

VI-3 強度に関する説明書

VI-3-3 強度計算書

VI-3-3-3 原子炉冷却系統施設の強度に関する説明書

VI-3-3-3-2 原子炉冷却材の循環設備の強度計算書

VI-3-3-3-2-1 主蒸気系の強度計算書

VI-3-3-3-2-1-2 管の強度計算書
(主蒸気系)

VI-3-3-3-2-1-2-2 管の応力計算書
(主蒸気系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件 圧力 (MPa)	DB 条件 温度 (°C)	SA 条件 圧力 (MPa)					
MS-PD-1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PD-2	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PD-3	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PD-4	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件 圧力 (MPa)	DB 条件 温度 (°C)	SA 条件 圧力 (MPa)					
MS-PS-6	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-7	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-8	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-9	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-10	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-11	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-12	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-13	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有 無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件 圧力 (MPa)	DB 条件 温度 (°C)	SA 条件 圧力 (MPa)						SA 条件 温度 (°C)
MS-PS-14	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-15	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-16	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
MS-PS-17	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.73	250	3.73	250	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

重大事故等対処設備

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	10
3. 計算条件	32
3.1 計算条件	32
3.2 材料及び許容応力	55
4. 評価結果	57
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	61

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。


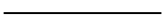
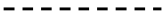
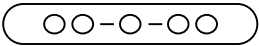
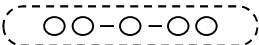

(1) 管

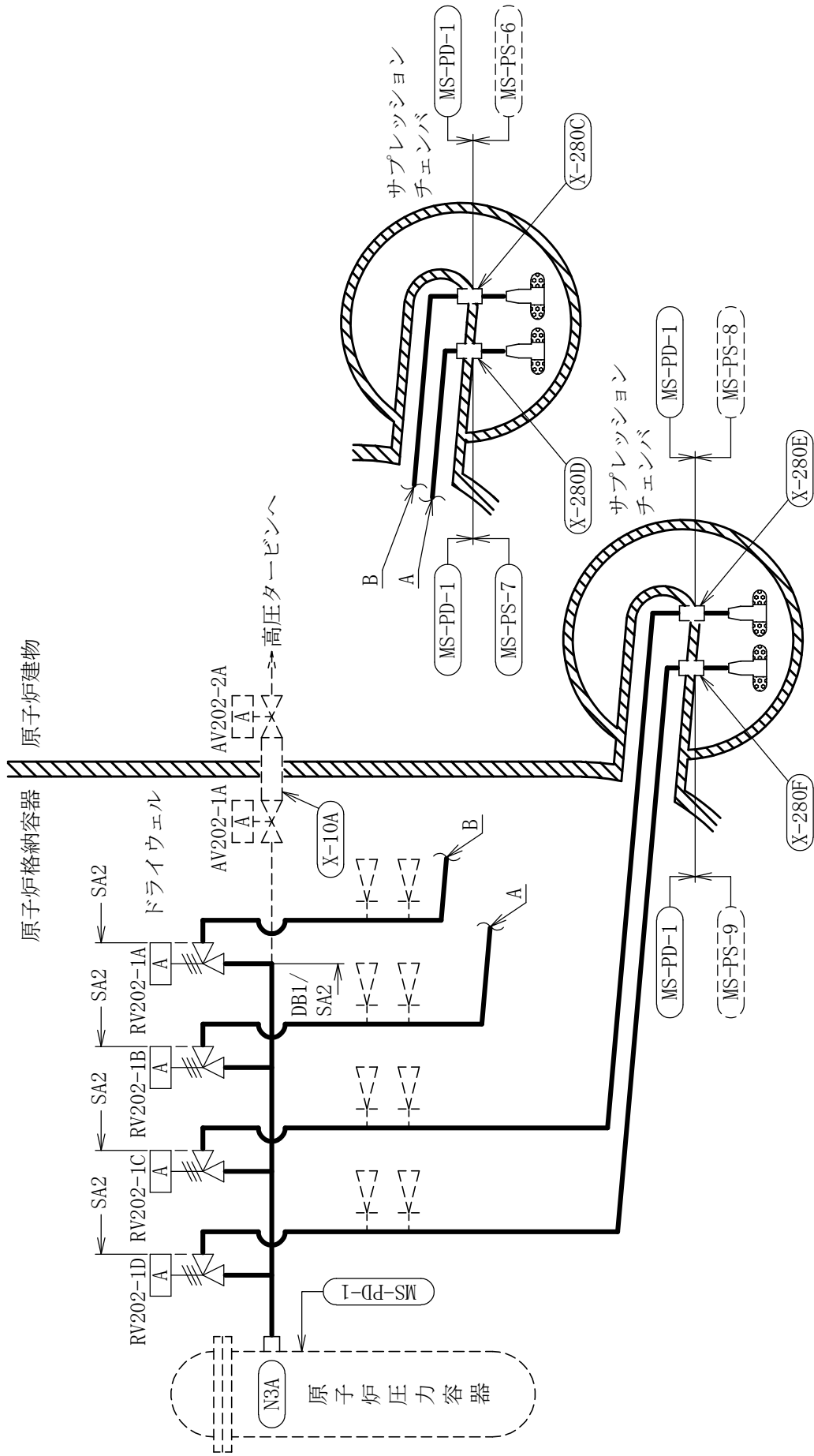
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全16モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

