

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0103_改4
提出年月日	2021年11月10日

VI-2-2-30 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての計算書

2021年11月
東北電力株式会社

目 次

1. 概要.....	1
2. 基本方針.....	2
2.1 位置.....	2
2.2 構造概要.....	3
2.3 評価方針.....	10
2.4 適用規格・基準等.....	13
3. 地震応答解析による評価方法.....	14
4. 地震応答解析による評価結果.....	15
4.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果.....	15
4.2 保有水平耐力の評価結果.....	18

別紙 1 浸水防護施設を支持する部位等の評価について


本日の説明範囲

別紙 1 浸水防護施設を支持する部位等の評価について

目 次

1. 概要.....	別紙 1- 1
2. 基本方針.....	別紙 1- 2
2.1 構造概要.....	別紙 1- 2
2.2 評価方針.....	別紙 1- 5
3. 浸水防護施設を支持する部位等の応力解析による評価.....	別紙 1- 6
3.1 評価フロー.....	別紙 1- 6
3.2 評価対象部位.....	別紙 1- 7
3.3 荷重及び荷重の組合せ.....	別紙 1- 8
3.3.1 荷重.....	別紙 1- 8
3.3.2 荷重の組合せ.....	別紙 1-16
3.4 解析モデル及び諸元.....	別紙 1-16
3.4.1 モデル化の基本方針.....	別紙 1-16
3.4.2 材料構成則.....	別紙 1-21
3.5 評価方法.....	別紙 1-24
3.5.1 応力解析方法.....	別紙 1-24
3.5.2 断面の評価方法.....	別紙 1-24
3.6 評価結果.....	別紙 1-26
4. 補機冷却海水系放水ピット上の浸水防止蓋を支持する壁の評価.....	別紙 1-39
4.1 評価対象部位.....	別紙 1-39
4.2 荷重及び荷重の組み合わせ.....	別紙 1-41
4.2.1 入力荷重.....	別紙 1-41
4.2.2 荷重の組み合わせ.....	別紙 1-42
4.3 解析モデル及び諸元.....	別紙 1-42
4.3.1 解析モデル.....	別紙 1-42
4.3.2 使用材料の物性値.....	別紙 1-43
4.4 評価方法.....	別紙 1-44
4.4.1 応力解析方法.....	別紙 1-44
4.4.2 断面の評価方法.....	別紙 1-44
4.5 評価結果.....	別紙 1-45
5. 補機冷却海水系放水ピット上の浸水防止蓋等を支持する 片持ちスラブの評価.....	別紙 1-46
5.1 評価対象部位.....	別紙 1-46
5.2 荷重及び荷重の組み合わせ.....	別紙 1-48
5.2.1 入力荷重.....	別紙 1-48

