本資料のうち，枠囲みの内容は，
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所　工事計画審査資料	
資料番号	工認-459　改 1
提出年月日	平成 30 年 7 月 26 日

Ⅴ-2-4-3-1-1　管の耐震計算書

NT2 補③ Ⅴ-2-4-3-1-1 R0

目　　次

1.　概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.1　概略系統図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.2　鳥瞰図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
3.　計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
3.1　荷重の組合せ及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
3.2　設計条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
3.3　材料及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
3.4　設計用地震力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
4.　解析結果及び評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
4.1　固有周期及び設計震度 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
4.2　評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
4.2.1　管の応力評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
4.2.2　支持構造物評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 21
4.2.3　弁の動的機能維持評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 22
4.2.4　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 23

1.　概要

本計算書は，「V-2-1-9 機能維持の基本方針」，「V-2-1-11　機器・配管の耐震支持設計方針」及び「V-2-1-14-6　管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，管，支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度又は動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は以下に示す通りである。

(1)　管

工事計画記載範囲の管のうち，各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全５モデルのうち，各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。

代表モデルの選定結果及び全モデルの選定結果を4.2.4に記載する。

(2)　支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち，種類及び型式ごとの反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3)　弁

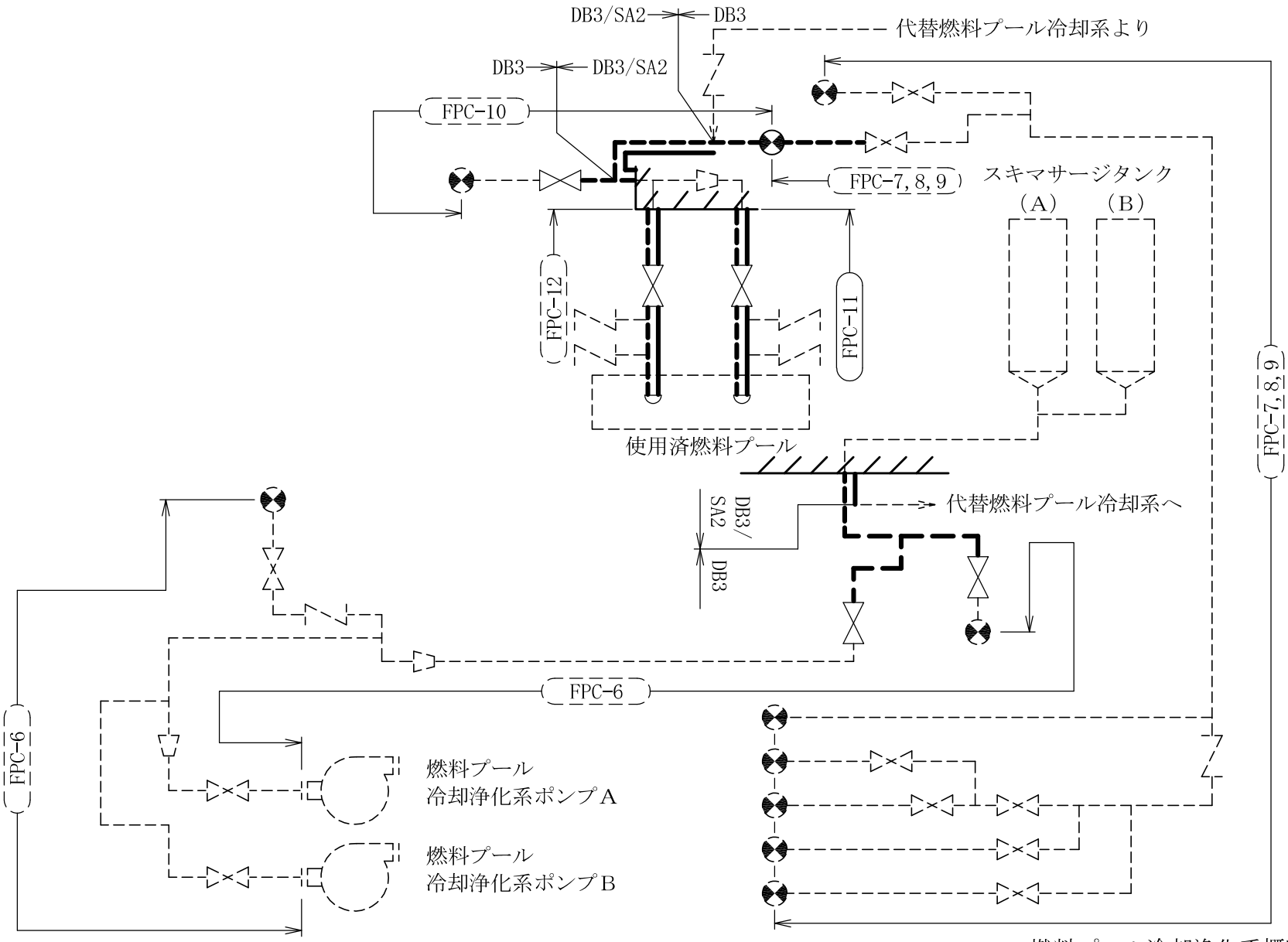
機能確認済加速度の応答加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