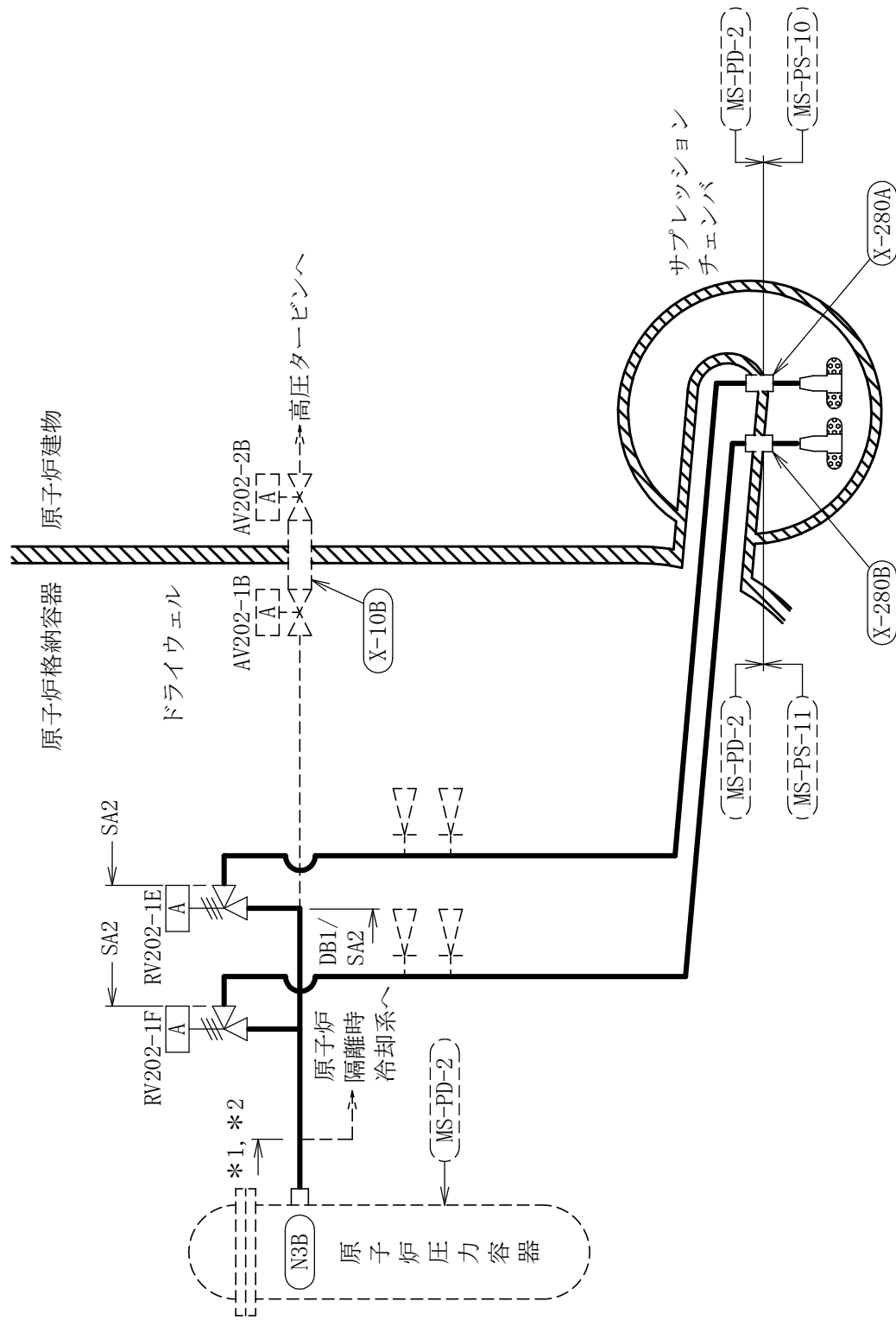
2. 概略系統図及び鳥瞰図

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
SA2	重大事故等クラス 2 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