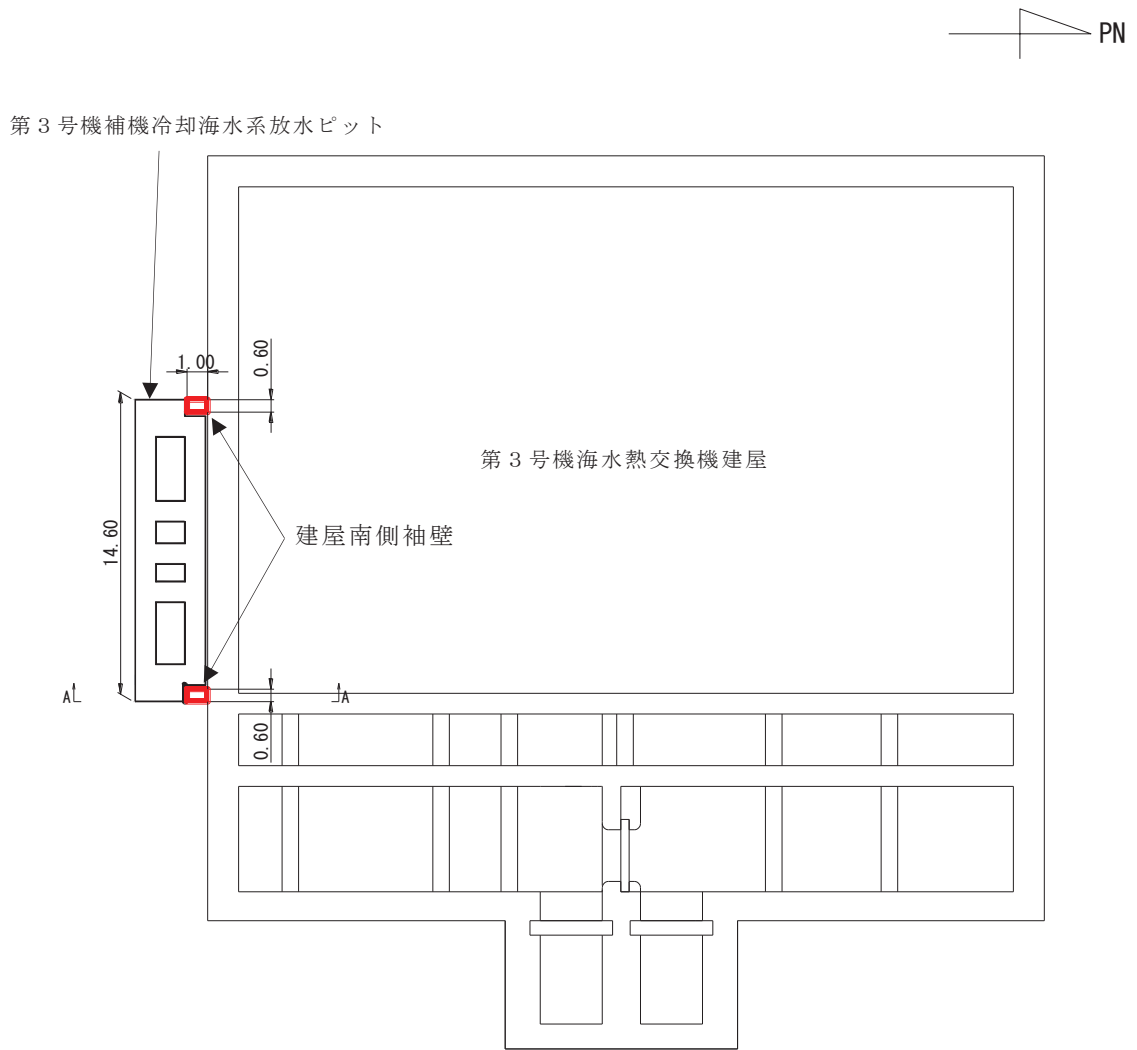
5.2.2	荷重の組み合わせ	別紙 1-49
5.3	解析モデル及び諸元	別紙 1-50
5.3.1	解析モデル	別紙 1-50
5.3.2	使用材料の物性値	別紙 1-52
5.4	評価方法	別紙 1-52
5.4.1	応力解析方法	別紙 1-52
5.4.2	断面の評価方法	別紙 1-53
5.5	評価結果	別紙 1-54
6.	建屋南側袖壁の評価	別紙 1-55
6.1	評価対象部位	別紙 1-55
6.2	荷重及び荷重の組み合わせ	別紙 1-58
6.3	評価モデル及び諸元	別紙 1-60
6.3.1	評価モデル	別紙 1-60
6.3.2	使用材料の物性値	別紙 1-61
6.4	評価方法	別紙 1-62
6.4.1	応力解析方法	別紙 1-62
6.4.2	断面の評価方法	別紙 1-62
6.5	評価結果	別紙 1-64
7.	引用文献	別紙 1-65

