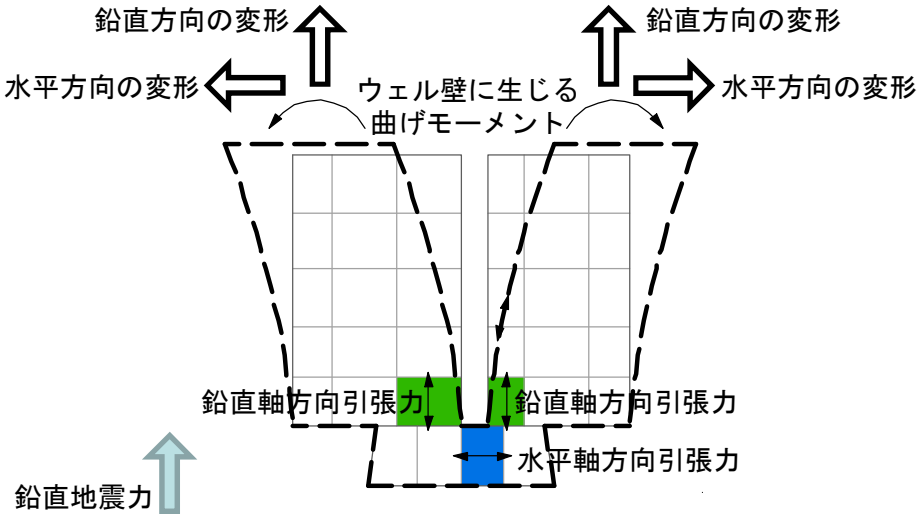


図3-4　評価対象部位及び応力成分

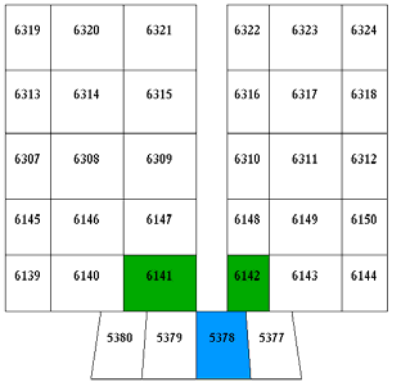


図3-5　3次元FEMモデル評価対象要素

◆評価結果

✓EW方向単独加振時の発生応力に比べ，上下方向単独入力によりウェル壁に発生する応力の増加は小さいことを確認した。

表3-1　3次元応答による影響

単位：kN/m

要素番号	応力	UD方向入力による応力	EW方向入力による応力	応答増幅率（1.0EW+0.4UD）/（1.0EW）
6141	鉛直軸方向引張力	51.2	1240	1.017
6142	鉛直軸方向引張力	362	1640	1.089
5378	水平軸方向引張力	66.2	275	1.097

【論点１０】地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響（１８／１８）

◆応答増幅を考慮した応力検討
✓使用済燃料プールの耐震評価結果に，鉛直加振時の応答増幅による割増しを考慮する。

◆評価結果
✓耐震評価結果に割増係数(応答増幅率)を考慮しても，許容限界を下回ることを確認した。

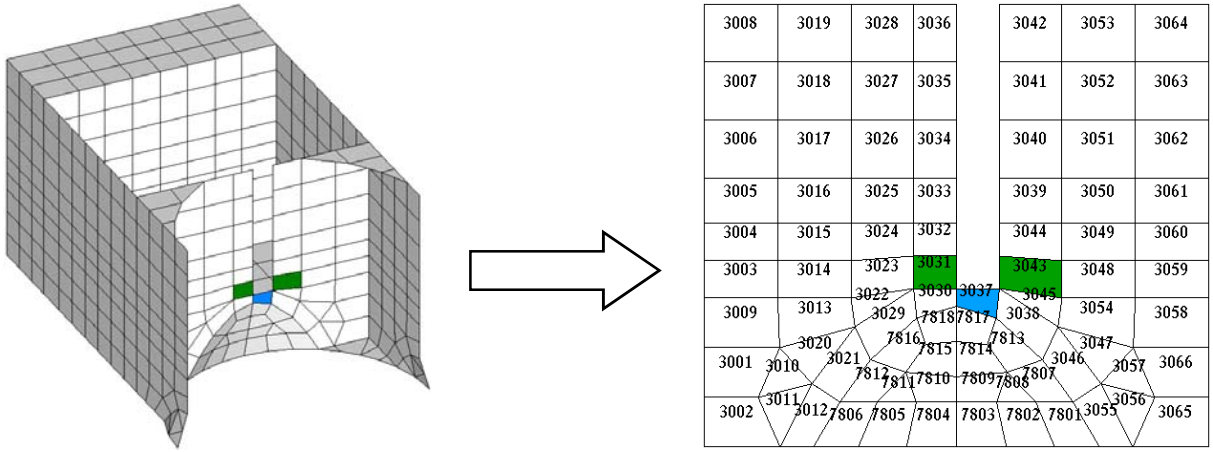


図3-6　使用済燃料プールの応力解析モデル

表3-2　使用済燃料プールの影響検討結果

要素番号	項目	割増係数（応答増幅率）	応力解析時検定比			割増後検定比		
			Ｓｄ地震時	Ｓｓ地震時	Ｓｄ地震時＋温度	Ｓｄ地震時	Ｓｓ地震時	Ｓｄ地震時＋温度*1
3031	引張鉄筋応力度	1.017	0.524	0.260	0.433	0.533	0.265	0.441
3043	引張鉄筋応力度	1.089	0.400	0.200	0.533	0.436	0.218	0.581
3037	引張鉄筋応力度	1.097	0.441	0.221	0.447	0.484	0.243	0.491

*1：温度荷重による応力にも割増係数を考慮しており保守的な扱いとしている。

◆まとめ
✓オペフロ床が東西方向にはらみ出すような変形をすると，スリット部下部に局所応力が生じる。
✓ 3次元FEMモデルを用いて，鉛直地震力によるスリット部下部の応力に及ぼす影響について確認した。
✓使用済燃料プールの耐震評価結果に，3次元FEMモデルを用いて求めた鉛直加振時の応答増幅を考慮し，許容限界以下となることを確認した。

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（1／10）

＜本論点の経緯＞

第572回審査会合（平成30年5月17日）において，技術基準規則解釈及び耐震設計に係る工認審査ガイド※の一部改正を踏まえた弁の動的機能維持評価に係る評価方針として，従来工認における0.05秒（20Hz）までの評価に代えて，0.02秒（50Hz）まで考慮した評価を行い，さらに，高振動数領域で応答増幅がないことを0.01秒（100Hz）まで確認することを説明する（表1）とともに，主蒸気系配管に設置される弁の解析結果の例として，0.02秒（50Hz）までの振動数領域を考慮すれば良いことを説明した。

今回は，その他の弁を含め動的機能維持の評価が必要な弁を対象とした高振動数領域における価結果を説明するものである。

※耐震設計に係る審査ガイドの改正内容：弁等の機器の地震応答解析結果の応答加速度が当該機器を支持する配管の地震応答により増加することが考えられるときは，当該機器については，当該配管の地震応答の影響を考慮し，一定の裕度を見込んで評価すること。

＜確認結果＞

①評価対象弁

✔工認の要目表に記載のある弁のうち，JEAG4601・補-1984及びJEAG4601-1991に基づき，動的機能維持が要求される弁（10系統全73弁）について，高振動数領域における動的機能維持について評価した。表2に動的機能維持評価対象弁を示す。

②評価内容

✔弁の高振動数領域における影響を確認するため，以下に示す事項を評価する。

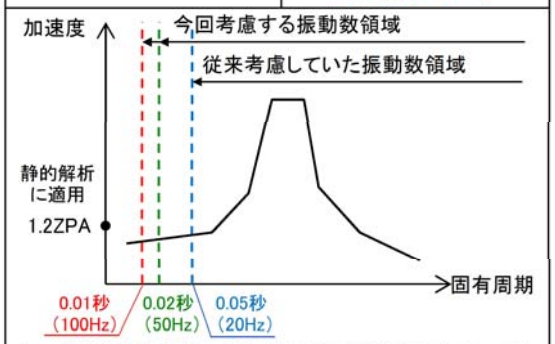
a. 0.02秒（50Hz）まで考慮した弁の応答加速度を評価し，機能確認済加速度以下であることを確認する。

b. 0.01秒（100Hz）まで考慮した応答加速度を評価し，機能確認済加速度以下であることを確認する。また，0.02秒（50Hz）まで考慮した応答加速度に対する応答増加率が10%以下であることを確認する。

c. b. の結果，10%を超える応答増加率が確認された場合は，更なる高振動数領域までの応答解析により，応答増加率が10%以下であることを確認する。また，機能確認済加速度以下であることを確認する。

表1　弁の機能維持評価に適用する振動数領域

従来考慮していた振動数領域	今回考慮する振動数領域
0.05秒（20Hz）	0.02秒（50Hz） 0.01秒（100Hz）



弁の機能維持評価に適用する振動数領域（イメージ）

表2　動的機能維持評価対象弁

系　統		評価対象弁数
MS	主蒸気系	26
FW	給水系	4
RHR	残留熱除去系	19
HPCS	高圧炉心スプレイ系	2
LPCS	低圧炉心スプレイ系	2
RCIC	原子炉隔離時冷却系	4
CUW	原子炉冷却材浄化系	2
HCU	水圧制御系	2
FRVS	非常用ガス再循環系	8
SGTS	非常用ガス処理系	4
合計		73

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（2／10）

③評価結果

✔高振動数領域までの評価においても，弁の応答加速度は機能維持加速度以下であることを確認した。

✔0.01秒（100Hz）まで考慮した応答加速度と0.02秒（50Hz）まで考慮した応答加速度を比較した結果，一部の弁（19弁）において応答が増加することが確認された（表3）。

✔このうち，16弁については応答増加率が10%以下であったが，3弁については応答増加率が10%を超えたため，更なる高振動数領域として0.005秒（200Hz）まで考慮した応答解析を実施し，それ以上の応答増加がないことを確認した（表4）。

✔ 全73弁の動的機能維持に係る評価結果を表5に示す。

表3　高振動数領域を考慮した弁の動的機能維持評価結果概要

評価対象弁	機能維持加速度に対する評価結果	0.01秒（100Hz）まで考慮した応答加速度			備　考
		応答増加なし	応答増加率が10%以下	応答増加率が10%超え	
73	全ての弁が機能維持加速度以下であった	54	16	3	応答増加率が10%を超えた3弁の評価結果を表4に示す。

表4　0.01秒（100Hz）まで考慮した応答加速度が0.02秒（50Hz）まで考慮した応答加速度対して10%以上の応答増加率が確認された弁の評価結果

No.	系統		弁番号	弁名称	弁型式	方向	0.01秒（100Hz）まで考慮した評価			0.005秒（200Hz）まで考慮した評価	機能確認済加速度
							0.02秒（50Hz）	0.01秒（100Hz）	増加率		
29	FW	給水系	B22-F032A	原子炉給水逆止弁	逆止弁	鉛直	1.31	3.37	2.58	3.37	6.0
30	FW	給水系	B22-F032B	原子炉給水逆止弁	逆止弁	鉛直	1.31	3.37	2.58	3.37	6.0
65	FRVS	非常用ガス再循環系	SB2-5B	非常用ガス再循環系トレンB入口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	2.15	2.45	1.14	2.45	6.0

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（3／10）

表5　弁の動的機能維持評価結果（1／8）

No	系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	機能確認済加速度	50Hz 評価用加速度	50Hz 裕度	100Hz 評価用加速度	100Hz 裕度	増加率（100Hz/50Hz）	評価	
1	MS	B22-F013A	主蒸気逃がし安全弁A	安全弁	水平	9.6	6.74	1.42	6.74	1.42	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.1	2.66	2.29	2.76	2.21	1.04	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
2	MS	B22-F013B	主蒸気逃がし安全弁B	安全弁	水平	9.6	5.61	1.71	5.61	1.71	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.1	2.66	2.29	2.76	2.21	1.04	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
3	MS	B22-F013C	主蒸気逃がし安全弁C	安全弁	水平	9.6	5.51	1.74	5.51	1.74	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.1	1.84	3.31	1.84	3.31	1.00	○	同上
4	MS	B22-F013D	主蒸気逃がし安全弁D	安全弁	水平	9.6	6.12	1.56	6.12	1.56	1.00	○	同上
					鉛直	6.1	2.04	2.99	2.04	2.99	1.00	○	同上
5	MS	B22-F013E	主蒸気逃がし安全弁E	安全弁	水平	9.6	6.12	1.56	6.23	1.54	1.02	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
					鉛直	6.1	2.76	2.21	2.76	2.21	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
6	MS	B22-F013F	主蒸気逃がし安全弁F	安全弁	水平	9.6	5.92	1.62	5.92	1.62	1.00	○	同上
					鉛直	6.1	2.66	2.29	2.66	2.29	1.00	○	同上
7	MS	B22-F013G	主蒸気逃がし安全弁G	安全弁	水平	9.6	6.53	1.47	6.53	1.47	1.00	○	同上
					鉛直	6.1	2.04	2.99	2.15	2.83	1.06	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
8	MS	B22-F013H	主蒸気逃がし安全弁H	安全弁	水平	9.6	6.74	1.42	6.74	1.42	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.1	2.15	2.83	2.15	2.83	1.00	○	同上
9	MS	B22-F013J	主蒸気逃がし安全弁J	安全弁	水平	9.6	6.43	1.49	6.43	1.49	1.00	○	同上
					鉛直	6.1	2.25	2.71	2.25	2.71	1.00	○	同上

- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度に増加が認められないもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%以下のもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%を超えるもの（200Hzまで考慮した応答解析により，応答加速度の増加がないことを確認）。