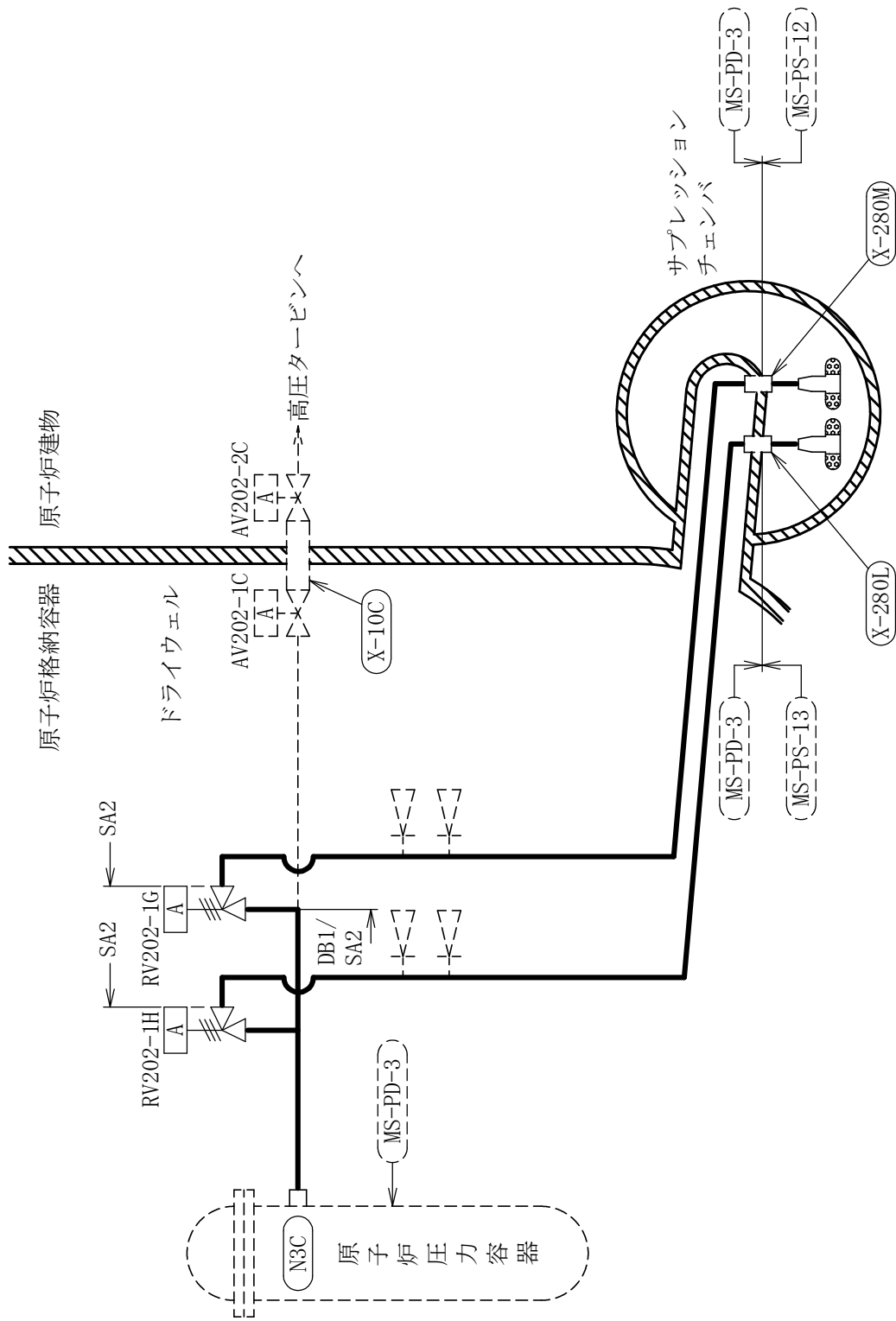




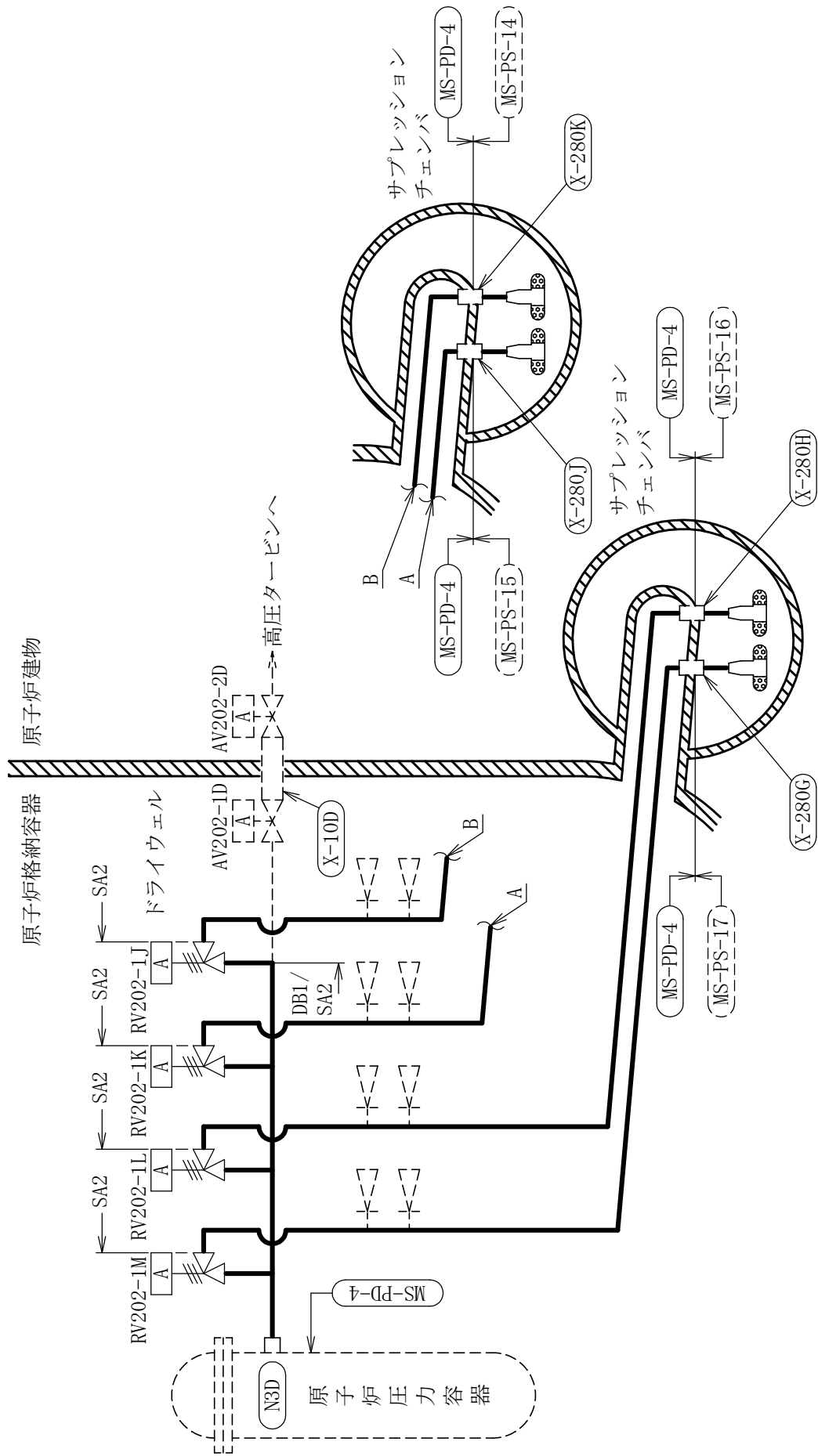
注記*1: 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。