 本日の説明範囲

6. 建屋南側袖壁の評価

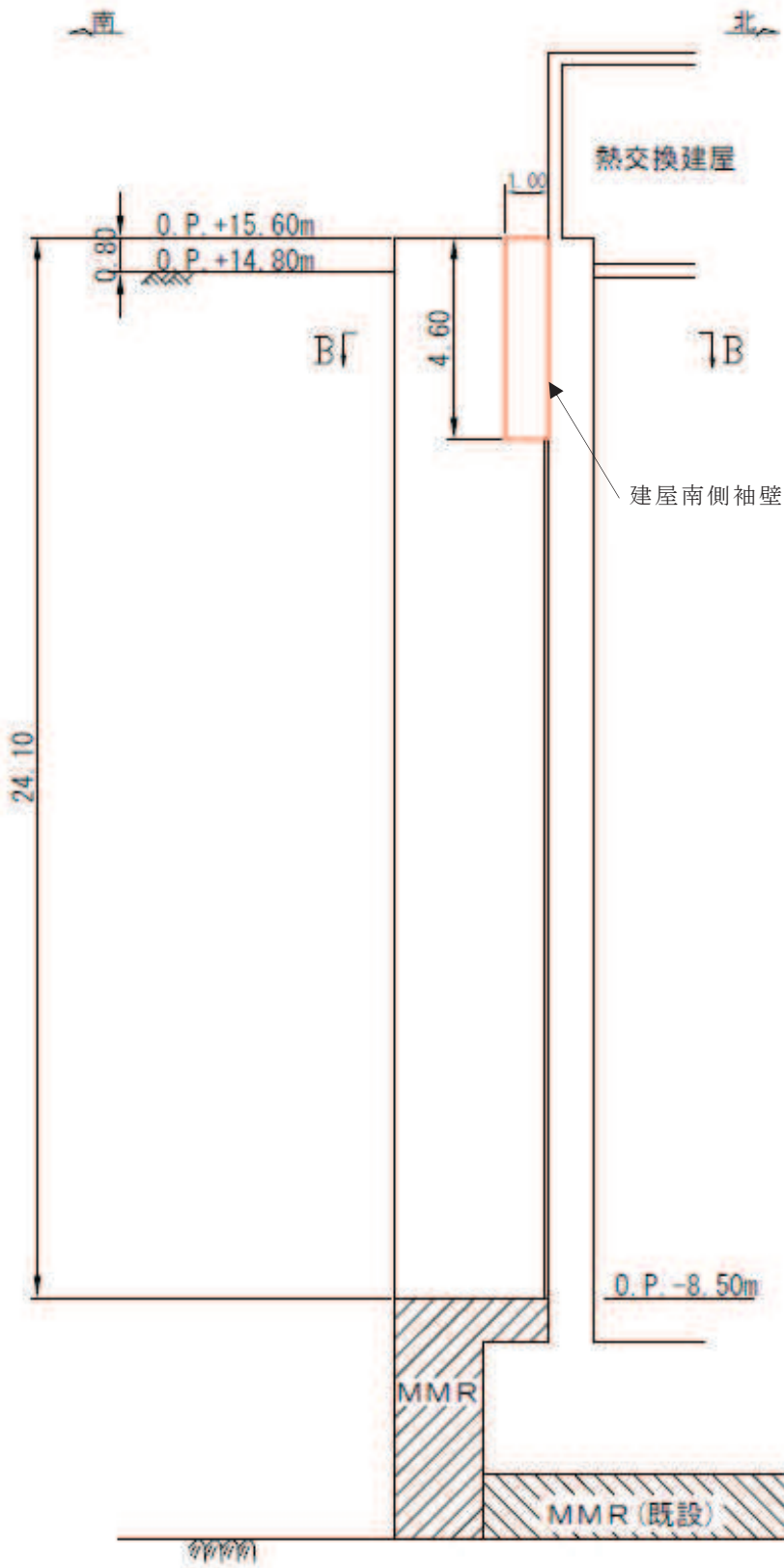
6.1 評価対象部位

浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の止水ジョイントは，第3号機海水熱交換機建屋側壁に設置する建屋南側袖壁に固定されることから，評価対象部位は建屋南側袖壁とする。建屋南側袖壁の概要を図6-1に示す。