記　　号	内　　容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（重大事故等対処設備）
（太破線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号（鳥瞰図，評価条件及び評価結果を記載する範囲）
○○-○-○○	鳥瞰図番号（評価結果のみ記載する範囲）
⊗	アンカ
［管クラス］	
DB1	クラス１管
DB2	クラス２管
DB3	クラス３管
DB4	クラス４管
SA2	重大事故等クラス２管
SA3	重大事故等クラス３管
DB1/SA2	重大事故等クラス２管であってクラス１管
DB2/SA2	重大事故等クラス２管であってクラス２管
DB3/SA2	重大事故等クラス２管であってクラス３管
DB4/SA2	重大事故等クラス２管であってクラス４管



燃料プール冷却浄化系概略系統図

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記　　号	内　　容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 （重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」，設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。）
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質　　点
⊗	ア　ン　カ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
*	拘束点の地震による相対変位量(mm) （ * は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，□ 内に変位量を記載する。）
	注：　鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図	FPC-11(DB)

鳥瞰図	FPC-11(SA)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震設計上の重要度分類	荷重の組合せ*3，4	許容応力状態*5
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備	燃料プール冷却浄化系	ＤＢ	－	クラス３管	Ｓ	I_L+S_d	III_AS
							II_L+S_d	
							I_L+S_s	IV_AS
							II_L+S_s	
		代替燃料プール冷却系	ＳＡ	常設／防止 常設／緩和	重大事故等クラス２管	－	V_L+S_s	V_AS

注記＊1： ＤＢは設計基準対象施設，ＳＡは重大事故等対処設備を示す。

＊2： 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

＊3： 運転状態の添字Lは荷重，（Ｌ）は荷重が長期間作用している状態，（ＬＬ）は（Ｌ）より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

＊4： 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

＊5： 許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.2　設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥　瞰　図　FPC-11

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震設計上の 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	140N～141,142～156	1.38	80	165.2	3.4	SUS304TP	S	

弁部の寸法

鳥　瞰　図　FPC-11

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
141～142	[redacted]		

NT2 補③ V-2-4-3-1-1 R0

弁部の質量

鳥　瞰　図　FPC-11

質量	対応する評価点
[redacted]	141～142

NT2 補③ V-2-4-3-1-1 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥　瞰　図　FPC-11

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
140N						
1450						
1470						
1490						
1510						
155						
156						

3.3　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材　　料	最高使用温度 (℃)	許容応力 (MPa)			
		Ｓｍ	Ｓｙ	Ｓｕ	Ｓｈ
SUS304TP	80	―	180	461	125

3.4　設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設備評価用床応答曲線を下表に示す。

なお，設備評価用床応答曲線は「V-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また，減衰定数は「V-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)
FPC-11	原子炉建屋	[redacted]	[redacted]