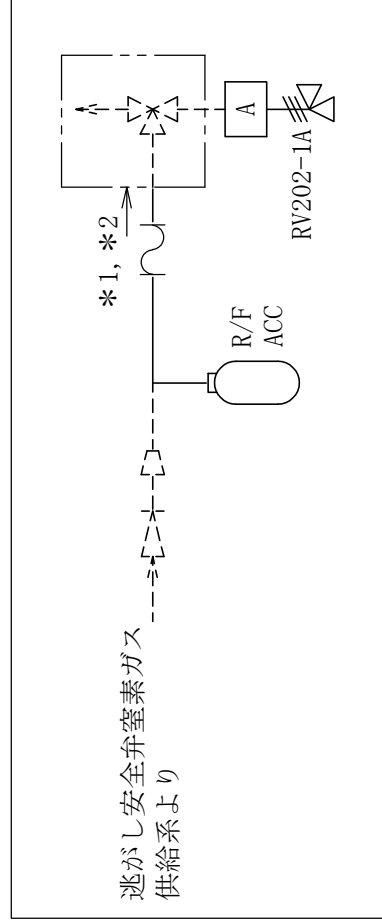
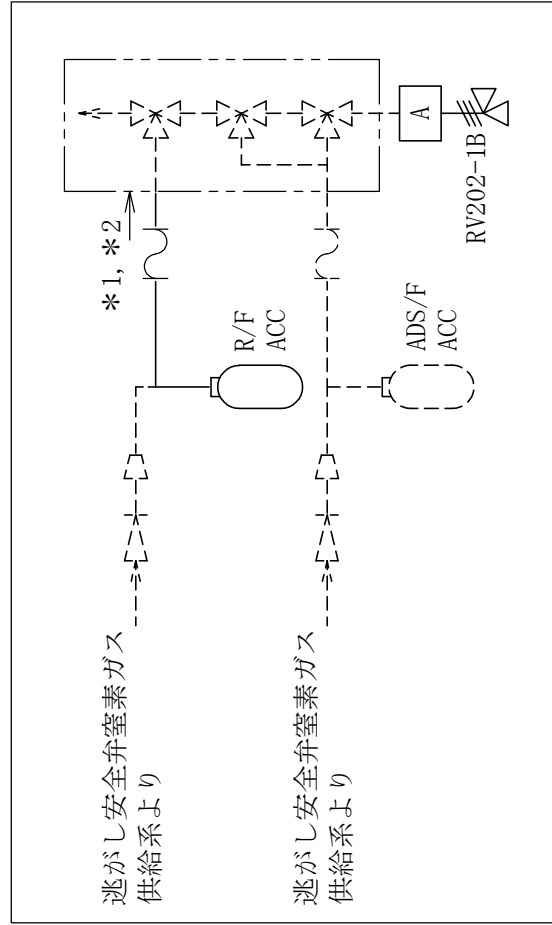
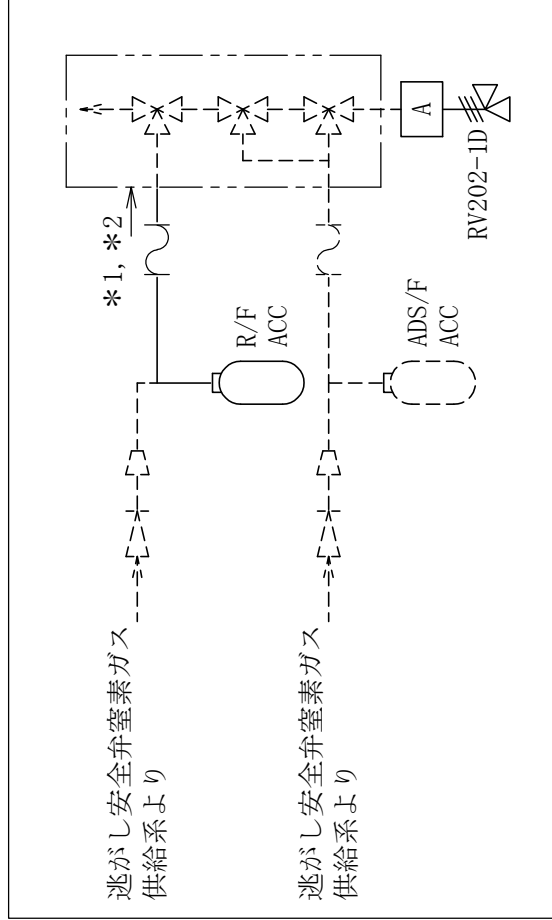
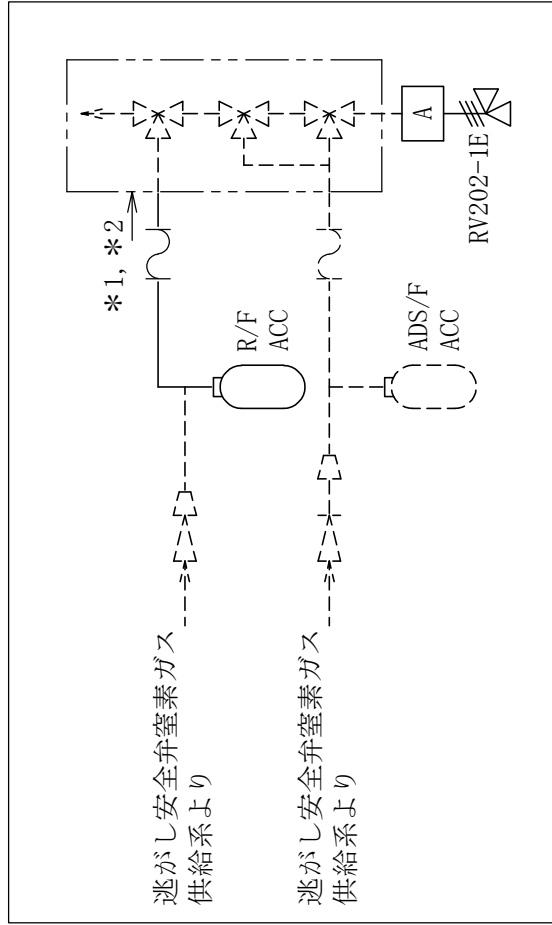
*2: 原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。

主蒸気系概略系統図 (その2)



主蒸気系概略系統図 (その3)