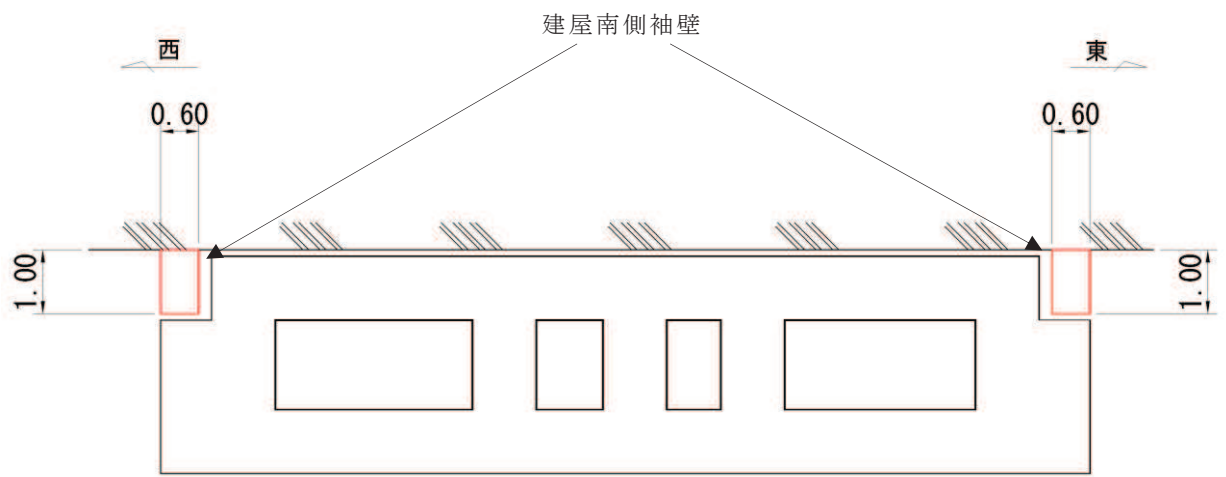
(単位：m)

図6-1 評価対象部位 平面図



(单位 : m)

图 6-2 侧面图 (A-A 断面)



(单位 : m)

图 6-3 断面图 (B-B 断面)

6.2 荷重及び荷重の組み合わせ

表 6-1 に示す地震時の荷重の組み合わせを考慮する。

表 6-1 応力解析における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
地震時荷重	慣性力	躯体に作用する慣性力 ^{*1}
	土圧	躯体に作用する地震時土圧 ^{*2}

注記*1：添付書類「VI-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」の地震応答解析結果に基づき、材料物性の不確かさを考慮した各ケースの震度の包絡値とする。

*2：添付書類「VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の耐震性についての計算書」及び添付書類「VI-3-別添 3-2-7-2 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の強度計算書」に示す、材料物性の不確かさを考慮した各ケースの包絡値とする。

(1) 躯体に作用する慣性力

地震時慣性力の算出に用いる水平震度を表 6-2 に示す。

表 6-2 地震時慣性力の算出に用いる水平震度

ケース	O.P. (m)	水平震度 (EW 方向)
S s 地震時	15.0	2.07

(2) 躯体に作用する地震時土圧

建屋南側袖壁に作用する地震時土圧は第3号機補機冷却海水系放水ピットの地盤応答解析によって得られた地震時土圧（EW方向）を用いる。地震時土圧の一覧表を表6-3に示す。

躯体に作用する地震時土圧は最大包絡値 354kN/m²とする。

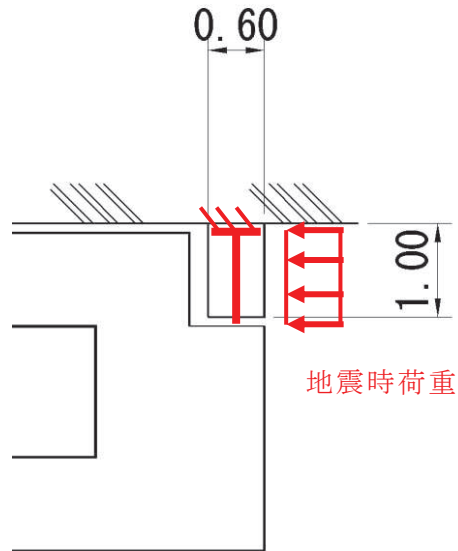
表 6-3 地震時土圧一覧表

地震動		土圧最大値 (kN/m ²)			
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース	材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース
Ss-D1	++	311.7			
	--	326.4			
Ss-D2	++	296.1			
	--	289.2			
Ss-D3	++	239.8			
	--	234.0			
Ss-F1	++	239.5			
	--	229.3			
Ss-F2	++	276.1			
	--	267.1			
Ss-F3	++	281.5			
	--	253.7			
Ss-N1	++	349.5	<u>354.0</u>	350.8	348.7
	--	347.3			

