

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7-069 改0
提出年月日	2020年7月3日

工事計画認可で実施する比倍評価について

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

本申請における強度計算書及び耐震計算書（以下「強度計算書等」という。）においては、既に認可された工事計画の添付書類（以下「既工認」という。）の評価を元に比倍評価を実施している機器等がある。

本資料においては、比倍評価の方法について説明する。

2. 既工認における強度計算書等の基本的な評価方法

既工認における、発生応力の算出方法の概要を以下に示す。

(1) 各荷重による応力の算出

基準地震動、最高使用圧力等の荷重が発生する要素毎に、発生応力（以下「各荷重による応力」という。）を求める。各荷重による応力の算出方法は主に以下の方法がある。

a. FEM 等により求めた単位荷重当たりの発生応力に、荷重条件を乗ずる方法

FEMにより単位荷重として例えば鉛直力1kgあたりに発生する応力を算出する。ここで、例えば発生する応力を1MPaとする。その後、評価において外荷重として与える鉛直力（例えば100kg）における応力を算出するには、単位荷重での発生応力に、単位荷重との荷重比の100を乗じて発生する応力を算出する。

このような処理を実施する理由は、評価が弾性解析であり、荷重に対して応力が比例することから、複数の評価条件が存在する際にその都度FEMを実施するよりも、単位荷重当たりの発生応力のみをFEMにより求めておき、これに対して条件に応じて補正を行う方が処理が簡便であるためである。

b. 理論式等により、各荷重による応力を算出する方法

理論式に各荷重条件を与えることにより、各荷重による応力を直接算出する。

(2) 組み合わせ応力の算出

評価すべき荷重の組合せに応じて、各荷重による応力を足し合わせる。

例えば、基準地震動の発生状況に、運転状態Ⅰ及びⅡを組み合わせる場合、基準地震動による応力と運転状態Ⅰ及びⅡにおける応力を組み合わせることとなる。

(3) 応力強さの算出

2.(2)の結果を用いて主応力を求め、応力強さを算出する。

3. 今回工認における比倍評価の方法

今回工認において評価方法として比倍評価を採用する場合は、前章(1)項の部分を、以下のように実施している。ここで、単位荷重当たりの応力の求め方に若干の差異があるものの、いずれの方法も根本的には既工認で実施している評価と同等の結果を得ることができる。

なお、前章(2)項及び(3)項の計算に関しては、既工認と同様の計算を実施する。

3.1 FEM 等による解析の応力を比倍し評価を行う場合

(1) FEM 等により求めた単位荷重当たりの発生応力の記録がある場合

既工認において使用した単位荷重当たりの発生応力が存在する場合には、既工認と同様に単位荷重当たりの発生応力に、荷重条件の比を乗ずることで、今回工認における各荷重による応力を算出する。(既工認と同様の計算手法となる。)

(2) FEM 及び理論式により求めた単位荷重当たりの発生応力の記録がない場合

既工認において計算書に記載されている各荷重による応力を既工認における荷重条件で除することにより、単位荷重当たりの発生応力を算出する。この単位荷重当たりの発生応力に、今回工認における荷重条件を乗ずることで、今回工認における各荷重による応力を算出する。評価上の計算処理としては、既工認における各荷重による応力に今回工認における荷重条件と既工認における荷重条件の比を乗ずることとなる。

なお、上記の処理を理論式に対して適用する場合には、入力される各荷重に対して発生応力が比例することを確認した上で適用している。

3.2 荷重条件を比倍し評価を行う場合

中性子束計測案内管、高圧炉心注水系配管(原子炉压力容器内部)及びスパージャ類^{*1}は、原子炉建屋との連成による地震応答解析モデルに含まれない。このため、既工認においてはそれらを個別にモデル化し、地震をインプットとした解析により得られる中性子束計測案内管、高圧炉心注水系配管(原子炉压力容器内部)及びスパージャ類自体に生じる荷重、スパージャ類に接続されているサーマルスリーブ^{*2}・ブラケット類^{*3}に生じる荷重を用いて応力計算を行っている。

今回工認での評価用荷重は、中性子束計測案内管、高圧炉心注水系配管(原子炉压力容器内部)及びスパージャ類が既工認時の固有値解析により剛であることを確認しているため、設置位置における評価用震度を用いて、今回工認と既工認との比(震度比)を求め、既工認で用いた荷重に乗じることで設定し、応力計算を行っている。