注：本図中の記号の定義を以下に示す。

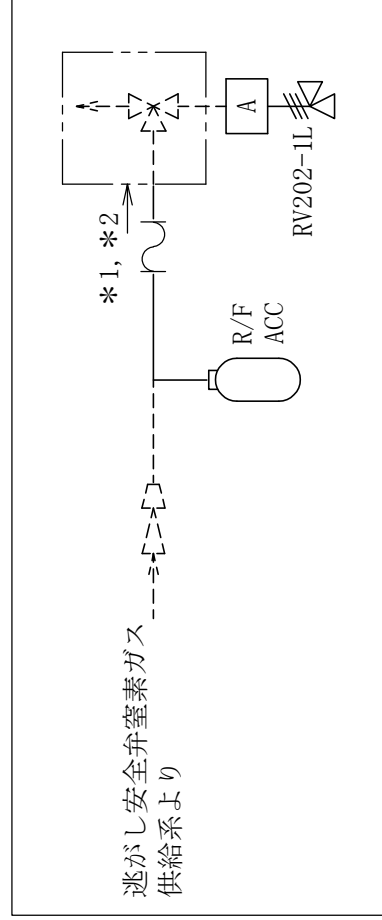
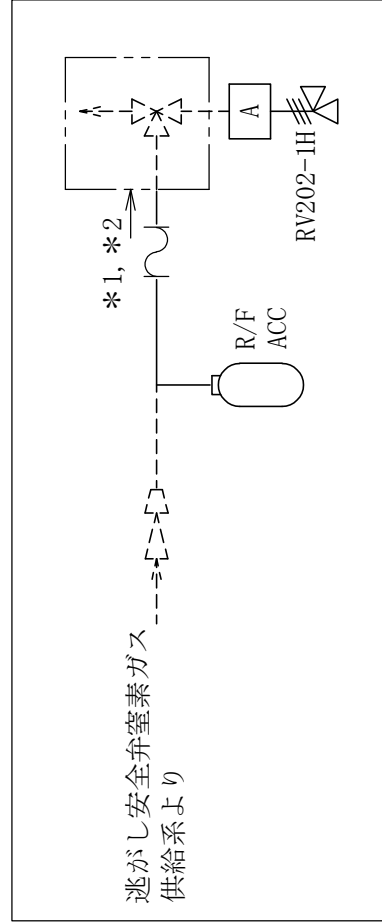
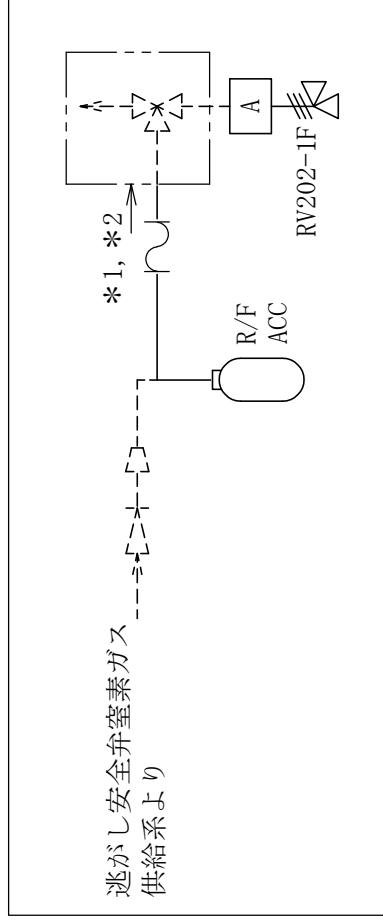
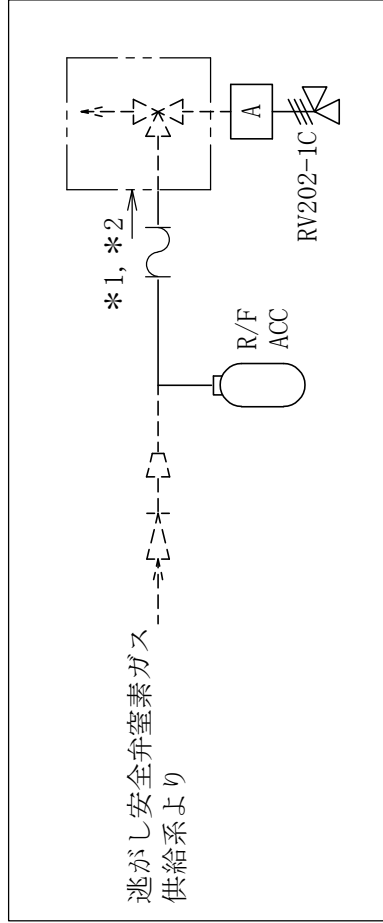
ADS/F ACC：逃がし安全弁自動減圧機能用アキウムレータ