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（4／10）

表5　弁の動的機能維持評価結果（2／8）

No	系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	機能確認済加速度	50Hz 評価用加速度	50Hz 裕度	100Hz 評価用加速度	100Hz 裕度	増加率（100Hz/50Hz）	評価	
10	MS	B22-F013K	主蒸気逃がし安全弁K	安全弁	水平	9.6	6.84	1.40	6.94	1.38	1.02	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
					鉛直	6.1	1.94	3.14	1.94	3.14	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
11	MS	B22-F013L	主蒸気逃がし安全弁L	安全弁	水平	9.6	5.92	1.62	6.02	1.59	1.02	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
					鉛直	6.1	1.53	3.98	1.64	3.71	1.08	○	同上
12	MS	B22-F013M	主蒸気逃がし安全弁M	安全弁	水平	9.6	5.72	1.67	5.82	1.64	1.02	○	同上
					鉛直	6.1	2.35	2.59	2.35	2.59	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
13	MS	B22-F013N	主蒸気逃がし安全弁N	安全弁	水平	9.6	5.31	1.80	5.41	1.77	1.02	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
					鉛直	6.1	2.04	2.99	2.04	2.99	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
14	MS	B22-F013P	主蒸気逃がし安全弁P	安全弁	水平	9.6	4.70	2.04	4.70	2.04	1.00	○	同上
					鉛直	6.1	2.04	2.99	2.04	2.99	1.00	○	同上
15	MS	B22-F013R	主蒸気逃がし安全弁R	安全弁	水平	9.6	5.41	1.77	5.41	1.77	1.00	○	同上
					鉛直	6.1	2.45	2.48	2.55	2.39	1.05	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
16	MS	B22-F013S	主蒸気逃がし安全弁S	安全弁	水平	9.6	4.80	2.00	4.90	1.95	1.03	○	同上
					鉛直	6.1	1.94	3.14	2.04	2.99	1.06	○	同上
17	MS	B22-F013U	主蒸気逃がし安全弁U	安全弁	水平	9.6	6.12	1.56	6.12	1.56	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.1	2.76	2.21	2.76	2.21	1.00	○	同上
18	MS	B22-F013V	主蒸気逃がし安全弁V	安全弁	水平	9.6	5.21	1.84	5.21	1.84	1.00	○	同上
					鉛直	6.1	1.94	3.14	1.94	3.14	1.00	○	同上

- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度に増加が認められないもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%以下のもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%を超えるもの（200Hzまで考慮した応答解析により，応答加速度の増加がないことを確認）。

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（5／10）

表5　弁の動的機能維持評価結果（3／8）

No	系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	機能確認済加速度	50Hz 評価用加速度	50Hz 裕度	100Hz 評価用加速度	100Hz 裕度	増加率（100Hz/50Hz）	評価	
19	MS	B22-F022A	主蒸気隔離弁第1弁A	空気作動グローブ弁	水平	10.0	6.33	1.57	6.33	1.57	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.2	5.51	1.12	5.51	1.12	1.00	○	同上
20	MS	B22-F022B	主蒸気隔離弁第1弁B	空気作動グローブ弁	水平	10.0	7.45	1.34	7.45	1.34	1.00	○	同上
					鉛直	6.2	5.51	1.12	5.51	1.12	1.00	○	同上
21	MS	B22-F022C	主蒸気隔離弁第1弁C	空気作動グローブ弁	水平	10.0	7.35	1.36	7.35	1.36	1.00	○	同上
					鉛直	6.2	5.41	1.14	5.41	1.14	1.00	○	同上
22	MS	B22-F022D	主蒸気隔離弁第1弁D	空気作動グローブ弁	水平	10.0	7.04	1.42	7.04	1.42	1.00	○	同上
					鉛直	6.2	5.41	1.14	5.41	1.14	1.00	○	同上
23	MS	B22-F028A	主蒸気隔離弁第2弁A	空気作動グローブ弁	水平	10.0	4.70	2.12	4.70	2.12	1.00	○	同上
					鉛直	6.2	3.98	1.55	3.98	1.55	1.00	○	同上
24	MS	B22-F028B	主蒸気隔離弁第2弁B	空気作動グローブ弁	水平	10.0	5.21	1.91	5.21	1.91	1.00	○	同上
					鉛直	6.2	3.88	1.59	3.88	1.59	1.00	○	同上
25	MS	B22-F028C	主蒸気隔離弁第2弁C	空気作動グローブ弁	水平	10.0	4.90	2.04	4.90	2.04	1.00	○	同上
					鉛直	6.2	3.78	1.64	3.78	1.64	1.00	○	同上
26	MS	B22-F028D	主蒸気隔離弁第2弁D	空気作動グローブ弁	水平	10.0	4.80	2.08	4.80	2.08	1.00	○	同上
					鉛直	6.2	3.57	1.73	3.68	1.68	1.04	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
27	FW	B22-F010A	原子炉給水逆止弁	逆止弁	水平	6.0	4.90	1.22	4.90	1.22	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.0	3.27	1.83	3.27	1.83	1.00	○	同上

- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度に増加が認められないもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%以下のもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%を超えるもの（200Hzまで考慮した応答解析により，応答加速度の増加がないことを確認）。

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（6／10）

表5　弁の動的機能維持評価結果（4／8）

No	系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	機能確認済加速度	50Hz 評価用加速度	50Hz 裕度	100Hz 評価用加速度	100Hz 裕度	増加率（100Hz/50Hz）	評価	
28	FW	B22-F010B	原子炉給水逆止弁	逆止弁	水平	6.0	4.59	1.30	4.70	1.27	1.03	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
					鉛直	6.0	3.06	1.96	3.17	1.89	1.04	○	同上
29	FW	B22-F032A	原子炉給水逆止弁	逆止弁	水平	6.0	3.98	1.50	3.98	1.50	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.0	1.31	4.58	3.37	1.78	2.58	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%を超えたため200Hzまで考慮した応答解析にて鉛直震度3.37に変更ないことを確認
30	FW	B22-F032B	原子炉給水逆止弁	逆止弁	水平	6.0	3.78	1.58	3.78	1.58	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.0	1.31	4.58	3.37	1.78	2.58	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%を超えたため200Hzまで考慮した応答解析にて鉛直震度3.37に変更ないことを確認
31	RHR	E12-F008	残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）	電動ゲート弁	水平	6.0	4.29	1.39	4.29	1.39	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.0	1.23	4.87	1.23	4.87	1.00	○	同上
32	RHR	E12-F009	残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）	電動ゲート弁	水平	6.0	3.37	1.78	3.37	1.78	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	4.19	1.43	4.19	1.43	1.00	○	同上
33	RHR	E12-F023	残留熱除去系ヘッドスプレイ隔離弁	電動グローブ弁	水平	6.0	2.35	2.55	2.35	2.55	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	2.04	2.94	2.15	2.79	1.06	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
34	RHR	E12-F024A	残留熱除去系A系テストライン弁	電動ゲート弁	水平	6.0	1.94	3.09	1.94	3.09	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.0	1.64	3.65	1.64	3.65	1.00	○	同上
35	RHR	E12-F024B	残留熱除去系B系テストライン弁	電動ゲート弁	水平	6.0	2.96	2.02	2.96	2.02	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.33	4.51	1.33	4.51	1.00	○	同上
36	RHR	E12-F027A	残留熱除去系A系サプレッション・プールスプレイ弁	電動ゲート弁	水平	6.0	1.64	3.65	1.64	3.65	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	4.80	1.25	4.80	1.25	1.00	○	同上

- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度に増加が認められないもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%以下のもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%を超えるもの（200Hzまで考慮した応答解析により，応答加速度の増加がないことを確認）。

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（7／10）

表5　弁の動的機能維持評価結果（5／8）

No	系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	機能確認済加速度	50Hz 評価用加速度	50Hz 裕度	100Hz 評価用加速度	100Hz 裕度	増加率（100Hz/50Hz）	評価	
37	RHR	E12-F027B	残留熱除去系B系サプレッション・プールスプレイ弁	電動ゲート弁	水平	6.0	3.17	1.89	3.17	1.89	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.0	2.05	2.92	2.05	2.92	1.00	○	同上
38	RHR	E12-F041A	残留熱除去系A系注入ラインテスト逆止弁	逆止弁	水平	6.0	4.19	1.43	4.19	1.43	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	2.76	2.17	2.76	2.17	1.00	○	同上
39	RHR	E12-F041B	残留熱除去系B系注入ラインテスト逆止弁	逆止弁	水平	6.0	5.00	1.20	5.00	1.20	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	3.17	1.89	3.17	1.89	1.00	○	同上
40	RHR	E12-F041C	残留熱除去系C系注入ラインテスト逆止弁	逆止弁	水平	6.0	4.39	1.36	4.39	1.36	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	2.15	2.79	2.15	2.79	1.00	○	同上
41	RHR	E12-F042A	残留熱除去系A系注入弁	電動ゲート弁	水平	6.0	2.25	2.66	2.25	2.66	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	4.90	1.22	4.90	1.22	1.00	○	同上
42	RHR	E12-F042B	残留熱除去系B系注入弁	電動ゲート弁	水平	6.0	2.05	2.92	2.05	2.92	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	4.19	1.43	4.19	1.43	1.00	○	同上
43	RHR	E12-F042C	残留熱除去系C系注入弁	電動ゲート弁	水平	6.0	1.94	3.09	1.94	3.09	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	4.70	1.27	4.70	1.27	1.00	○	同上
44	RHR	E12-F048A	残留熱除去系熱交換器Aバイパス弁	電動グローブ弁	水平	6.0	2.56	2.34	2.56	2.34	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.64	3.65	1.64	3.65	1.00	○	同上
45	RHR	E12-F048B	残留熱除去系熱交換器Bバイパス弁	電動グローブ弁	水平	6.0	3.07	1.95	3.07	1.95	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	0.72	8.33	0.72	8.33	1.00	○	同上

- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度に増加が認められないもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%以下のもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%を超えるもの（200Hzまで考慮した応答解析により，応答加速度の増加がないことを確認）。

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（8／10）

表5　弁の動的機能維持評価結果（6／8）

No	系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	機能確認済加速度	50Hz		100Hz		増加率（100Hz/50Hz）	評　価	
							評価用加速度	裕度	評価用加速度	裕度			
46	RHR	E12-F050A	残留熱除去系A系停止時冷却ラインテスト逆止弁	逆止弁	水平	6.0	5.82	1.03	5.82	1.03	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.0	2.15	2.79	2.15	2.79	1.00	○	同上
47	RHR	E12-F050B	残留熱除去系B系停止時冷却ラインテスト逆止弁	逆止弁	水平	6.0	3.57	1.68	3.57	1.68	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	2.04	2.94	2.04	2.94	1.00	○	同上
48	RHR	E12-F053A	残留熱除去系A系シャットダウン注入弁	電動グローブ弁	水平	6.0	1.34	4.47	1.34	4.47	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.01	5.94	1.01	5.94	1.00	○	同上
49	RHR	E12-F053B	残留熱除去系B系シャットダウン注入弁	電動グローブ弁	水平	6.0	5.62	1.06	5.62	1.06	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.43	4.19	1.43	4.19	1.00	○	同上
50	HPCS	E22-F004	高圧炉心スプレイ系注入弁	電動ゲート弁	水平	6.0	2.45	2.44	2.45	2.44	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	0.99	6.06	1.03	5.82	1.05	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
51	HPCS	E22-F005	高圧炉心スプレイ系テスタブル逆止弁	空気作動逆止弁	水平	6.0	2.76	2.17	2.86	2.09	1.04	○	同上
					鉛直	6.0	1.13	5.30	1.13	5.30	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
52	LPCS	E21-F005	低圧炉心スプレイ系注入弁	電動ゲート弁	水平	6.0	0.92	6.52	0.92	6.52	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.84	3.26	1.84	3.26	1.00	○	同上
53	LPCS	E21-F006	低圧炉心スプレイ系テスト逆止弁	空気作動逆止弁	水平	6.0	3.68	1.63	3.68	1.63	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	2.25	2.66	2.25	2.66	1.00	○	同上
54	RCIC	E51-F063	RCICタービン蒸気供給隔離弁	電動ゲート弁	水平	6.0	4.80	1.25	4.80	1.25	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	3.98	1.50	3.98	1.50	1.00	○	同上

- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度に増加が認められないもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%以下のもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%を超えるもの（200Hzまで考慮した応答解析により，応答加速度の増加がないことを確認）。

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（9／10）

表5　弁の動的機能維持評価結果（7／8）

No	系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	機能確認済加速度	50Hz 評価用加速度	50Hz 裕度	100Hz 評価用加速度	100Hz 裕度	増加率（100Hz/50Hz）	評価	
55	RCIC	E51-F064	RCICタービン蒸気供給隔離弁	電動ゲート弁	水平	6.0	1.43	4.19	1.54	3.89	1.08	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%以下を確認
					鉛直	6.0	3.17	1.89	3.17	1.89	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
56	RCIC	E51-F065	原子炉隔離時冷却系外側テスト逆止弁	逆止弁	水平	6.0	1.55	3.87	1.55	3.87	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.17	5.12	1.17	5.12	1.00	○	同上
57	RCIC	E51-F066	原子炉隔離時冷却系内側テスト逆止弁	逆止弁	水平	4.90	1.85	2.64	1.85	3.24	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	4.90	1.22	4.90	1.22	1.00	○	同上
58	CUW	G33-F001	原子炉冷却材浄化系内側隔離弁	電動ゲート弁	水平	6.0	4.90	1.22	4.90	1.22	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.94	3.09	1.94	3.09	1.00	○	同上
59	CUW	G33-F004	原子炉冷却材浄化系外側隔離弁	電動ゲート弁	水平	6.0	2.76	2.17	2.76	2.17	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.01	5.94	1.01	5.94	1.00	○	同上
60	HCU	C12-126	HCUスクラム弁（加圧・流入側）	空気作動グローブ弁	水平	6.0	1.29	4.65	1.29	4.65	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	0.98	6.12	0.98	6.12	1.00	○	同上
61	HCU	C12-127	HCUスクラム弁（排出側）	空気作動グローブ弁	水平	6.0	1.29	4.65	1.29	4.65	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	0.98	6.12	0.98	6.12	1.00	○	同上
62	FRVS	SB2-4A	FRVS・SGTS系入口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	3.47	1.72	3.47	1.72	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	3.78	1.58	3.78	1.58	1.00	○	同上
63	FRVS	SB2-4B	FRVS・SGTS系入口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	5.11	1.17	5.11	1.17	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	3.47	1.72	3.47	1.72	1.00	○	同上

- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度に増加が認められないもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%以下のもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%を超えるもの（200Hzまで考慮した応答解析により，応答加速度の増加がないことを確認）。

【論点11】 機器の動的機能維持評価（弁の高振動数領域の考慮）（10／10）

表5　弁の動的機能維持評価結果（8／8）

No	系統	弁番号	弁名称	弁型式	方向	機能確認済加速度	50Hz		100Hz		増加率（100Hz/50Hz）	評　価	
							評価用加速度	裕度	評価用加速度	裕度			
64	FRVS	SB2-5A	非常用ガス再循環系トレインA入口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	5.52	1.08	5.52	1.08	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
					鉛直	6.0	5.62	1.06	5.62	1.06	1.00	○	同上
65	FRVS	SB2-5B	非常用ガス再循環系トレインB入口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	2.15	2.79	2.45	2.44	1.14	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加率が10%を超えたため200Hzまで考慮した応答解析にて水平震度2.45
					鉛直	6.0	5.92	1.01	5.92	1.01	1.00	○	①100Hzまで考慮しても機能維持加速度以下を確認 ②100Hzにおける応答増加なし
66	FRVS	SB2-7A	非常用ガス再循環系トレインA出口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	1.40	4.28	1.40	4.28	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.00	6.00	1.00	6.00	1.00	○	同上
67	FRVS	SB2-7B	非常用ガス再循環系トレインB出口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	1.40	4.28	1.40	4.28	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.00	6.00	1.00	6.00	1.00	○	同上
68	FRVS	SB2-13A	非常用ガス再循環系循環ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	2.55	2.35	2.55	2.35	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	4.39	1.36	4.39	1.36	1.00	○	同上
69	FRVS	SB2-13B	非常用ガス再循環系循環ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	4.29	1.39	4.29	1.39	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	4.59	1.30	4.59	1.30	1.00	○	同上
70	SGTS	SB2-9B	非常用ガス処理系トレインB入口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	1.40	4.28	1.40	4.28	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.00	6.00	1.00	6.00	1.00	○	同上
71	SGTS	SB2-9A	非常用ガス処理系トレインA入口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	1.40	4.28	1.40	4.28	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.00	6.00	1.00	6.00	1.00	○	同上
72	SGTS	SB2-11B	非常用ガス処理系トレインB出口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	1.94	3.09	1.94	3.09	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.44	4.16	1.44	4.16	1.00	○	同上
73	SGTS	SB2-11A	非常用ガス処理系トレインA出口ダンパ	空気作動バタフライ弁	水平	6.0	1.94	3.09	1.94	3.09	1.00	○	同上
					鉛直	6.0	1.44	4.16	1.44	4.16	1.00	○	同上

- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度に増加が認められないもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%以下のもの。
- 50Hzまで考慮した応答加速度に対して，100Hzまで考慮した応答加速度の増加率が10%を超えるもの（200Hzまで考慮した応答解析により，応答加速度の増加がないことを確認）。

【論点15】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮（1／7）

＜本論点の経緯＞

第562回審査会合（平成30年4月5日）において，重大事故等時に重要事故シーケンスで想定される動荷重を抽出した。また，同審査会合において，下記②に示すコメントがあり，第588回審査会合にて追加のコメントを受けている。これらの動荷重については，設計基準事故時に想定された荷重とは異なる可能性があることから，SA時に発生する動荷重による原子炉格納容器の健全性への影響を確認した結果を説明する。

＜コメント＞

①設計基準事故時の動荷重に包絡されること等の確認結果を示す。

②DBA及びSA時のPCV動荷重を決定する要素について，定量的に説明すること。

・シーケンスによっては動作する弁数や作用する圧力も異なることから，各々の動荷重について丁寧に説明すること。

・動荷重については設計で元々どういう荷重で評価しているのか(既設の設計裕度)，元々の設計の考え方から追って，許容値の包絡性を説明すること。

＜回答＞

1. 動荷重が生じる事象及びSA時に生じる動荷重の整理

炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価におけるシーケンス（以下「重要事故シーケンス等という。）において，動荷重が生じる事象を抽出した。

(1) 逃がし安全弁の作動に伴うサプレッション・チェンバへの蒸気等の放出

(2) 原子炉冷却材喪失時のブローダウン過程における蒸気等の放出

(3) 高温の炉心（溶融デブリを含む）と水との接触に伴う蒸気等のサプレッション・チェンバへの移行

(4) 格納容器ベント時の蒸気等のサプレッション・チェンバへの移行及びサプレッション・プール水の減圧沸騰

上記事象において，想定される動荷重は以下のとおり（図1）。

(1)：原子炉圧力容器からサプレッション・チェンバへ蒸気等が流入する際に生じる動荷重

(2)～(4)：ドライウェルからサプレッション・チェンバへ蒸気等が流入する際に生じる動荷重

- (2)，(3)は原子炉圧力容器からドライウェルに放出された蒸気またはドライウェル内で発生した蒸気がベント管を通じて，サプレッション・チェンバへ蒸気等が移行
- (4)はサプレッション・チェンバから圧力を逃すことにより，ドライウェルとサプレッション・チェンバとの差圧によって，ドライウェル内の蒸気等が流入。また，減圧によりサプレッション・チェンバ内のプール水が飽和温度に達し沸騰。

これらの想定される動荷重が設計基準事故時で生じる逃がし安全弁作動，原子炉冷却材喪失事故と重大事故等時のパラメータ等を比較し，包絡できることを確認する。

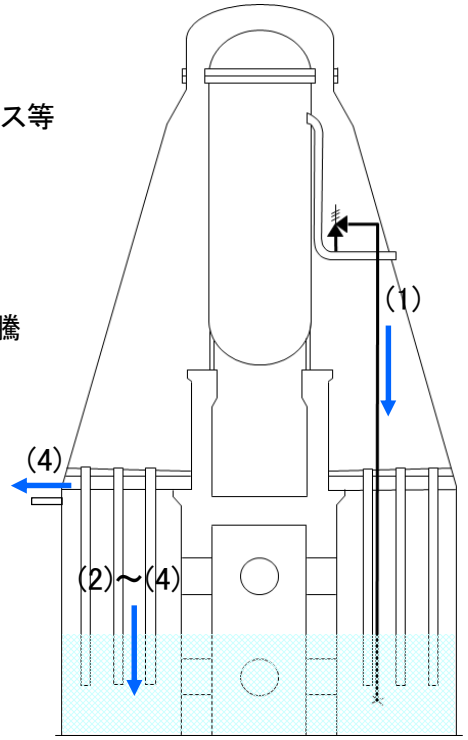


図1　重大事故時の蒸気等の流れ

【参考】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮

第588回審査会合資料
資料2-1再掲
一部削除

SA時に検討すべき動荷重

重要事故シーケンス等において，設計基準事故時で考慮されていない動荷重を抽出した（表1）。

設計基準事故で考慮されていない，または現象が異なる動荷重は，以下のとおりであり，その影響確認方法を示す。

(1) 逃がし安全弁作動

- 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱（DCH）の発生防止のための逃がし安全弁作動時に原子炉圧力容器からサプレッション・チェンバへ放出される蒸気が過熱蒸気となることから設計基準事故時（飽和蒸気）と性状が異なるため，逃がし安全弁作動直後の短期的な影響及び原子炉圧力容器減圧後の長期的な影響を有効性評価のパラメータ及び既往の試験結果から確認する

(2) 原子炉冷却材喪失事故（LOCA）

- 設計基準事故時で想定している再循環系配管両端破断は，重要事故シーケンス等も同じであるため，設計基準事故時と同等以下であることを確認した

(3) 原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（FCI）

- 高温の炉心（デブリを含む）と水との接触に伴う圧力上昇に伴い，サプレッション・チェンバへドライウェル内の非凝縮性ガス等が流入するため，LOCA時のパラメータを確認し，動荷重への影響を確認する

(4) 格納容器ベント（格納容器過圧・過温破損）

- ベント時にサプレッション・チェンバが減圧することによりドライウェルからサプレッション・チェンバへ蒸気が流入するため，LOCA時のパラメータを確認し，動荷重への影響を確認する
- ベントによる減圧によって，プール水の減圧沸騰が生じる恐れがあることから，有効性評価のパラメータからその影響を確認する
- 長期的な影響として，ドライウェルから流入する蒸気が少なくなった場合の影響を既往の試験結果から確認する

表1　重大事故等に想定される動荷重

重要事故シーケンス等	動荷重			
	逃がし安全弁※1	LOCA※2	FCI※3	ベント※4
高圧・低圧注水機能喪失（給水喪失）	○			●
高圧注水・減圧機能喪失（給水喪失）	○			
全交流動力電源喪失（SBO）	○			
崩壊熱除去機能喪失（取水機能喪失）	○			
崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系機能喪失）	○			●
原子炉停止機能喪失（ATWS）	○			
原子炉冷却材喪失事故時（LOCA）注水機能喪失（中小破断）	○	○		●
格納容器バイパス（残留熱除去系配管破断）	○			
雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）		○		●※
水素燃焼		○		●
高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱（DCH）	●※		●	
原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（FCI）	●		●※	
溶融炉心・コンクリート相互作用（MCCI）	●		●	

○：設計基準事故時に想定される動荷重と同等以下
●：設計基準事故時に考慮されていないもの
●※：設計基準事故時に考慮されていないもののうち，動荷重評価で代表するシーケンス
※1：前頁(1)の動荷重：FCIとMCCIはDCHと同じシーケンスであり，DCHで評価
※2：前頁(2)の動荷重
※3：前頁(3)の動荷重：DCHとMCCIはFCIと同じシーケンスであり，FCIで評価
※4：前頁(4)の動荷重：給水喪失，残留熱除去系機能喪失及び中小破断は格納容器過圧・過温破損に包絡され，水素燃焼は格納容器過圧・過温と同じシーケンスであり，格納容器過圧・過温破損で評価

【論点15】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮（2／7）

2. SA時に生じる動荷重のうち逃がし安全弁作動時と同等以下となる重要事故シーケンス等

表1で示す重要事故シーケンスのうち逃がし安全弁による動荷重は設計基準事故時の評価条件を超えるパラメータがあるものの，以下の観点から設計基準事故時に生じる動荷重と同等以下となることを説明。

➢設計基準事故時の評価条件を超える重要事故シーケンス等

- 動荷重に影響するパラメータとしてプール水温，逃がし安全弁作動時の原子炉圧力，逃がし安全弁作動時の弁数があり，それぞれ以下の重要事故シーケンスにおけるパラメータで最大となり，設計基準事故時の評価条件を超える。これらの重要事故シーケンスが設計基準事故時に生じる動荷重と同等以下となることを確認する。

  全交流電源喪失　　：プール水温

  原子炉停止機能喪失：逃がし安全弁作動時の弁数，逃がし安全弁作動時の原子炉圧力

➢ プール水温による影響

- プール水温が設計基準事故時（約□℃）を超過する100 ℃以上（最大約119 ℃）となるが既往の試験結果から不安定な凝縮が生じないことを確認（図2）
- 蒸気の不安定凝縮が生じなければ，既往の試験より原子炉格納容器の設計条件としている非凝縮性ガスによる気泡脈動の動荷重に包絡される（図3）

図2　蒸気凝縮時の圧力振幅とプール水温の関係

出典：“MARK-Ⅰ型格納容器の動荷重評価について”

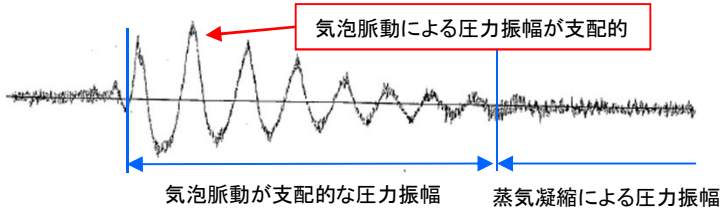


図3　東二実機試験時の逃がし安全弁作動時の圧力振幅

【論点15】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮（3／7）

➢逃がし安全弁作動時の弁数

- 逃がし安全弁の全弁（18弁）が同時に作動し，設計基準事故時に想定している最大17弁を超える
- 既往の試験結果より単弁作動時と多弁作動時で圧力振幅に有意な差はないことが確認されている（図4）

➢逃がし安全弁作動時の原子炉圧力の影響

- 原子炉圧力が最大8.19 MPaとなり，過大圧力（約9.31 MPa）を下回るものの，逃がし安全弁の動荷重の設計条件としている東海第二での実機試験の試験条件を超える原子炉圧力となる
- 他の既往の試験結果から，不安定な凝縮が生じないことを確認（図5）

以上のことから，逃がし安全弁作動時の動荷重は不安定な凝縮を生じないこと，多弁作動による動荷重の増大が生じないことから，既往の試験で得られた気泡脈動による動荷重の最大値としている設計基準事故時の動荷重を超えることはなく，重大事故等時においても原子炉格納容器への健全性に影響はない

図4　蒸気凝縮時の圧力振幅とプール水温の関係

出典：“東海第二発電所主蒸気逃がし安全弁実機試験報告書”

図5　逃がし安全弁蒸気凝縮に作用する動荷重

出典：NEDE-21061 “MARK II Containment Dynamic Forcing Functions Information Report”に加筆

【論点15】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮（4／7）

3. SA時に生じる動荷重の評価（設計基準事故時に考慮されていないもの）

◆高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱（DCH）

DCH発生防止のための逃がし安全弁作動時は，原子炉圧力容器内で発生する蒸気が，露出した燃料からの放熱により過熱蒸気となりサプレッション・プールに流入するため，この場合の動荷重について検討※。

※過熱蒸気又は飽和蒸気に係わらず，単位面積あたりのエネルギ（エネルギ流束）が同等であれば，プール水内での凝縮挙動は同等と考えられるため，有効性評価のDCHシーケンスにおける解析結果等を基に過熱蒸気のエネルギ流束を算出し，既往の試験結果（図6）から不安定凝縮の発生の有無を確認

➢ 逃がし安全弁作動時の影響

- 逃がし安全弁作動時（短期）のエネルギ流束（約2704MJ/s/m^2）とプール水温（57℃），逃がし安全弁作動時（長期）のエネルギ流束（約31.5MJ/s/m^2）とプール水温（79℃）の場合ともに，既往の試験結果（図6）から不安定な蒸気凝縮が生じないことを確認

➢ 気泡脈動による動荷重との比較

- DCH発生防止のための逃がし安全弁作動時は，短期長期共に不安定な蒸気凝縮が生じていない
- 東二実証試験により，蒸気凝縮よりも気泡脈動による動荷重の方が厳しい結果になること（図7），気泡脈動による動荷重発生時においても原子炉格納容器の健全性は確認されていることを確認している
- 以上より，DCH発生防止のための逃がし安全弁作動時の動荷重による，原子炉格納容器の健全性への影響はない

表1　逃がし安全弁作動時のパラメータ

パラメータ	逃がし安全弁作動時（短期）	逃がし安全弁作動後（長期）
原子炉圧力容器圧力[MPa]	7.79	0.13
蒸気温度[℃]	332	586
蒸気の比エンタルピ[kJ/kg]		
排気管の流路断面積[m^2]		
蒸気流束[kg/s/m^2]		
サプレッション・チェンバへの流入エネルギ流束[MJ/s/m^2]		

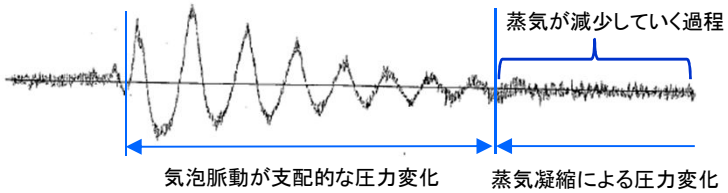


図7　東二実機試験時の逃がし安全弁作動時の圧力振動

図6　逃がし安全弁蒸気凝縮に作用する動荷重

出典：NEDE-21061 “MARK II Containment Dynamic Forcing Functions Information Report”に加筆

【参考】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮

◆ 原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（FCI）

FCI時にドライウェルからサプレッション・チェンバへ流入する流体は，ベント管内の水，ドライウェル内の非凝縮性ガス及び蒸気により，動荷重が発生する。有効性評価の解析結果を基に蒸気流量及び流束を算出し，LOCA時に包絡されることから，設計基準事故時の動荷重と同等以下であることを確認した（表2）。