6.3 評価モデル及び諸元

6.3.1 評価モデル

評価モデル概要図を図 6-4 に示す。第 3 号機海水熱交換機建屋側壁を固定端とした片持ち梁としてモデル化を行う。なお、本構造物は鉛直方向に連続した形状であるため、片持ち梁の検討幅は 1m とする。



(単位：m)

図 6-4 評価モデル

6.3.2 使用材料の物性値

使用材料の物性値を表 6-4 に示す。

コンクリートのヤング係数については、設計基準強度に基づき算定した値とする。コンクリートの圧縮強度は設計基準強度に基づく値とする。

表 6-4 使用材料の物性値

(a) コンクリート

コンクリートの 設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
30.0	2.44×10^4	0.2

(b) 鉄筋

鉄筋の種類	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD345	2.05×10^5

6.4 評価方法

6.4.1 応力解析方法

建屋南側袖壁について第3号機海水熱交換器建屋側壁を固定端としてモデル化した応力解析を実施する。

6.4.2 断面の評価方法

建屋南側袖壁は、第3号機海水熱交換機建屋側壁を固定端とした片持ち梁モデルであり、そのモデルから算定される曲げモーメント、並びに面外せん断力に対して次のように評価し、健全性を確認する。

張出長の単位長さ当りの地震時土圧の分布荷重を P 、慣性力の分布荷重を S_s とし、以下の式にて断面力を算定した。

(曲げモーメント)

$$M = (P + S_s) \cdot L^2 / 2$$

ここに、

- M : 曲げモーメント (kN・m)
- P : 地震時土圧の分布荷重 (kN/m)
- S_s : 慣性力の分布荷重 (kN/m)
- L : 建屋南側袖壁張出長 (m)

(せん断力)

$$S_d = \gamma_a \cdot S$$

ここに、

- S_d : 設計せん断力 (kN)
- γ_a : 構造解析係数 (=1.05)
- S : 発生せん断力 (kN) (= $(P + S_s) \cdot L$)

建屋南側袖壁は、海水熱交換器建屋に固定された浸水防止機能を担う部材であり、地震時に損傷することで同機能を損なう可能性がある。そこで、地震時における発生応力度等が短期許容応力度以内に収まっていることで、応答が弾性範囲内に抑えられ健全性が維持されるものと判断されることから、断面の評価にあたって、曲げモーメントに対する評価については「RC規準」に基づく短期許容曲げモーメント M_A を、面外せん断力に対する評価については「RC規準」に基づく短期許容面外せん断力 Q_A を許容値とし、算出した発生応力が許容値を超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j \cdot 10^{-6}$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (kN・m)

a_t : 横筋設計断面積 (mm²)

f_t : 短期許容引張応力度 (N/mm²)*

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

注記* : 「建設省告示第2464号」に基づき降伏点強度に1.1倍の割増しを考慮する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002) \} \cdot 10^{-3}$$

ここで、

Q_A : 短期許容面外せん断力 (kN)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

α : 許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (1.19N/mm²)

${}_w f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度*

注記* : 「建設省告示第2464号」に基づき降伏点強度に1.1倍の割増しを考慮する。

p_w : せん断補強筋比

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a_w : せん断補強筋の断面積 (mm²)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

6.5 評価結果

断面の評価結果を表 6-5 に示す。

表 6-5 より建屋南側袖壁に対する曲げモーメント並びに面外せん断力は、許容値を下回ることを確認したことから、地震時に必要な構造強度を有することを確認した。

表 6-5(1) 止水ジョイント袖壁の曲げ・軸力系の破壊（鉄筋）に対する照査結果

地震動	解析 ケース	配筋	発生断面力	短期許容曲げ モーメント M_A (k N · m)	照査値	
			曲げモーメント (k N · m)			
S s - N1	++	②	D 22@200	192	289	0.67

表 6-5(2) 止水ジョイント袖壁のせん断破壊に対する照査結果

地震動	解析 ケース	せん断補強筋	発生断面力	短期許容 面外せん断力 Q_A (k N)	照査値	
			せん断力 (k N)			
S s - N1	++	②	D 19@300×400	384	878	0.44