R/F ACC：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキウムレータ

注記*1：逃がし安全弁窒素ガス供給系との兼用範囲である。

*2：計算結果は逃がし安全弁窒素ガス供給系に含めて示す。

主蒸気系概略系統図（その5）

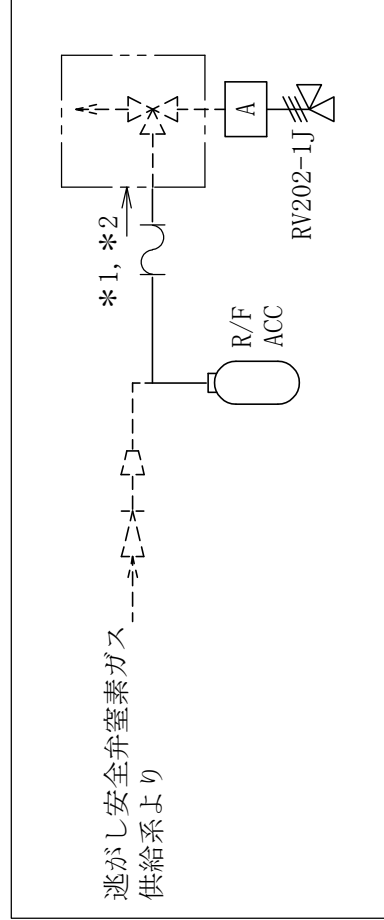
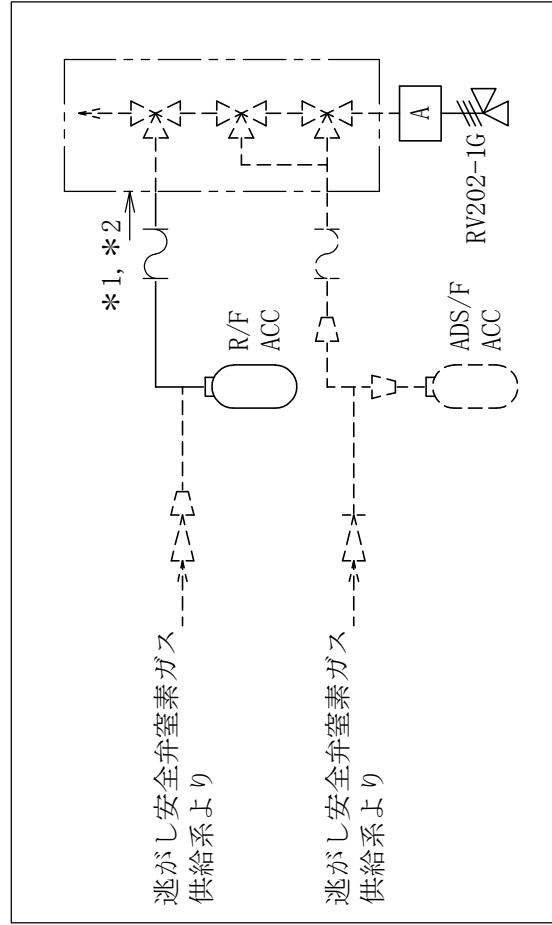
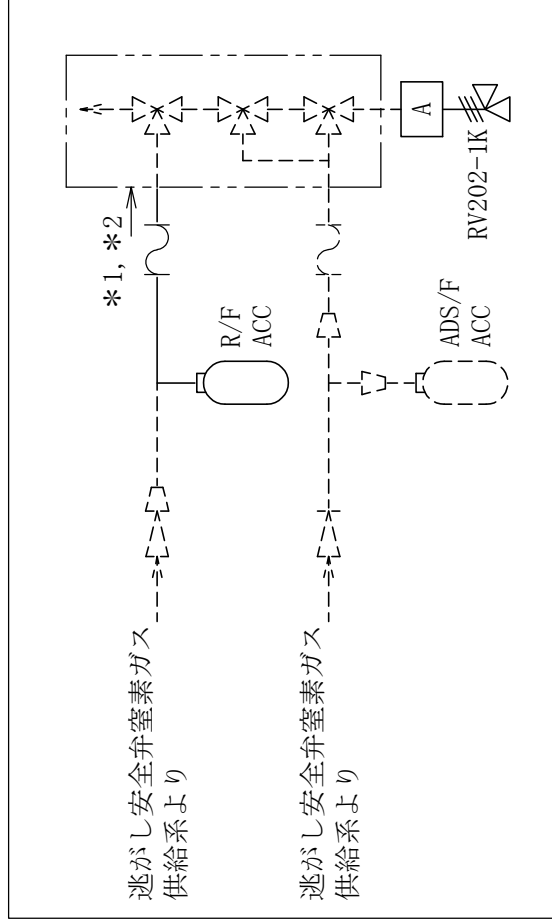
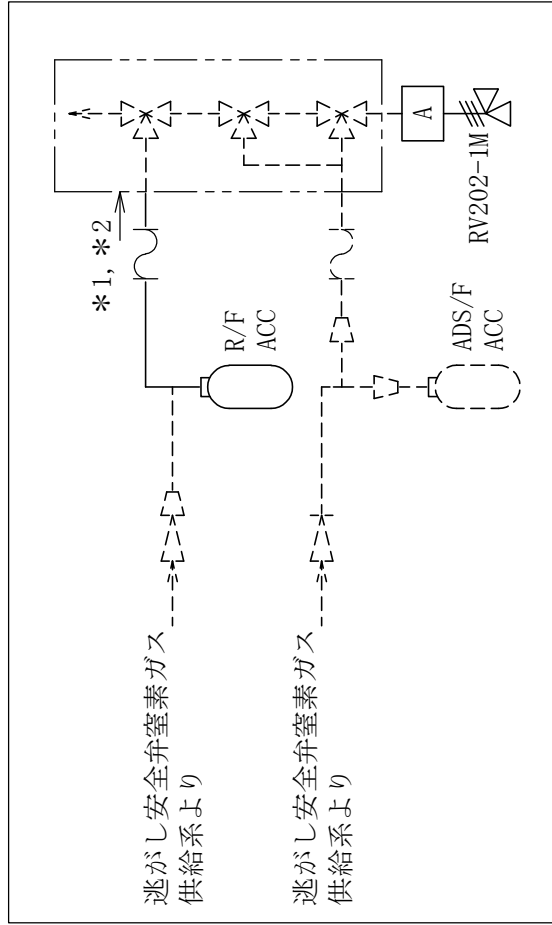