◆ 格納容器ベント

ドライウェルからサプレッション・チェンバへ流入する流体による影響及び減圧沸騰による影響を評価し，設計基準事故時の動荷重と同等以下であることを確認した。

- 格納容器ベント時にドライウェルからサプレッション・チェンバへの流体の移行量を算出し，LOCA時に包絡されることを確認した（表2）
- 減圧沸騰は，プール水が飽和状態となり急速減圧する際に生じる。
  有効性評価結果から格納容器ベントによる減圧時においては，サブクール度が0℃以上であり，サブクール度が0℃に到達する際はサプレッション・チェンバの減圧は静定しており，急速減圧しないため，減圧沸騰は生じない（図2）。
- 格納容器ベント後長期的にはサプレッション・チェンバ内でチャギングによる動荷重の影響が考えられる。既往の試験結果＊では，大振幅のチャギング荷重は蒸気流束が[redacted]kg/s/m^2，プール水温[redacted]℃以下で確認されており，格納容器ベント後長期ではプール水温は100℃以上，ベント管内の蒸気流束は約[redacted]kg/s/m^{2}以下に減少しているため，長期的な動荷重として影響はない（図2）。

＊：日本原子力研究所：格納容器圧力系信頼性実証試験

表2　サプレッション・チェンバへの水等の移行量

事象	水移行量の最大値（上段：[kg/s]，下段[kg/s/m^2]）	ガス移行量の最大値（上段：[kg/s]，下段[kg/s/m^2]）	蒸気移行量の最大値（上段：[kg/s]，下段[kg/s/m^2]）
LOCA時のブローダウン過程における高温水・蒸気の放出（格納容器過圧・過温破損）	[redacted]		
原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（FCI）			
格納容器ベント時（格納容器過圧・過温破損）			

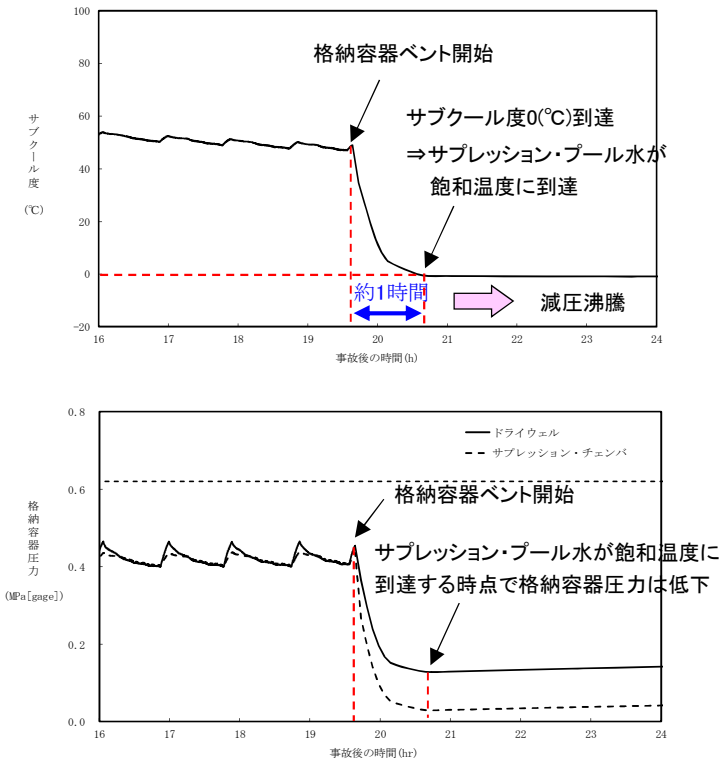


図2　ベント時のプール水のサブクール度及び原子炉格納容器圧力の推移

【論点15】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮（5／7）

4. SA時に生じる動荷重を考慮した強度・耐震評価

◆SA時の荷重の組合せの条件について

DBの荷重の組合せの考え方（次頁参照）と同様に，表2のとおりSAの荷重の組合せを設定

SAの荷重の組合せにおいて動荷重を考慮する場合，当該動荷重が最も厳しい重要事故シーケンス等を選択し，当該重要事故シーケンス等における動荷重及び動荷重が発生するタイミングにおける最大の原子炉格納容器圧力を条件として設定

表2 原子炉格納容器本体の荷重の組合せの条件

	荷重の組合せ	重要事故シーケンス等	荷重の組合せの考え方
SA1 （短期）	死荷重 ＋限界圧力（620 kPa）	なし	限界温度，圧力（200℃，2Pd）を考慮する。
SA2 （短期）	死荷重 ＋ATWS時（200 kPa） ＋SRV作動時	原子炉停止機能喪失 包絡される重要事故シーケンス等：高圧注水・低圧機能喪失，高圧注水・減圧機能喪失，全交流動力電源喪失，崩壊熱除去機能喪失（取水機能喪失），崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系機能喪失），格納容器バイパス，高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱，原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用，溶融炉心・コンクリート相互作用	原子炉停止機能喪失シーケンスでは，事故発生後短期で原子炉格納容器圧力が上昇するとともに，逃がし安全弁作動時の動荷重が発生する
SA2’ （短期）	死荷重 ＋中小破断LOCA時（25 kPa） ＋SRV作動時 ＋チャギング	LOCA時注水機能喪失（中小破断）	LOCA時注水機能喪失（中小破断）シーケンスでは，チャギングが生じている状況で，逃がし安全弁作動による動荷重が重畳する
SA3 （短期）	死荷重 ＋最大圧力（465 kPa） ＋チャギング（LOCA）	格納容器過圧・過温破損 包絡される重要事故シーケンス等：水素燃焼	格納容器過圧・過温破損（大破断LOCA）では，チャギングが長期間継続するため，当該シーケンスにおける最大の原子炉格納容器圧力を考慮する
SA4 （短期）	死荷重 ＋最大圧力（465 kPa） ＋チャギング（FCI）	原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（FCI） 包絡される重要事故シーケンス等：高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱，溶融炉心・コンクリート相互作用	原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（FCI）では，原子炉圧力容器破損後に大量に発生する蒸気がサプレッション・プールに流入することで動荷重が発生するため，その際の最大の原子炉格納容器圧力を考慮する
SA5 （短期）	死荷重 ＋最大圧力（465 kPa） ＋チャギング（ベント）	格納容器過圧・過温破損 包絡される重要事故シーケンス等：高圧・低圧注水機能喪失（給水喪失），崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系機能喪失），LOCA時注水機能喪失（中小破断），水素燃焼	格納容器過圧・過温破損では，格納容器圧力が高い状態で格納容器ベントを実施するため，格納容器ベントによる動荷重とその際の最大の原子炉格納容器圧力を考慮する
SA6 （長期 (L)）	死荷重 ＋最大圧力（465 kPa） ＋S_d	なし	事故後1×10^{-2}年（3.65日）内の原子炉格納容器圧力の最大値と弾性設計用地震動Sdを組み合わせる。SA(L)の状況では原子炉圧力容器は既に減圧されており，逃がし安全弁作動時の荷重は重畳しない
SA7 （長期 (L)）	死荷重 ＋SA(L)圧力（310 kPa） ＋チャギング ＋S_d	格納容器過圧・過温破損 包絡される重要事故シーケンス等：高圧・低圧注水機能喪失（給水喪失），崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系機能喪失），LOCA時注水機能喪失（中小破断），水素燃焼	格納容器過圧・過温破損では，チャギングが長期間継続するため，事故後3.65日後の原子炉格納容器圧力と弾性設計用地震動Sdを組み合わせる。
SA8 （長期 (LL)）	死荷重 ＋SA(LL)圧力（200 kPa） ＋S_s	なし	事故後2×10^{-1}年（73日）後の原子炉格納容器圧力と基準地震動Ssを組み合わせる

【論点15】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮（6／7）

◆荷重の組合せのケースの考え方

表2で示したSA時の荷重の組合せケースは設計基準対処施設としての荷重の組合せを踏まえて設定（表3）。SA時の荷重の組合せケースは，設計基準対処施設の組合せケースを網羅。

表3　荷重の組合せケース対比表

設計基準対処施設	重大事故等対処設備
最高使用圧力1 Pd（310 kPa）	限界圧力2 Pd（620 kPa）
運転圧力＋逃がし安全弁作動	ATWS時の圧力（200 kPa）＋逃がし安全弁作動
運転圧力＋LOCA時（プールスウェル）	事故時最大圧力（465 kPa）＋チャギング
事故時圧力＋蒸気凝縮	
事故時圧力＋チャギング	
運転圧力＋S_d	SA（L）圧力（310 kPa）＋S_d
運転圧力＋S_S	SA（LL）圧力（200 kPa）＋S_S
運転圧力＋逃がし安全弁作動＋S_d	SRV作動は短期の事象であるため，組み合わせない
運転圧力＋逃がし安全弁作動＋S_S	
事故時圧力＋S_d	事故時最大圧力（465 kPa）＋S_d
―	中小破断時の圧力（25 kPa）＋逃がし安全弁作動＋チャギング
―	SA（L）圧力（310 kPa）＋S_d＋チャギング

【論点15】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮（7／7）

◆重大事故等時の荷重の考慮した強度・耐震評価結果

全てのSA時の荷重の組合せケースについて，原子炉格納容器本体に生じる応力を算出し，許容応力に対する裕度を確認（表4）。全ての組合せに対して許容応力以下であり，重大事故等時において原子炉格納容器の健全性が維持されることを確認。

表4　原子炉格納容器本体の強度評価結果

No.	荷重の組合せ	発生応力（MPa）※1	許容応力（MPa）	裕度
SA1	死荷重 ＋限界圧力（620 kPa）	[redacted]	281※2	[redacted]
SA2	死荷重 ＋ATWS時（200 kPa） ＋SRV作動時	[redacted]	281※2	[redacted]
SA2’	死荷重 ＋中小破断LOCA（25 kPa） ＋SRV作動時 ＋チャギング	[redacted]	281※2	[redacted]
SA3	死荷重 ＋最大圧力（465 kPa） ＋チャギング（LOCA）	[redacted]	281※2	[redacted]
SA4	死荷重 ＋最大圧力（465 kPa） ＋チャギング（FCI）	－	281※2	－
SA5	死荷重 ＋最大圧力（465 kPa） ＋チャギング（ベント）	－	281※2	－
SA6	死荷重 ＋最大圧力（465 kPa） ＋S_d	[redacted]	253※3	[redacted]
SA7	死荷重 ＋SA(L)圧力（310 kPa） ＋チャギング ＋S_d	[redacted]	253※3	[redacted]
SA8	死荷重 ＋SA(LL)圧力（200 kPa） ＋S_s	[redacted]	254※3	[redacted]

※1：動荷重は簡易評価にて実施
※2：許容応力状態V_AとしてのⅣ$_A$許容限界を用いる。（限界温度（200 ℃）における許容値）
※3：許容応力状態V_ASとしてのⅣ$_A$S許容限界を用いる。（SA(L)（171℃），SA(LL)（150℃）における評価温度）

◆重大事故等時の荷重の代表性

表4で示すようにSA時のPCV荷重としては，限界圧力との組み合わせ（SA1）が最も厳しい値。なお，チャギングとの荷重の組合せ（SA3）の裕度が小さいが，以下のような保守性あり。

- チャギングによる動荷重は，既往の試験結果＊より大振幅となる条件（蒸気流束[redacted] kg/s/m^2，プール水温[redacted]℃以下）が確認されており，原子炉格納容器に最大圧力が生じる状況ではプール水温は100℃以上，蒸気流束は約[redacted] kg/s/m^{2}以下に減少しているため，大振幅が発生する領域に無く，裕度は確保されている。

以上より，重大事故等時に生じる荷重としては，限界圧力との組合せ（SA1）の裕度が最も小さくなることを確認。

＊：日本原子力研究所：格納容器圧力系信頼性実証試験

◆重大事故等時の原子炉格納容器の健全性確認

表4で示すように動荷重を考慮した強度・耐震評価を実施し，原子炉格納容器の健全性を確認。なお，動荷重を考慮しても限界圧力による荷重に包絡されるが，重大事故時として原子炉格納容器の健全性は，動荷重を考慮し，今後，詳細な評価にて確認する。

東海第二発電所

ブローアウトパネル及び関連設備の工事計画認可申請に係る論点整理について（コメント回答）

平成30年6月29日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち，□は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

【論点17】 ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法（1／3）

＜コメント＞

①開放試験については，パネルが躯体から外れて落下していることを確認すること

＜回　答＞

（1）実機モックアップ試験結果（2回目：再現確認）（6月15日）

・前回6/9実施と同条件にて油圧ジャッキによる開放試験を実施し，設計差圧 6.9kPa以下の荷重（最大荷重[　]kN （差圧[　]kPa相当））でパネルが開放することを確認

・1回目実績（最大荷重[　]kN（差圧[　]kPa相当））

開放試験前の状況

パネル開放状況

パネル開放状況（パネル下部）

開放試験２回目（6/15実施）

[　]

開放時荷重　（kN）

項目	最大値	判定※
1回目	[　]	○
2回目	[　]	○

※　Sd相当荷重にて開放せず，6.9kPa相当の荷重（約105.8kN）以下で開放すること。

クリップは，変位約12mmで脱落するため，最初の荷重のピークが現れる。2度目の荷重のピークは，コーキングと摩擦力の荷重によるもの。

【参考】実機モックアップ試験結果（第1回目）（平成30年6月14日　第588回　審査会合にてご説明）

（1）実機大モデルの固有振動数測定結果（6月9日）
・ブローアウトパネルの1次固有振動数は約25Hz，2次固有振動数は約50Hz （ブローアウトパネルは剛構造）

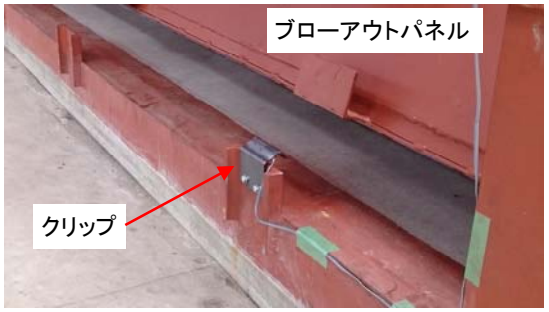
（2）実機モックアップ試験結果（1回目　6月9日）
・油圧ジャッキによる開放試験を実施し，設計差圧 6.9kPa以下の荷重（最大荷重□kN（差圧□kPa相当））でパネルが開放することを確認

（3）Sdで開放しないことの確認
・設置位置のSd相当荷重（約□kN）にて開放しないことを確認

開放試験前の状況

コーキング施工状況（パネル下部）

パネル開放状況



クリップ開放状況（パネル下部）

【論点17】(参考) ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法(3／3)