注記* 1: 給水スパージャ、高圧炉心注水スパージャ、低圧注水スパージャ

2: 給水ノズルサーマルスリーブ、高圧炉心注水ノズルサーマルスリーブ、
低圧注水ノズルサーマルスリーブ

3: 給水スパージャブラケット、低圧注水スパージャブラケット

4. 比倍評価における比倍比及びその算出根拠について

今回工認の比倍評価で用いている比倍比とその算出根拠を表 4.1～4.2*に示す。

注記 *：全機器分の比倍比及びその算出根拠の表は追而とする。

5. 比倍評価の計算例

今回工認の比倍評価の計算例を示す。

原子炉圧力容器関連の例として、原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）における地震荷重 S_s の評価点 P01-P02 を図 5.1 に示す。

原子炉格納容器関連の例として、V-2-9-7「上部ドライウエル機器搬入用ハッチの耐震計算書」における応力評価点 P8-A の計算例を図 5.2 に示す。

表 4.1 比倍評価に用いる比倍比（各荷重の単位荷重に対する比率）
（今回工認における原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1））

荷重	単位荷重										評価用荷重										比率**3)			
	内圧	動圧	鉛直力	水平力	モーメント	ねじりモーメント	内圧	動圧	鉛直力	水平力	モーメント	ねじりモーメント	内圧	動圧	鉛直力	水平力	モーメント	ねじりモーメント	比率**3)	比率**3)	比率**3)	比率**3)		
	P	P'	V1	H1	M1	MR	P	P'	V1	H1	M1	MR	P	P'	V1	H1	M1	MR						
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(t)	(t)	(t-m)	(t-m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(t) or (kN)	(t) or (kN)	(t-m) or (kN-m)	(t-m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(t) or (kN)	(t) or (kN)	(t-m)	(t-m)						
I01 内圧							0.992																	
I02 動圧													1.000											
I12 外荷重A														0.082	0.011	0.011	0.022	0.007						
I14 地震荷重 S d * (一次)															0.043	0.006	0.056	0.113						
I16 地震荷重 S s (一次)															0.086	0.012	0.110	0.222						

注記*1：地震荷重の単位は地震応答解析により得られた値を用いるため(kN)又は(kN・m)である。

*2：鉛直力、水平力、モーメント及びねじりモーメントの比率は、評価用荷重の単位を単位荷重の単位に換算し、「評価用荷重」÷「単位荷重」により算出した値である。

*3：比率は小数点以下第4位を四捨五入したものを表記しているが、評価においては「評価用荷重」÷「単位荷重」により算出した値をそのまま用いる。

表 4.2 比倍評価に用いる比倍比（各荷重の応力に対する比率）
（今回工認における上部ドライウエル機器搬入用ハッチ）

荷重	既工認 設計荷重			今回工認 評価用荷重			比率		
	最高使用圧力(kPa)	震度	内圧(SA後長期)(MPa)	震度	内圧(SA後長期)(MPa)	震度	内圧(SA後長期)(MPa)	内圧(SA後長期)(MPa)	震度
内圧	310	-	620	-	2.000	-	2.000	-	-
地震荷重Sd*	水平	-	-	150	-	-	-	0.500*	-
	鉛直	-	0.65	-	-	0.65	-	-	1.000
地震荷重Ss	水平	-	0.24	-	-	0.59	-	-	2.458
	鉛直	-	0.43	-	-	1.27	-	-	2.953
									5.000