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 FPC-11

耐震設計上の重要度分類		S					
適用する地震動等		Sd及び静的震度			Ss		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度		応答鉛直震度
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
[redacted]	[redacted]	1.27	1.27	2.97	1.89	1.89	5.51
		1.27	1.27	2.90	1.89	1.89	5.20
		0.97	0.97	2.08	1.63	1.63	3.58
		—	—	—	—	—	—
動 的 震 度		1.02	1.02	0.80	1.74	1.74	1.52
静 的 震 度		1.17	1.15	0.29	—	—	—

各モードに対応する刺激係数

鳥　瞰　図　FPC-11

モード	固　有　周　期 (s)	刺　激　係　数		
		X方向	Y方向	Z方向

NT2 補③ V-2-4-3-1-1 R0

代表的振動モード図

振動モード図は，３次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。

鳥瞰図	ＦＰＣ－１１

鳥瞰図	ＦＰＣ－１１

鳥瞰図	ＦＰＣ－１１

4.2　評価結果

4.2.1　管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

鳥瞰図	許容応力状態（供用状態）	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価（MPa）		一次＋二次応力評価（MPa）		疲労評価
				計算応力 Sprm（Sd） Sprm（Ss）	許容応力 Sy* 0.9Su	計算応力 Sn（Ss）	許容応力 2Sy	疲労累積係数 USs
FPC-11	ⅢAS	1452	Sprm（Sd）	142	180	—	—	—
FPC-11	ⅣAS	1452	Sprm（Ss）	203	414	—	—	—
FPC-11	ⅣAS	1452	Sn（Ss）	—	—	320	360	—

注記＊：　オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，Syと1.2Shのうち大きい方とする。

4.2.2　支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度（℃）	評価結果	
					計算荷重（kN）	許容荷重（kN）
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物番号	種類	型式	材質	温度（℃）	支持点荷重						評価結果		
					反力（kN）			モーメント（kN・m）			応力分類	計算応力（MPa）	許容応力（MPa）
					F_X	F_Y	F_Z	M_X	M_Y	M_Z			
AN-FPC-74	アンカ	ラグ	SUS304	66	9.5	8.2	2.7	2.6	0.6	11.8	組合せ	68	117
RE-FPC-97	レストレイント	パイプバンド	SM400B STK400	66	0	8.3	16.9	－	－	－	圧縮	17	142

4.2.3　弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり応答加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	応答加速度（×9.8 m/s^2）		機能確認済加速度（×9.8 m/s^2）		構造強度評価結果（MPa）	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２，３範囲）

No	配管モデル	供用状態C($Ⅲ_AS$)					供用状態D($Ⅳ_AS$)										代表
		一次応力					一次応力					一次＋二次応力及び疲労評価					
		評価点	計算応力［MPa］	許容応力［MPa］	裕度	代表	評価点	計算応力［MPa］	許容応力［MPa］	裕度	代表	評価点	計算応力［MPa］	許容応力［MPa］	裕度	疲労累積係数	
1	FPC-6	507	44	231	5.25	—	507	57	366	6.42	—	507	62	462	7.45	—	—
2	FPC-7	27	94	188	2.00	—	27	152	431	2.83	—	27	259	376	1.45	—	—
3	FPC-10	108A	68	188	2.76	—	108A	96	431	4.48	—	108A	148	376	2.54	—	—
4	FPC-11	1452	142	180	1.26	○	1452	203	414	2.03	○	1452	320	360	1.12	—	○
5	FPC-12	1731	99	180	1.81	—	1731	139	414	2.97	—	1731	198	360	1.81	—	—

注記＊：$Ⅲ_AS$の一次＋二次応力の許容値は$Ⅳ_AS$と同様であることから，地震荷重が大きい$Ⅳ_AS$の一次＋二次応力裕度最小を代表とする。$Ⅳ_AS$の計算応力は，$Ⅴ_AS$と$Ⅳ_AS$の大きい方を記載している。