【状況】

◆ 6月9日に第1回目の開放試験実施
- 振動計測の結果，1次固有値約25Hz，2次固有値は約50Hzでブローアウトパネルは剛構造であることを確認
- Sd相当荷重では開放しないことを確認
- 設計条件(クリップ数10個)で6.9kPa以下の荷重(最大荷重[redacted]kN([redacted]kPa相当)で開放することを確認

◆ 6月15日に第2回目の開放試験実施(1回目と同条件にて再現の確認)最大荷重[redacted]kN(差圧[redacted]kPa相当))でパネルが開放することを確認

試験目的	試験項目	1月 上	1月 下	2月 上	2月 下	3月 上	3月 下	4月 上	4月 下	5月 上	5月 下	6月 上	6月 下
・ブローアウトパネルが設計圧力(6.9kPa以下)で開放すること ・規定圧力(Sd地震相当の荷重)では開放しないこと	要素試験	試験計画策定			試験体作製 試験装置作製		クリップ要素試験	結果説明▼	追加試験片準備(コメント反映)	クリップ試験 (幅80mm，30個) (5/21～5/27)	追加クリップ試験 (幅100mm，30個) (6/1～6/12)	結果説明▽	
	実機大 モックアップ試験	試験計画策定・資機材準備							実機大試験体作製		開放試験 ▲1体目(6/9) 2体目(6/15)▲		

BOP型枠(3体分)

BOP本体(3体分)

【論点19】 MCCI／FCI対策に係る設計（1／1）

<本論点の経緯> RPV破損時のペデスタル内水位を1mに維持するため，導入管及びスリット形状の排水ラインにより，流入水が確実に排水できることをモックアップ試験にて確認する。また，設置許可における排水時間評価の妥当性を確認する。

<コ メ ン ト> 導入管カバーを考慮した試験も含め，モックアップ試験の結果について示すこと。

< 回 答 > 追加で実施したモックアップ試験（導入管カバーを設置し含む）について，その内容と評価結果を示す。

1．試験概要

5月に実施したモックアップ装置に，導入管カバーを追設し排水時間を確認した。設置概要を図1，導入管カバーを図2に示す。

2．試験結果

図3に示すように導入管カバーの有無で排出時間の相違はなく，圧損への影響がないことを確認した。 また，試験結果による設置許可補正時との相違について表1に示す。以上の結果より導入管及びスリット形状の排水ラインの排水機能・排水時間に問題ない。

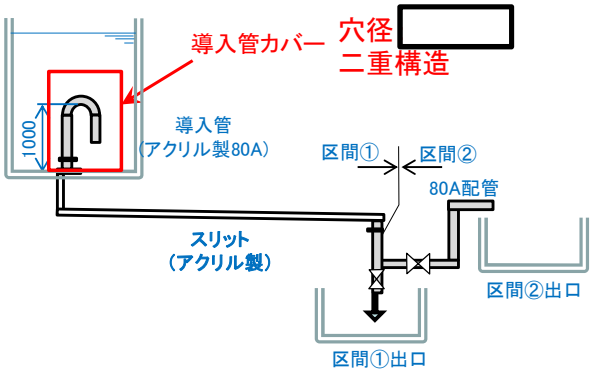


図1 ペデスタル排水系概要

図2 導入管カバー

図3 導入管カバー試験結果

表1 設置許可時と試験結果との相違について

相 違	設置許可補正時	試験結果	評 価
圧損係数［m/(m³/h)］			圧損係数は増加したが，制限時間に排水可能であることから問題はない。
ボトムドレンLOCA時の排水時間［時間］	1.3 (2.3)※	1.5 (2.6)※	排水制限時間（2.7時間）以内に排水可能であることから問題ない。 ※格納容器床ドレン系のみでの排水時間。
水位5cmの排水時間［分］	5	6	注水操作開始から排水弁閉までの時間は全体で約30分となる。 炉心損傷後のペデスタル注水開始からRPV破損までの約1.8時間に対し，十分な余裕をもって対応できる。

1. 実機評価の考え方

試験結果を踏まえた実機評価の考え方を以下に示す。

- 排水ラインの圧損は，モックアップ試験結果及び机上評価により確認する。
- 流路としての実績，圧損評価実績のないスリットは，導入管と共に実機寸法を模擬したモックアップ試験により圧損を確認する（導入管～スリット（紫線）に加え，試験装置のスリット出口配管～排出弁（水色線）までの圧損）。
- 評価実績のある通常の鋼管，弁で構成される下流配管については，実機配管ルート計画を踏まえた机上評価により確認する。
- 経路全体の圧損を確認し，ペデスタルからの排水時間の評価に適用する。

表2－1　実機評価に用いる圧損係数

評価部位	圧損係数	圧損
導入管入口～スリット出口	試験での評価結果	圧損計算式※
スリット出口～ベント管入口	机上計算（文献）	

注※：日本機械学会編，機械工学便覧

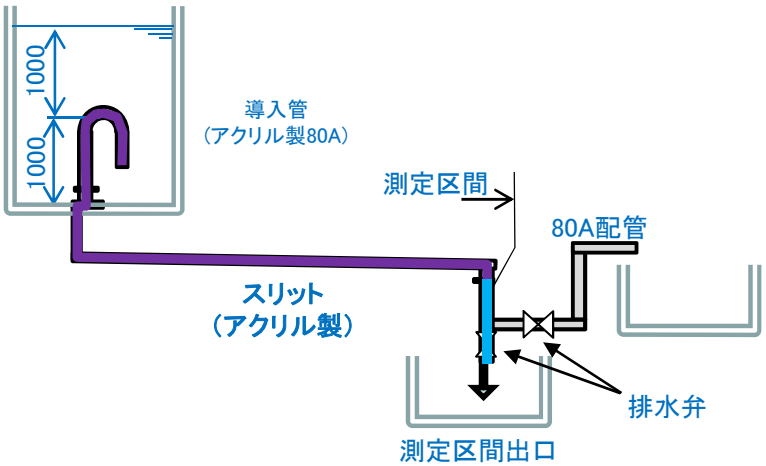


図1－1　試験での圧損評価部位

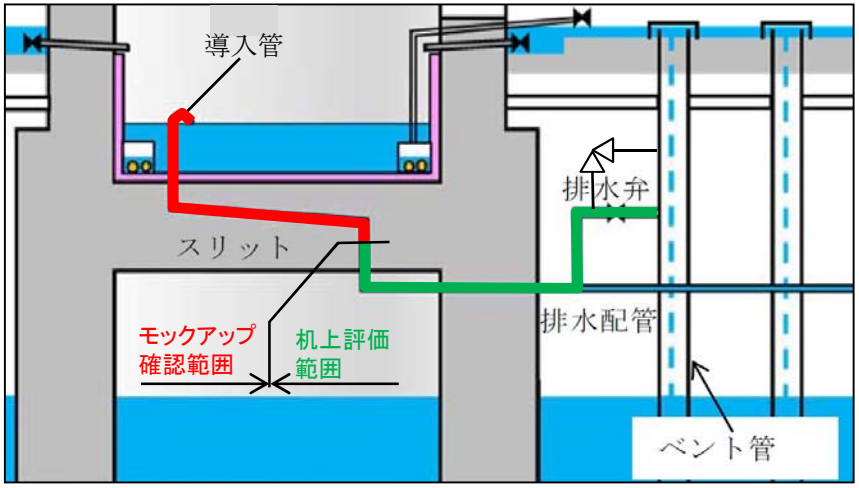


図1－2　ペデスタル排水ラインイメージ

2. 排水時間の評価結果

排水試験においては，流動性の向上を図るため導水管のベント穴形状や位置，導水管／スリット接続部の形状を決定した。

形状確定後の試験結果をもとに，実機体系における排水時間を評価した結果を図3－2に示す。床ドレンと機器ドレンの両流路を考慮した場合の排水時間は約1.5時間，また床ドレン流路のみを考慮した場合の排水時間も約2.6時間となり，以下の判断基準を満足することを確認した。

ボトムドレンLOCA時にペデスタル内が満水（人通口開口部下端まで）になった際，RPV破損までの間（約2.7時間）に，ドレン流路からの排水によりペデスタル水位1mまでの排水が可能なこと。

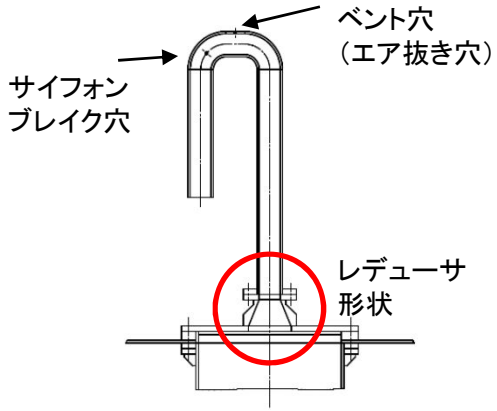
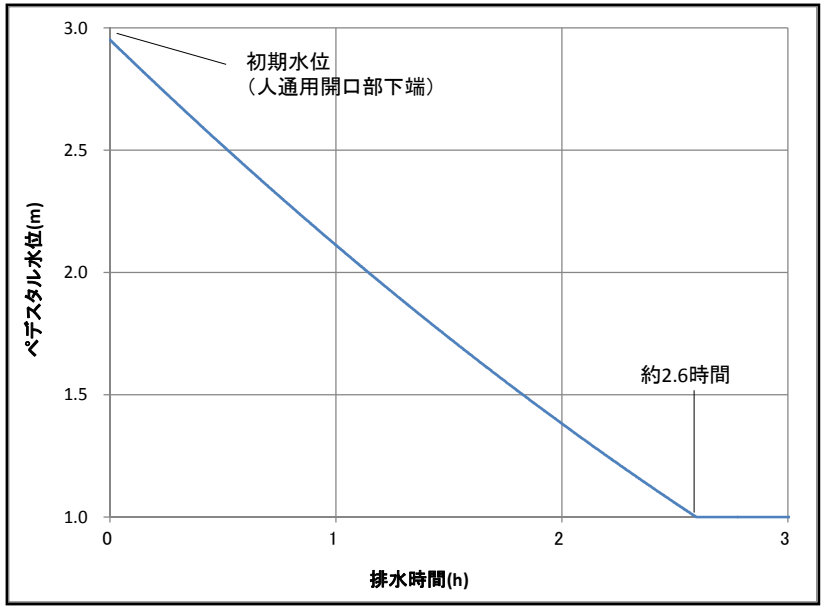
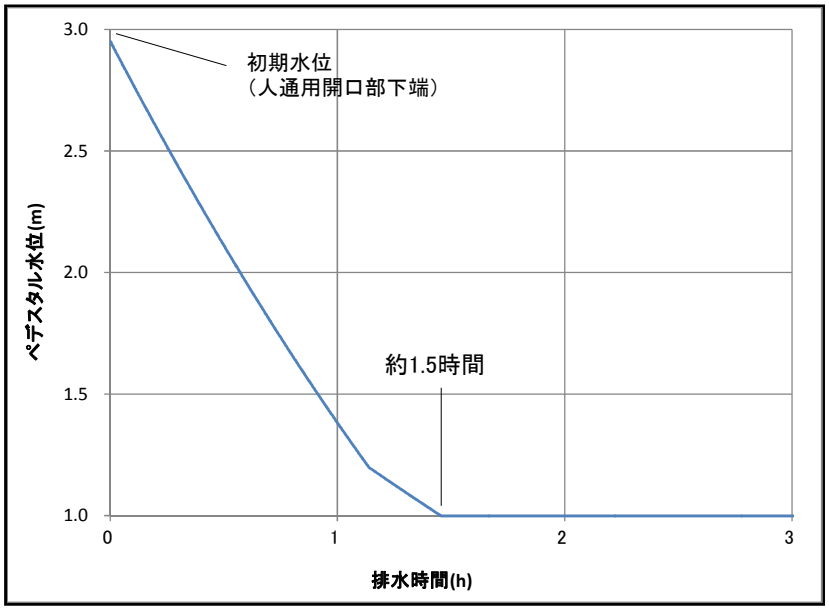


図2－1　導水管の形状

この排水評価を用い，排水弁の自動閉止時間（水位1.05mから1.0mまでの時間）を約6分と設定する。（この場合，注水操作開始から排水弁の閉まで約30分となる。炉心損傷後のペデスタル注水開始からRPV破損までの約1.8時間（事象進展の早い大破断LOCA時）に対して十分な余裕を確保しての対応が可能。）