注記*：比率＝150/310＝0.484だが、保守的に0.500とした。

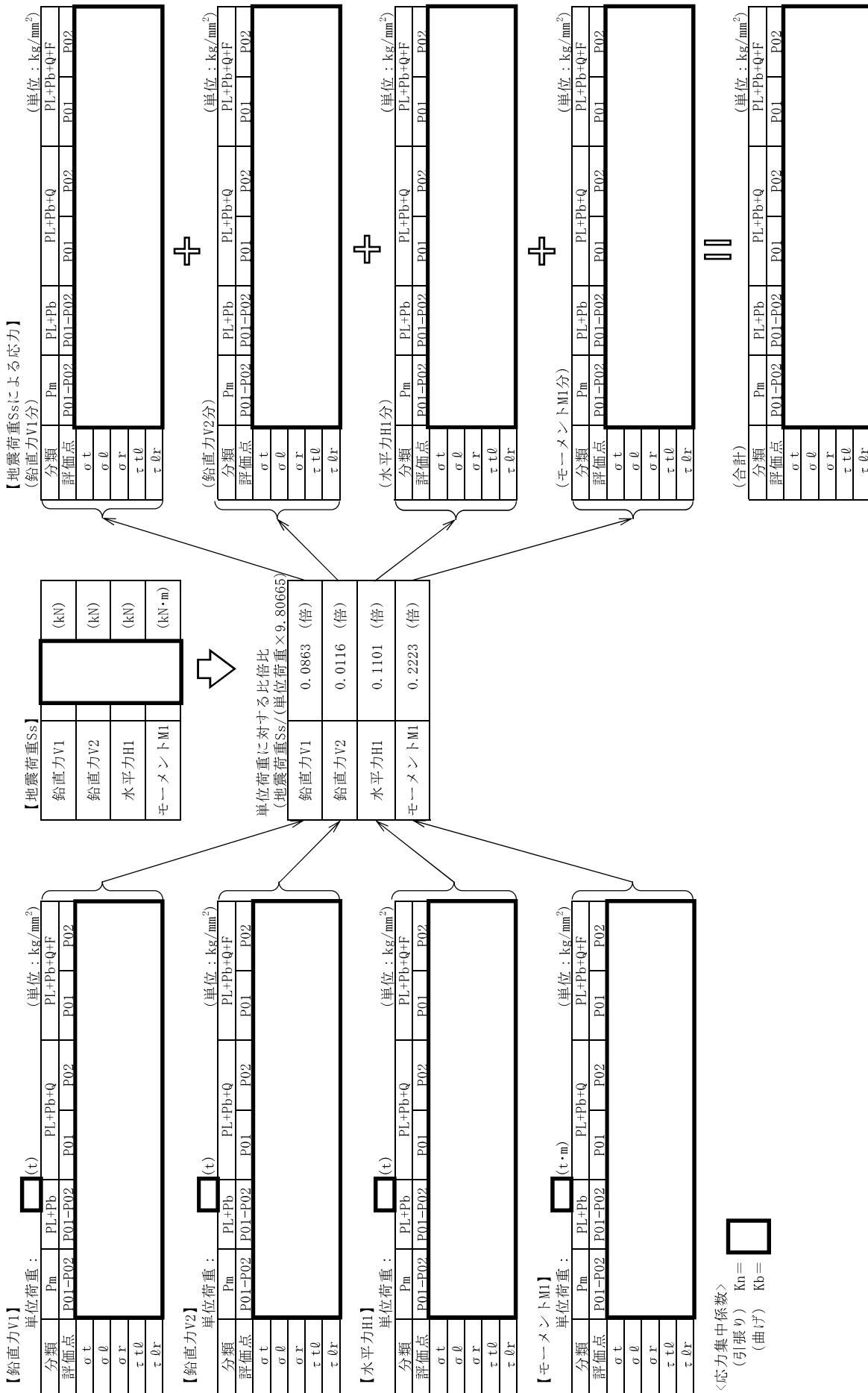


図 5.1 単位荷重からの計算過程 (今回工認の原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔 (N1) における地震荷重 Ss の評価点 P01-P02)

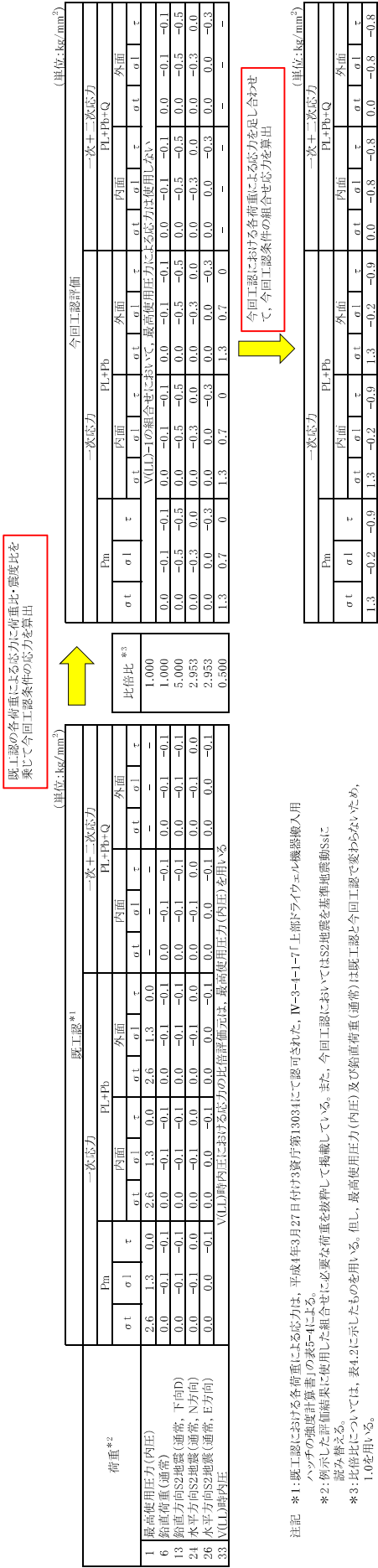


図 5.2 V-2-9-2-7 「上部ドライウエル機器搬入用ハッチの耐震計算書」における応力評価点 P8-A の計算例