（a）床ドレン流路のみを考慮した場合



（b）床ドレン及び機器ドレン流路を考慮した場合

図2－2　実機排水時間評価

3. 異物を考慮した試験結果

異物を考慮した試験結果及び流動状況を図3－1，図3－2に示す。図3－1より，スラッジの有無によって排水時間に相違は無く，圧損への影響がないことを確認した。

また，図3－2より，排水中にスラッジはスリットを通過し，スリット内には滞留しないことを確認した。

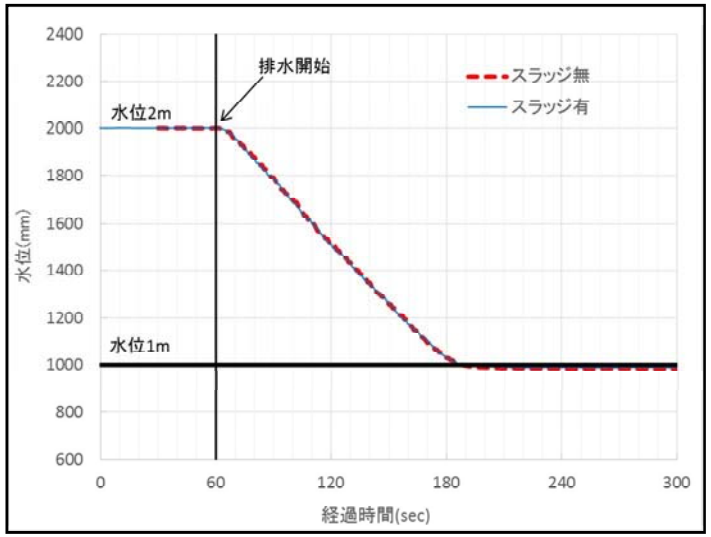


図3－1　スラッジ有無条件での試験結果（水位と時間の関係）

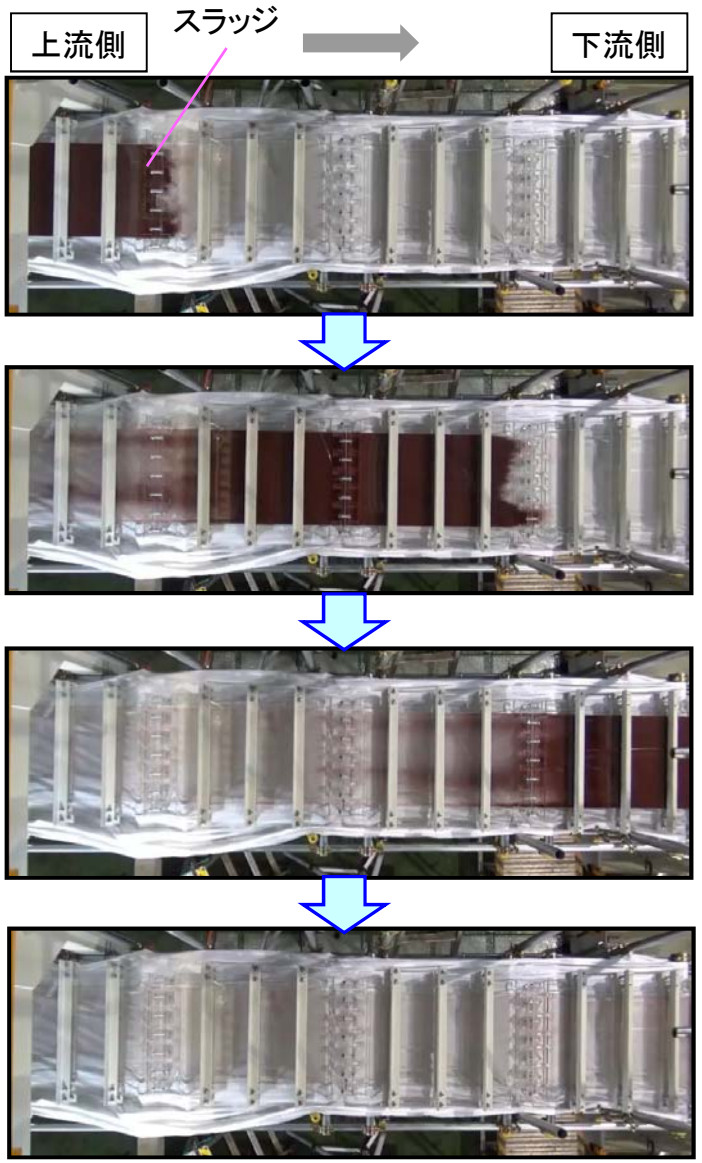


図3－2　水平スリット上面から見たスラッジの流動状況

【論点20】ECCSポンプのSA時でのNPSH評価（1／3）

＜本論点の経緯＞　ECCSポンプのNPSH評価のうち，ECCSストレーナの異物付着による圧損上昇の評価において，SA時に発生するデブリについて，ストレーナに付着する量を見直した条件（移行割合を考慮しない条件）等で追加試験を実施することとした。

＜コ　メ　ン　ト＞　① 試験結果及び評価結果について示すこと。

＜　回　　答　＞　ECCSポンプのSA時でのNPSH評価のため，内規※との整合性及び保守性を確保した試験の実施結果を示す。

※「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」（平成20・02・12原院第5号）

1．試験実施期間　平成30年6月11日～平成30年6月15日（米国ニュージャージー州 CDI社）

2．圧損試験要領について

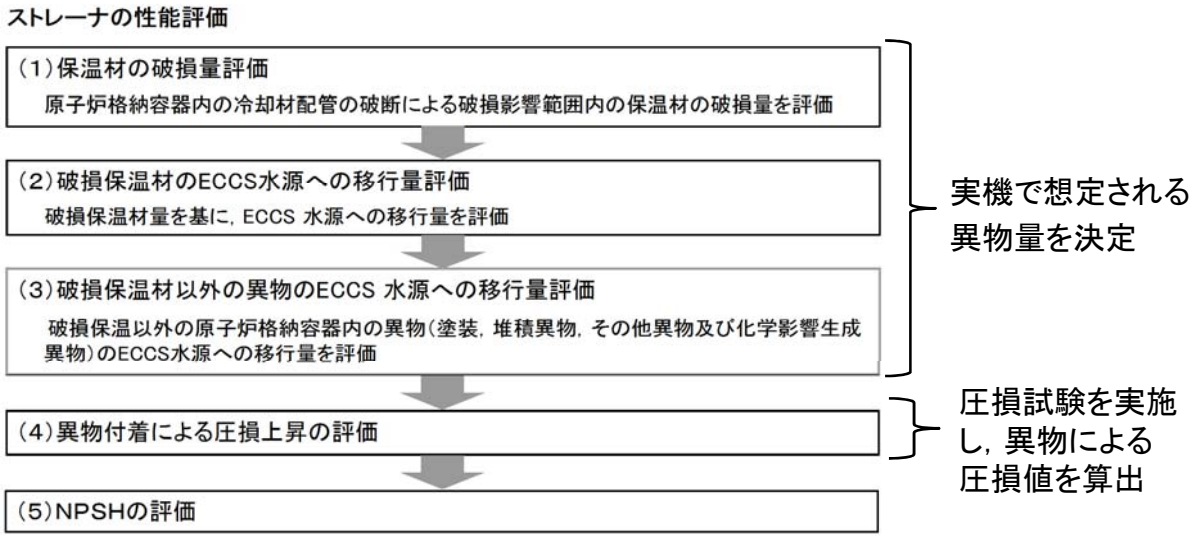
想定する異物量及び試験手順は内規に準拠しており，保守的に設定

① 実機で想定される異物量
　内規に基づき，保守的に物量を算出

② 異物移行量
　算出した異物の全量がストレーナに到達

③ 試験手順
　内規を踏まえ，保守的に試験手順を設定

詳細は5/31の審査会合にて説明済



3. 試験結果

・投入された異物は攪拌機で分散され，更に水槽内の水は一定流速にて循環。また圧損データは十分静定された状態で採取。

・試験により確認された異物付着による圧損上昇は[　　]mであり，許容圧損目安値※に対し十分低い値で推移したことを確認

※許容圧損目安値 ：有効NPSHから必要NPSH等を差し引き
異物による圧損上昇値として許容される値

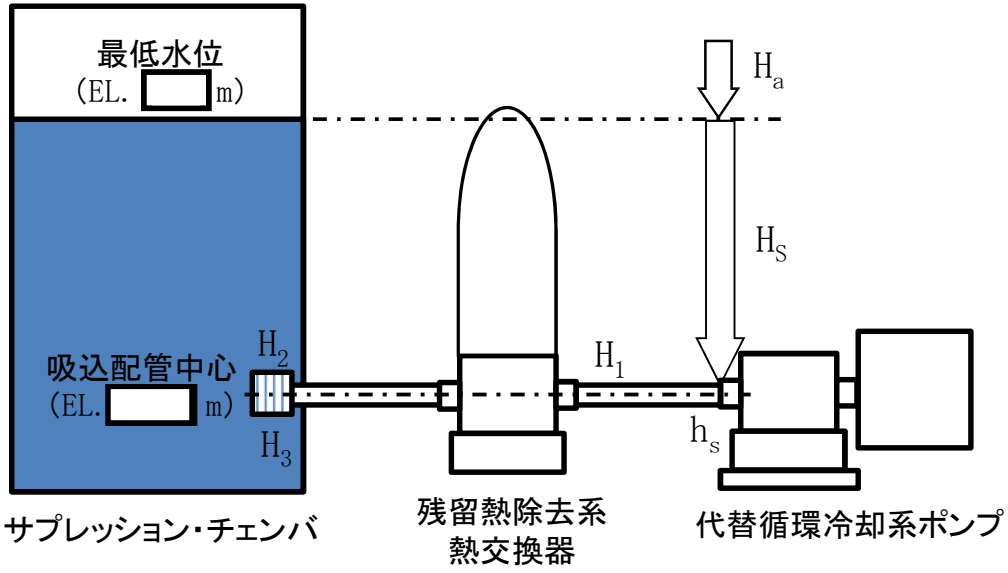
（ステップ1）
実機流速の500 m^3/h相当で圧損値を計測（ SA時に使用を想定している代替循環冷却系ポンプ流量は 250 m^3/h以上の流量）
⇒許容圧損目安値に対し，十分低い値（[　　]m ）で圧損静定
（ステップ2）
実機流速の1691.9 m^3/h相当で圧損値を計測（ストレーナを兼用するポンプのうち最も流量が大きい残留熱除去系ポンプの定格流量）
⇒許容圧損目安値に対し，十分低い値（[　　]m ）で圧損静定
（ステップ3）
化学影響生成異物を投入後，静定を待って圧損値を計測
⇒許容圧損目安値に対し，十分低い値（[　　]m ）で圧損静定

4. 評価結果

圧損上昇を考慮したECCSポンプのNPSHが，当該ポンプの必要NPSH以上であることを確認した。

有効 NPSH（$H_a + H_s - H_1 - H_2 - H_3 - h_s$） ≧ 必要 NPSH

	(m)
H_a：吸込み液面に作用する絶対圧力	10.3
H_s：吸込揚程	5.5
H_1：ポンプ吸込配管圧損	2.0
H_2：異物付着なしの状態における ストレーナ圧損	0.11
H_3：異物付着による圧損上昇※	0.05
h_s：ポンプ吸込口における 飽和蒸気圧水頭	4.8



※：異物による圧損上昇H_3は，試験により確認された圧損上昇（ m）に，
内規に基づき算出した金属反射型保温材による圧損上昇（ m）を加え，保守的に決定した値

圧損試験要領について

①実機で想定される異物量

（算出方法）

内規に基づき，保守的に物量を算出している。化学影響生成異物は，先行PWRを参考。

（保守性）

・東海第二発電所では，圧損影響の大きい繊維質保温材を撤廃しているが，圧損試験においては，繊維質保温材の付着を見込んだ試験を実施する。

・ドライウェル及びペデスタル内の耐DBA仕様塗装は，SA環境で全量が剥離することは考えにくいが，試験においては全量剥離を想定している。

・WCAP-16530で規定されているAl，Znに加え，JNES-SS-1004で提案しているFe（炭素鋼）の溶解も考慮。

異物の種類		DB	SA	補足
保温材	一般保温（繊維質）	0 m^3		PCV内では使用されていない。（圧損試験では，繊維質保温材の付着を見込んだ試験を実施）
	カプセル保温（金属反射型）	[redacted] m^3		内規に基づき7.4Dの範囲の金属反射型保温材の全破損を想定して算出
塗装	耐DBA仕様塗装（ジェット破損）	39 kg		内規規定値
	非DBA仕様塗装	[redacted] kg		実機を保守的に算出した値
	耐DBA仕様塗装（SA環境剥離）	－	[redacted] kg	D/W及びペデスタル内の塗装全量
堆積異物	スラッジ	89 kg		内規規定量
	錆片	23 kg		内規規定量
	塵土	68 kg		内規規定量
化学影響生成異物		－	[redacted] kg	PWRを参考に，WCAP手法等により算出

再掲（5/31審査会合資料）

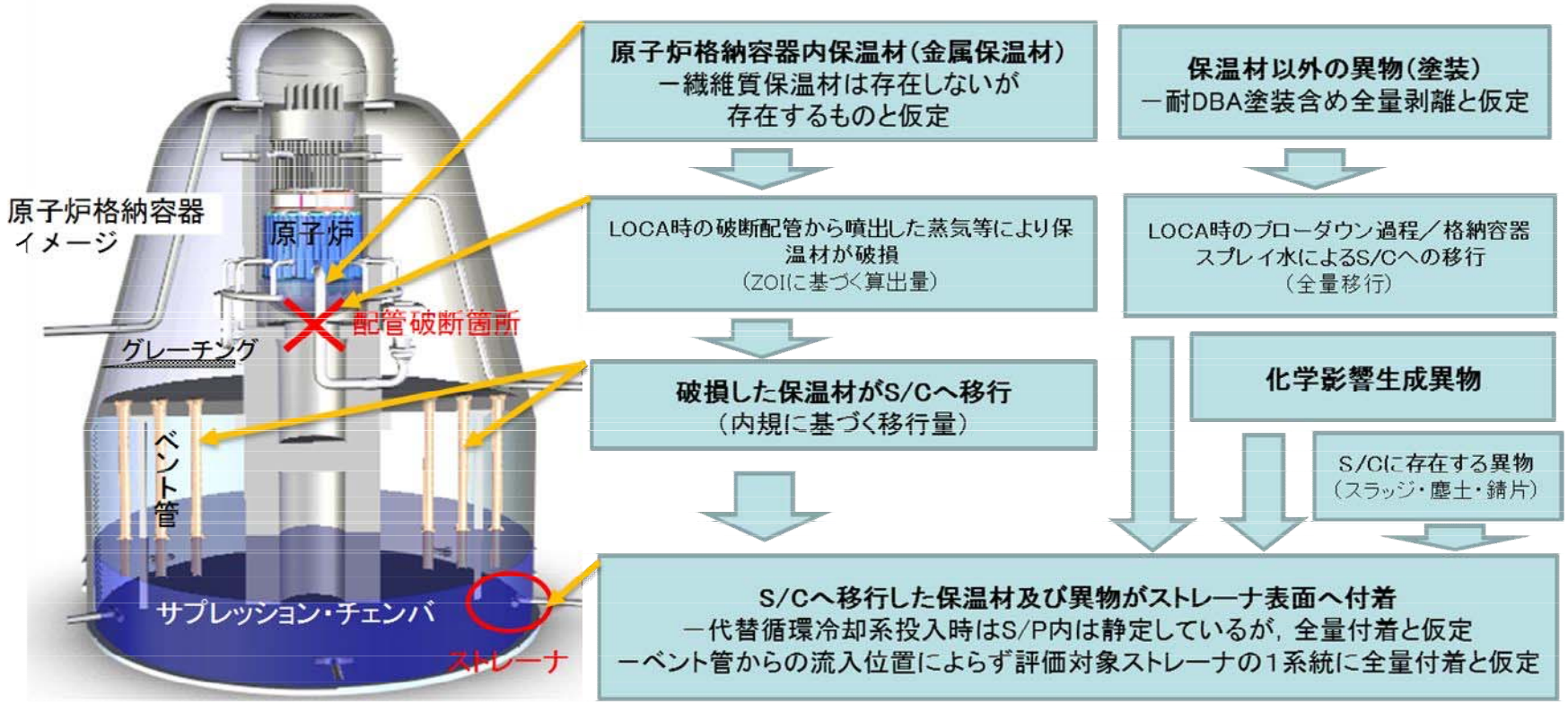
②異物移行量

（移行量の考え方）

①で算出した異物のうち
- 破損保温材は，内規に基づく移行量を考慮した物量
- 破損保温材以外は，全量がストレーナへ移行と想定

（保守性）

- 代替循環冷却系起動時はサプレッション・チェンバ内は静定しており，異物も沈降しており，ストレーナへの移行は考え難いが，全量移行と想定する。
- ベント管からの流入位置によらず，評価対象ストレーナの１系統に全量移行と想定する。

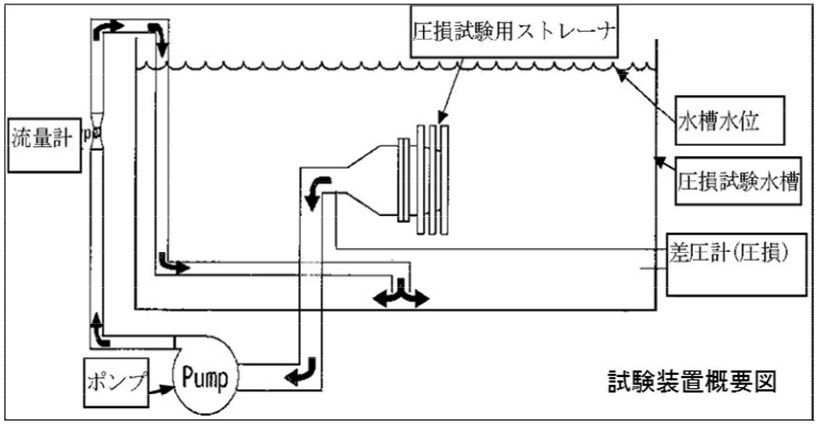


再掲（5/31審査会合資料）

【論点20】ECCSポンプのSA時でのNPSH評価（参考 3／3）

③試験手順

内規で定められた条件を踏まえ，
保守的に試験手順を設定している。



内規　別記2（留意事項）	試験内容
異物投入順序	圧損が保守的に大きくなるよう粒子状異物より前に繊維質を投入する手順とする。 （投入順序） ① 金属反射型保温材 ② 繊維質保温材【繊維質】 ③ スラッジ、塵土、錆片【粒子状異物】 ④ 各種塗装 ⑤ 化学影響生成異物（AlOOH）
圧損値の経時変化の考慮	圧損上昇が静定するまで十分な試験時間を確保する手順とする。
異物の形状	米国原子力規制委員会の規制（NUREG）等に準拠した形状
試験流速	実機と同等以上の流速となるように設定する。 事故シーケンス上，代替循環冷却系ポンプ流量は 250 m^3/hである。保守的な試験となるよう，段階的に流量を増加させ，ストレーナを兼用する残留熱除去系ポンプの流量 1691.9 m^3/h までを範囲とする。
試験温度	実機で想定される温度より保守的に低い温度に設定

再掲（5/31審査会合資料）

【論点22】 燃料集合体落下時の使用済燃料プールライニングの健全性（1／3）

＜本論点の経緯＞

使用済燃料プールでの燃料集合体落下時のライニングの健全性評価において，運動方程式によって落下エネルギーを評価し，既往の試験における落下エネルギーに包絡されると評価している。この評価に使用したパラメータのうち，抗力係数Cdは単純化した形状の物体に対する文献値であり，長手方向の長さLと代表長さdの比（L/d）やレイノルズ数について実機を包絡していないことから，模擬燃料集合体を用いた抗力測定試験を実施し，求めた抗力係数から落下エネルギーを評価し，既往の試験に包絡されることを確認する。

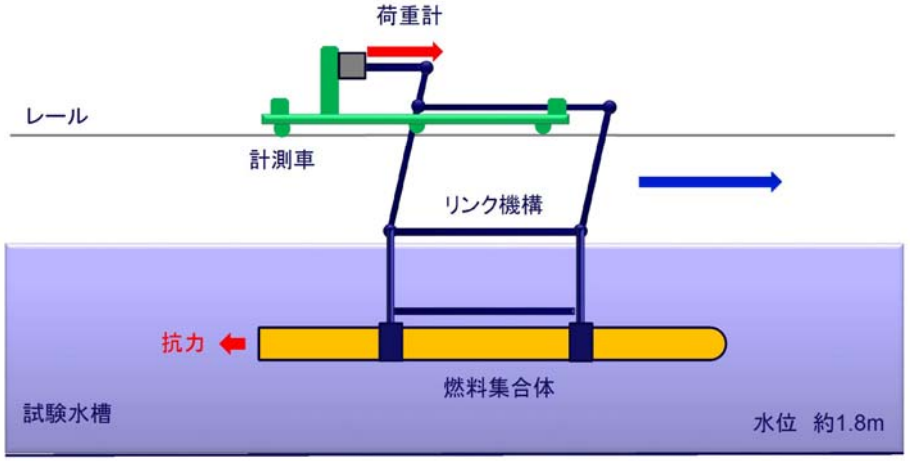
また，CFD（Computational Fluid Dynamics)解析を並行して実施し，試験条件（レイノルズ数）を補完する解析も実施する。

【試験条件】

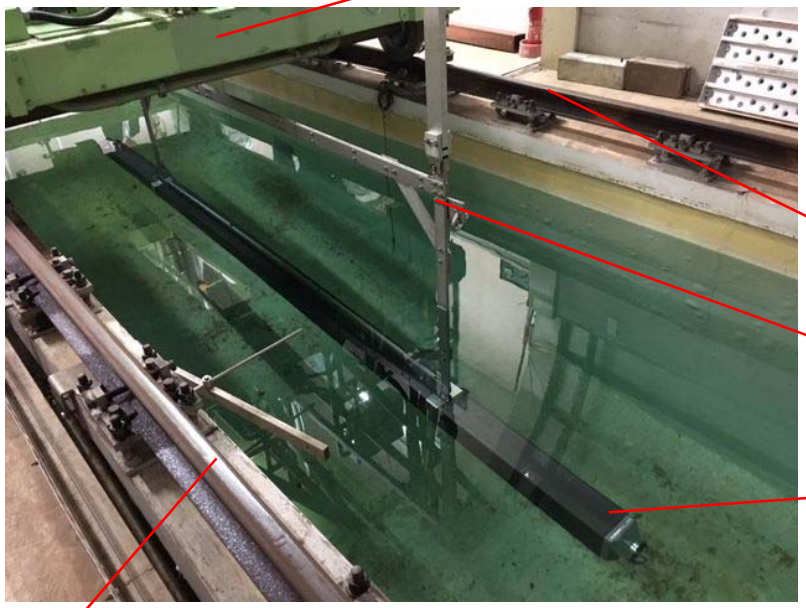
○試験体：模擬燃料集合体
（実機8×8形状（燃料ペレットなし），チャンネルボックス付）

○計測速度：2.8，4.0，5.0，6.0m/s（実機：～約10m/s）
［測定器条件により1.3m/sの代わりに4.0m/s及び5.0m/s実施］

○水温：20℃程度（実機：～65℃）



試験体系



試験装置外観

【論点22】燃料集合体落下時の使用済燃料プールライニングの健全性（2／3）

【評価手順概要】

（１）燃料集合体を取り付けた状態で，荷重計により計測速度毎の抗力①を測定。

（２）燃料集合体を取外した状態で，荷重計により計測速度毎の抗力②を測定。

（３）①－②の差分から，燃料集合体のみの抗力③を得る。

（４）抗力③から抗力係数Cdを求める。

$$Cd = D \times 2 \div \rho \div A \div v^2$$

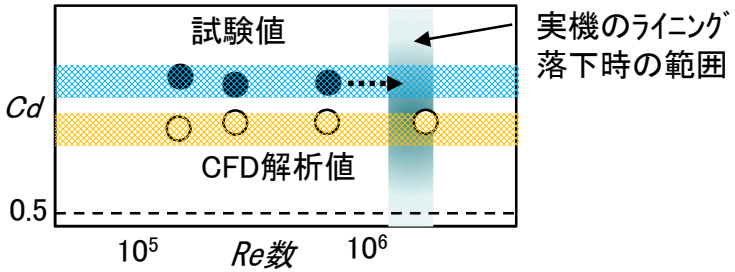
ここで，D：抗力[N]，ρ：水密度[kg/m^3]，A：流れに垂直な投影面積[m^2]，v：流速[m/s]

また，抗力係数のレイノルズ数依存性を確認。

（５）試験体系でのCFD解析により，試験状態を評価し同様の傾向を確認。

（６）CFD解析により実機状態での抗力係数を計算し，実機の抗力係数を推定。

（７）抗力係数から落下エネルギーを評価し，既往の燃料集合体落下試験に包絡されることを確認。



試験・解析結果の比較（イメージ）

【評価結果】

実機条件での抗力係数Cdは 0.8をやや下回る程度と推定できるが，評価に当たっては測定のばらつきも考慮し，0.6を使う。

抗力係数Cd＝0.6として燃料集合体落下エネルギーを評価した結果は 14.9kJ となり，既往の落下試験結果15.5kJ を下回ることを確認した。

（当初，文献値から直方体（中実の四角柱）（L/d＝1～5，レイノルズ数＝1.7×10^5）の抗力係数の極小値に更に余裕をみて0.80とした。）

【論点22】燃料集合体落下時の使用済燃料プールライニングの健全性（3／3）

【試験結果の考察】

（１）中実の四角柱（水が柱体の中を通過しない）が円管内流水によって受ける抗力を測定する実験（図1）も行った。結果を図2に示す。内部を水が通り抜けないこのケースでは，レイノルズ数が高くなっても抗力係数の変化は小さい。燃料集合体の外観は直方体に近いが，内部を通り抜ける水の影響を無視できず，内部を通り抜けた後の水流が後流の抗力を打ち消す方向に作用するため，中実の場合より抗力係数が低くなる（図3）。

（２）燃料集合体の抗力係数の試験結果のばらつきは，標準偏差σ＜0.05であり，95%信頼水準（2σ）として±0.10見込む。

（３）CFD解析は，計算に用いた圧損係数の誤差等抗力係数を更に小さくする要因は4%程度と見積もられる一方，表面粗さや燃料集合体内部形状の局所的影響を模擬しておらず，6%程度は抗力係数が大きくなる要因を無視しているため，抗力係数は少なくとも示した値以下にはならない。

→　試験結果は，中実四角柱の実験結果とCFD解析の中間の傾向を示しており抗力係数は0.8を若干下回る程度となる。落下エネルギー評価にはばらつきを考慮して0.6を用いる。

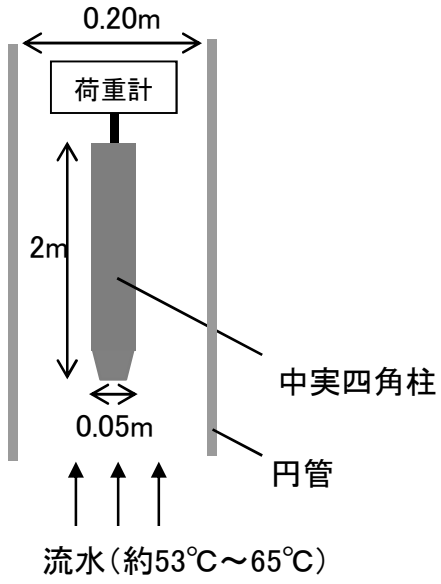


図1 中実四角柱の実験

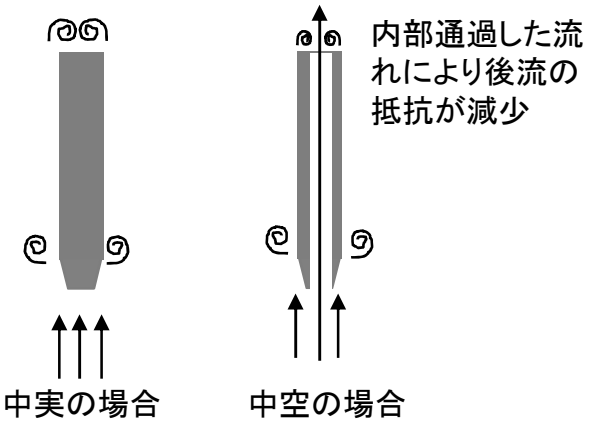


図3　内部通過流の影響

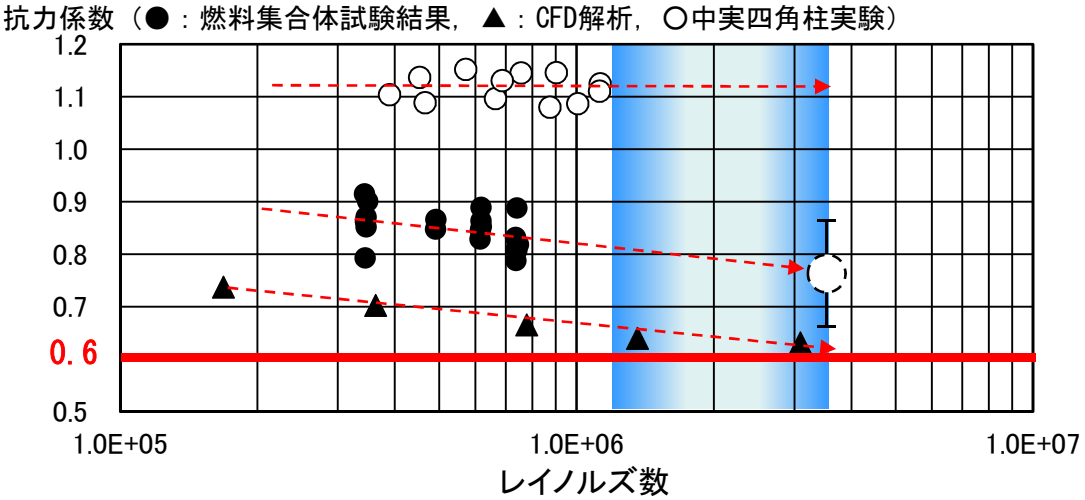


図2　レイノルズ数と抗力係数の関係

東海第二発電所　工事計画において実施する試験について（1／5）

6月末までに，30／30件 全て終了。

No.	試験名	試験目的	試験項目	1月 上	1月 下	2月 上	2月 下	3月 上	3月 下	4月 上	4月 下	5月 上	5月 下	6月 上	6月 下	備　考
1	ブローアウトパネル及び関連機器の機能確認試験	・ブローアウトパネルが，設計圧力(6.9kPa)以下で開放することの確認	クリップ要素試験 実機大開放機能試験	試験計画策定 試験完了			クリップ要素試験体，試験装置製作		クリップ試験	▼結果説明	実機大試験装置製作	追記試験準備 追加クリップ要素試験		実機大開放試験	▼結果説明	試験終了し6/26に結果を説明
2		・ブローアウトパネル閉止装置が，電動及び手動にて操作でき，その閉止機能が設計基準地震Ssでも確保できることの確認 ・閉止後，設計基準地震Ssでも，必要な気密性能が確保できることの確認	実機大試験 加振試験 開閉動作確認試験 気密性能試験	試験計画策定／材料手配（実機大試験）／加振台調整				要素試験①パッキン気密性能		要素試験②電動機等の加振試験	実機大試験体製作	作動・気密試験▽		加振・作動・気密性能試験	結果説明▼	・試験体は6/15現着 ・加振・作動・気密性能試験は6/18～22で実施
								要素試験③パッキン耐久試験								
3	ECCS系ポンプストレーナ圧損試験	・SA時におけるS/P水に流入するデブリを想定しても、ECCS系ポンプ等の有効吸込水頭が確保されることを確認 ・ストレーナに付着するデブリ量を見直した追加試験を実施する	圧損試験	当初試験完了		▼結果説明（2/22）				結果説明（4/23）▼	▼結果説明（5/2）					・6/18試験結果説明 ・7/3審査会合報告
				（追加試験分）								再試験計画策定／試験準備		圧損試験	結果説明▼	
4	ガスケット圧縮永久ひずみ試験	PCVのトップヘッドフランジ等で用いるシール材の圧縮永久ひずみ率のデータ拡充及び増厚を検討	圧縮永久ひずみ試験	試験体製作 試験完了		▼試験条件説明（2/1）	▼データ拡充試験結果説明（3/8）	圧縮永久ひずみ試験（データ拡充）	▼増厚試験速報説明（3/15）	▼結果説明（3/29）	圧縮永久ひずみ試験（増厚検討）					・データ拡充試験により，現状の圧縮永久ひずみ率の設定が妥当であることを確認済み ・増厚したガスケットによる圧縮永久ひずみ試験により，ガスケットの健全性が確認できたため，増厚が可能であることを確認済み
5	液状化強度試験	液状化強度試験結果を整理し、設置変更許可段階で示した各地層の解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性について確認	液状化強度試験	試験完了				供試体作成，液状化強度試験		▼結果説明（速報）（3/22）	▼結果説明（4/16）　コメント対応中					液状化強度試験結果について整理し，設置変更許可段階で示した各地層の解析用液状化強度特性の代表性及び網羅性を確認済み
6	ジョイント部材に係る性能確認試験	防潮堤区間に設置するジョイント部材について、有意な漏えいが生じないことを確認	引張試験，耐圧試験，耐候性試験	試験完了			▼結果説明（2/22）									ジョイント部材はT.P.+24m津波の波圧に対しても有意な漏えいが生じないことを確認済み。耐候性試験では15年相当まで止水シートに劣化が生じないことを確認済み
7	鋼製防護壁添接板継手部シール材に係る性能確認試験	鋼製防護壁添接板継手部のシール材について、有意な漏えいが生じないことを確認	耐圧試験	試験装置制作 試験完了			耐圧試験				▼結果説明（4/12）					シール材は，T.P.+24m津波の波圧に対しても有意な漏えいが生じないことを確認済み

東海第二発電所　工事計画において実施する試験について（2／5）

No.	試験名	試験目的	試験項目	1月 上	1月 下	2月 上	2月 下	3月 上	3月 下	4月 上	4月 下	5月 上	5月 下	6月 上	6月 下	備　考
8	止水機構の実証試験（加振試験）	鋼製防護壁の止水機構について，加振試験を実施し追従性を確認	１次止水機構の加振試験 （地震時，，津波＋余震重畳時条件で実施）	試験完了		2/8	2/27	3/13	3/27	4/3 4/10	4/18	5/8	加振試験	▼結果説明（5/22）		・加振試験終了 ・試験結果は説明済み
				試験計画策定（試験計画を説明しながら策定中）			試験計画説明									
							材料手配，試験装置製作，試験準備									
9	スタンドパイプを模擬した試験体による限界荷重の確認	極限解析を用いたスタンドパイプの耐震評価手法の保守性を確認	1/3スケールによる引張り試験 （荷重－変位曲線の取得）	試験完了		▼結果説明（速報） （2/1）			▼結果説明 （3/23）							1/3スケールの引張り試験により，極限解析の保守性を確認済み
10	統合原子力防災ネットワーク設備の加振試験	緊対所の統合原子力防災ネットワークLAN収容架（SA）内に設置する通信連絡設備の電気的機能維持確認	加振試験	試験完了				固定治具製作/試験					▼加振試験（5/17,18）	▼結果説明（5/30）		他社で実施済みの同等品による加振試験加速度と比して，当社が同確認に必要な加振波が小さいことから，問題ない
11	耐環境試験	設置環境条件に適合することを確認 ・圧力伝送器，差圧伝送器 ・温度検出器 ・放射線モニタ ・使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置 ・サーベイメータ等	耐環境試験 （圧力，温度，湿度，放射線）	試験完了						▼結果説明（3/27）				▼結果速報（5/30）		・SFPカメラについて耐放射線試験を実施済み ・サーベイメータ等については，先行にて実績のある機器と同等品であることから，成立性に問題ない
				SFP監視カメラ用空冷装置試験								サーベイメータ等試験				
12	MCCIスリットモックアップ試験	モックアップによるスリット形状排水ラインの設計の妥当性について確認	水位維持・排水機能の確認試験	試験計画策定				試験体製作			▼ 計画説明（3/22，4/25）			▼結果説明（6/7		・5月で試験終了 ・試験結果は6/7説明 ・6/14審査会合 ・7/3追加試験結果報告
											モックアップ試験					
13	常設高圧代替注水系ポンプ加振試験	動的機能維持評価に使用するため確認	加振試験 【他社試験買取】											資料提出（6/28）▼		他社から買取した加振試験結果が当社に適応できることを確認済み。
14	SA車両型設備の加振試験（自社加振試験分）	SA車両型設備の加振試験を実施し，転倒しないこと，機能が維持されることを確認	SA車両型設備の加振試験 機能維持確認試験 ＜対象車両＞ ・常設代替高圧電源装置 ・可搬型代替注水大型ポンプ ・可搬型代替低圧電源車 ・窒素供給装置用電源車 ・タンクローリ	試験完了		▼結果説明（1/25）　コメント対応中										加振試験の結果、加振後においても機器が健全であることを確認済み

東海第二発電所　工事計画において実施する試験について（3／5）

No.	試験名	試験目的	試験項目	1月 上	1月 下	2月 上	2月 下	3月 上	3月 下	4月 上	4月 下	5月 上	5月 下	6月 上	6月 下	備　考
15	SA車両型設備の加振試験（委託成果開示分）	他電力で実施したSA車両型設備の加振試験の成果の適用 （SA車両型設備の加振試験を実施し，転倒しないこと，機能が維持されることを確認）	SA車両型設備の加振試験 機能維持確認試験 ＜対象車両＞ ・常設代替高圧電源装置 ・可搬型代替注水中型ポンプ ・窒素供給装置	試験完了		▼結果説明（1/25）		コメント対応中								他社から買取した加振試験結果が当社に適用できることを確認済み
16	非常用海水ポンプ複合軸受の軸受摩耗試験	津波の2次的な影響として、浮遊砂に対する軸受の耐性を確認	軸受摩耗試験 （試験装置に軸受供試材を装着し津波時の砂濃度を再現した状態で運転し軸受の健全性が維持されること確認）	試験完了								▼結果説明 （5/15）				浮遊砂巻込み対策としての軸受について，耐性を確認済み
17	防潮扉・放水路ゲート開閉装置の加振試験	防潮扉，放水路ゲートの上部に設置する開閉装置について加振試験を実施し，機能維持していること確認	開閉装置の加振試験 ⇒許可段階で実施した評価用の目標地震波が基準地震動Ssによる防潮扉及び放水路ゲート上部の応答加速度を上回る包絡性を確認したため，加振試験は実施しない											▼結果説明 （6/12）		6/12に結果説明
18	フロート式逆止弁（浸水防護設備）の加振試験	地震後、津波後や津波の繰返しの襲来を想定した場合においても止水機能が維持できることを確認	・加振試験 ・耐圧・漏えい試験	試験完了分					追加実施分	ヒアリング 4/10 ▼	試験準備	試験 評価	▼結果説明（5/29）			逆止弁の加振試験、耐圧試験、漏えい試験を実施し機能に異常のないことを確認済み
19	複合体に対する実証試験	複合体が難燃ケーブルと同等以上の難燃性能を確保していることを確認	複合体の外部の火災に対する実証試験 複合体の内部の火災に対する実証試験 複合体の不完全な状態を仮定した場合の実証試験 　複合体外部の火災に対する実証試験 　複合体内部の火災に対する実証試験 防火シート機能及びケーブル・ケーブルトレイ機能に対する確認試験 　防火シート・結束ベルトの耐久性試験 　複合体の外力(地震)による健全性確認試験 　通電機能への影響確認試験 　絶縁機能への影響確認試験 　化学的影響確認試験	試験完了								▼結果説明（4/23）				複合体外部・内部等の実証試験の結果、燃え止まることを確認済み 複合体による影響確認試験の結果、機能への影響がないことを確認済み
20	使用ケーブルの難燃性確認試験	安全機能を有する機器等に使用するケーブルが難燃ケーブルであることを確認	UL垂直燃焼試験 IEEE 383 Std 1974 垂直トレイ燃焼試験	試験完了								▼結果説明（4/23）				UL及び垂直トレイ燃焼試験の結果、燃え止まることを確認済み
21	コーキング材の耐久性に係る試験	電線管に使用するコーキング材について，耐久性を有していることを確認	コーキング材の耐久性試験	試験完了								▼結果説明（4/23）				貫通部コーキング材の火災耐久試験の結果、耐火性能を有していることを確認済み

東海第二発電所　工事計画において実施する試験について（4／5）

No.	試験名	試験目的	試験項目	1月 上	1月 下	2月 上	2月 下	3月 上	3月 下	4月 上	4月 下	5月 上	5月 下	6月 上	6月 下	備　考
22	火災感知設備及び消火設備の実証試験	火災受信機，防災表示板及び火災感知器の機能維持確認	加振試験	試験完了								▼結果説明（5/16）				加振試験の結果、加振後においても機器が健全であることを確認済み
		ケーブルトレイに適用するハロゲン化物自動消火設備（局所）について，消火性能が確保されていることを確認	ケーブルトレイ消火試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					消火試験の結果、消火性能が確保されていることを確認済み
23	火災防護対策の系統分離に使用する隔壁等の耐火性能等実証試験	耐火隔壁が1時間以上又は3時間以上の耐火性能を有していることを確認	1時間耐火隔壁の火災耐久試験 3時間耐火隔壁の火災耐久試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					耐火壁の火災耐久試験の結果、耐火性能を有していることを確認済み
		貫通部シールが3時間以上の耐火性能を有していることを確認	配管貫通部の火災耐久試験 ケーブルトレイ及び電線管貫通部の火災耐久試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					貫通部の火災耐久試験の結果、シール部が耐火性能を有していることを確認済み
		防火扉が3時間以上の耐火性能を有していることを確認	防火扉の火災耐久試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					防火扉の火災耐久試験の結果、耐火性能を有していることを確認済み
		防火ダンパが3時間以上の耐火性能を有していることを確認	防火ダンパの火災耐久試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					防火ダンパの火災耐久試験の結果、耐火性能を有していることを確認済み
		耐火間仕切りが3時間以上の耐火性能を有していることを確認	電動弁・電気ペネトレーション用耐火間仕切りの火災耐久試験 計装品（現場制御盤，計装ラック）・電気ペネトレーション用耐火間仕切りの火災耐久試験 計装品（現場制御盤，計装ラック）用耐火間仕切りの火災耐久試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					耐火間仕切りの火災耐久試験の結果、耐火性能を有していることを確認済み
		ケーブルトレイに使用する発泡性耐火被覆が1時間以上の耐火性能を有していることを確認	発泡性耐火被覆の火災耐久試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					発泡性耐火被覆の火災耐久試験の結果、耐火性能を有していることを確認済み
		電線管ケーブルラッピングが3時間以上の耐火性能を有していることを確認	電線管ケーブルラッピングの火災耐久試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					ラッピングの火災耐久試験の結果、耐火性能を有していることを確認済み
		ケーブルラッピングに伴う許容電流低減率の確認	ケーブルラッピングの許容電流評価試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					許容電流評価（電流低減率）試験の結果、通電機能への影響がないことを確認済み
		中央制御室制御盤及び原子炉格納容器の影響軽減対策について，近接する他の構成部品に火災の影響がないことを確認	ケーブル，制御盤及び電源盤火災の実証試験	試験完了							▼結果説明（4/23）					盤の構成部品火災の実証試験の結果、金属バリア等により影響がないことを確認済み
24	水密扉の漏えい試験	水密扉の製作時に、水密性を確認	耐水漏えい試験	試験完了							▼内容説明（4/23） 新規もしくは改造する水密扉の水密試験は扉製作時に実施					水密扉設置時に実施した耐圧漏えい試験の結果，漏えい量が規定値以下であることを確認済み

東海第二発電所　工事計画において実施する試験について（5／5）

No.	試験名	試験目的	試験項目	1月		2月		3月		4月		5月		6月		備　考
				上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	上	下	
25	SFP常設スプレイヘッダ及び可搬型スプレイノズル放水試験	SFP常設スプレイヘッダ及び可搬型スプレイノズルにより、それぞれ使用済燃料ラック全面に放水可能であることを確認	放水範囲確認【機器メーカ実施試験】			▼結果説明（可搬型スプレイノズル）			▼結果説明（常設スプレイヘッダ）							放水範囲をカバーするように放水可能なことを確認済み
26	SFP重量物落下時抗力測定試験	SFP重量物落下における水抵抗データ拡充による燃料集合体抗力係数の確認	抗力測定試験											試験体準備 予備試験 試験 結果説明▼		・試験体は手配済み ・試験は6/18～20で実施
27	可搬型設備（その他設備）加振試験	可搬型の放射線計測器類，計測器等の加振後の機能維持の確認	加振試験 (1)放射線計測器類（緊対及び可搬型設備置場） (2)計測器（原子炉建屋及び緊対） (3)通信機器類（原子炉建屋及び緊対） (4)電源設備（原子炉建屋及び可搬型設備置場） (5)照明（原子炉建屋）	試験完了						▼結果説明（3/27）	コメント対応中					加振試験の結果、加振後においても機器が健全であることを確認済み
28	通信連絡設備（常設）加振試験	中央制御及び緊急時対策所内に設置する衛星電話設備（固定型）、衛星用アンテナ、衛星用端末装置の加振後の機能維持の確認	加振試験	試験完了										▼資料提出（5/25）		・通信連絡設備の耐震計算書の中で説明 ・他社から買取した電気品の加振成果が，当社に適応できることを確認済み
29	統合原子力防災ネットワークに接続する機器の加振試験	緊急時対策所内に設置する統合原子力防災ネットワークに接続する機器（IP電話，IP－FAX，統合原子力防災ネットワークテレビ会議システム）の加振後の機能維持確認	加振試験 【他社試験買取】											▼資料提出（5/28）		他社から買取した加振試験結果が当社に適応できることを確認済み。No.28と合わせてご説明
30	統合原子力防災ネットワーク設備の加振試験(他社買取)	緊急時対策所内及び屋上アンテナ部に設置される統合原子力防災ネットワークのうち衛星系の電路を構成する機器の加振後の機能維持確認	加振試験 【他社試験買取】											▼資料提出（5/28） ▼結果説明（5/30）		他社から買取した加振試験結果が当社に適応できることを確認済み。No.28と合わせてご説明