注記*1：逃がし安全弁窒素ガス供給系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は逃がし安全弁窒素ガス供給系に含めて示す。

注：本図中の記号の定義を以下に示す。

ADS/F ACC：逃がし安全弁自動減圧機能用アキウムレータ

R/F ACC：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキウムレータ



注：本図中の記号の定義を以下に示す。

ADS/F ACC：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ



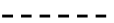


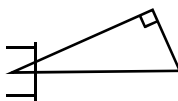
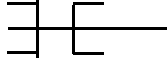
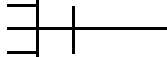

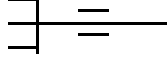
R/F ACC：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ

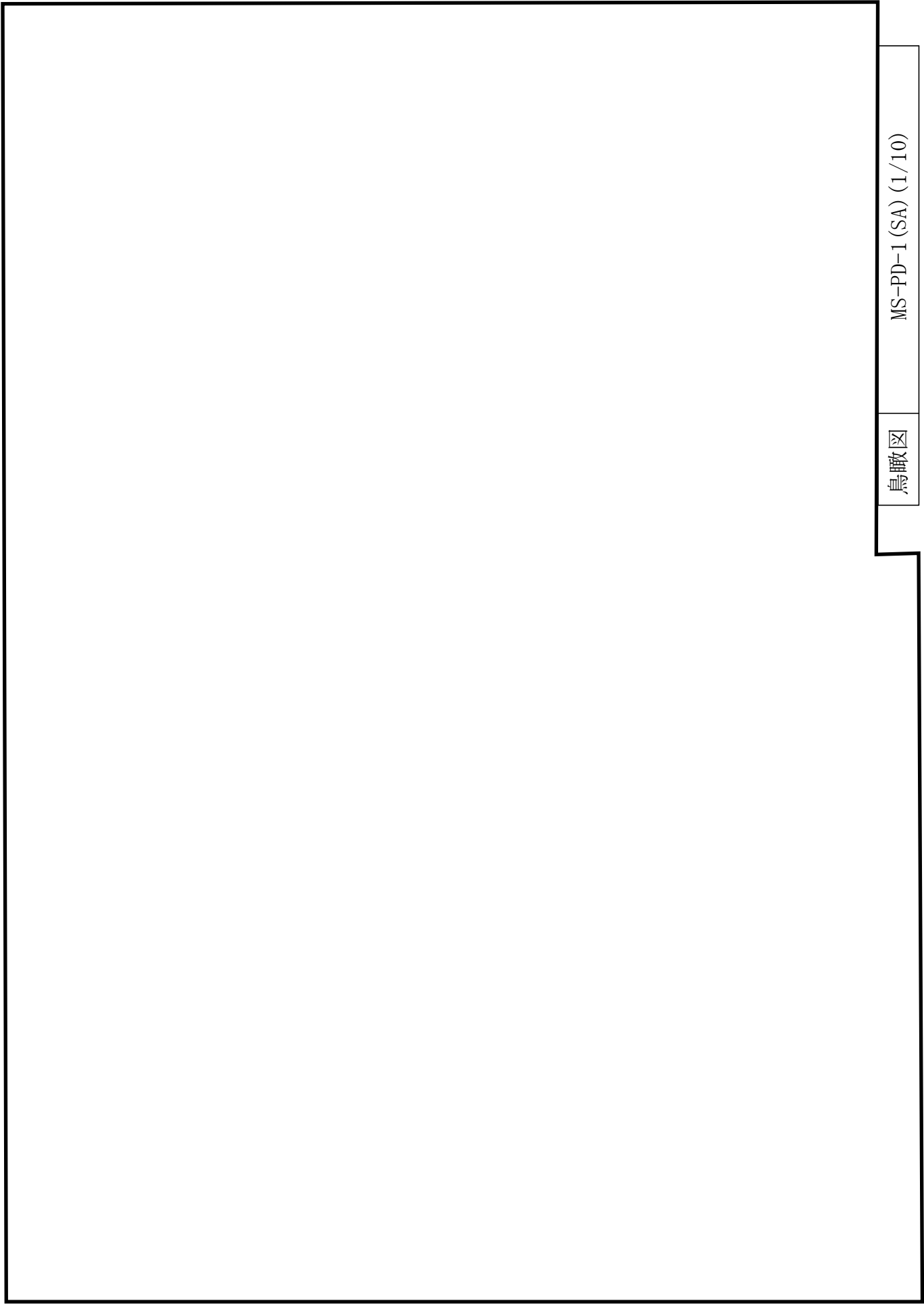
注記*1：逃がし安全弁室素ガス供給系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は逃がし安全弁室素ガス供給系に含めて示す。

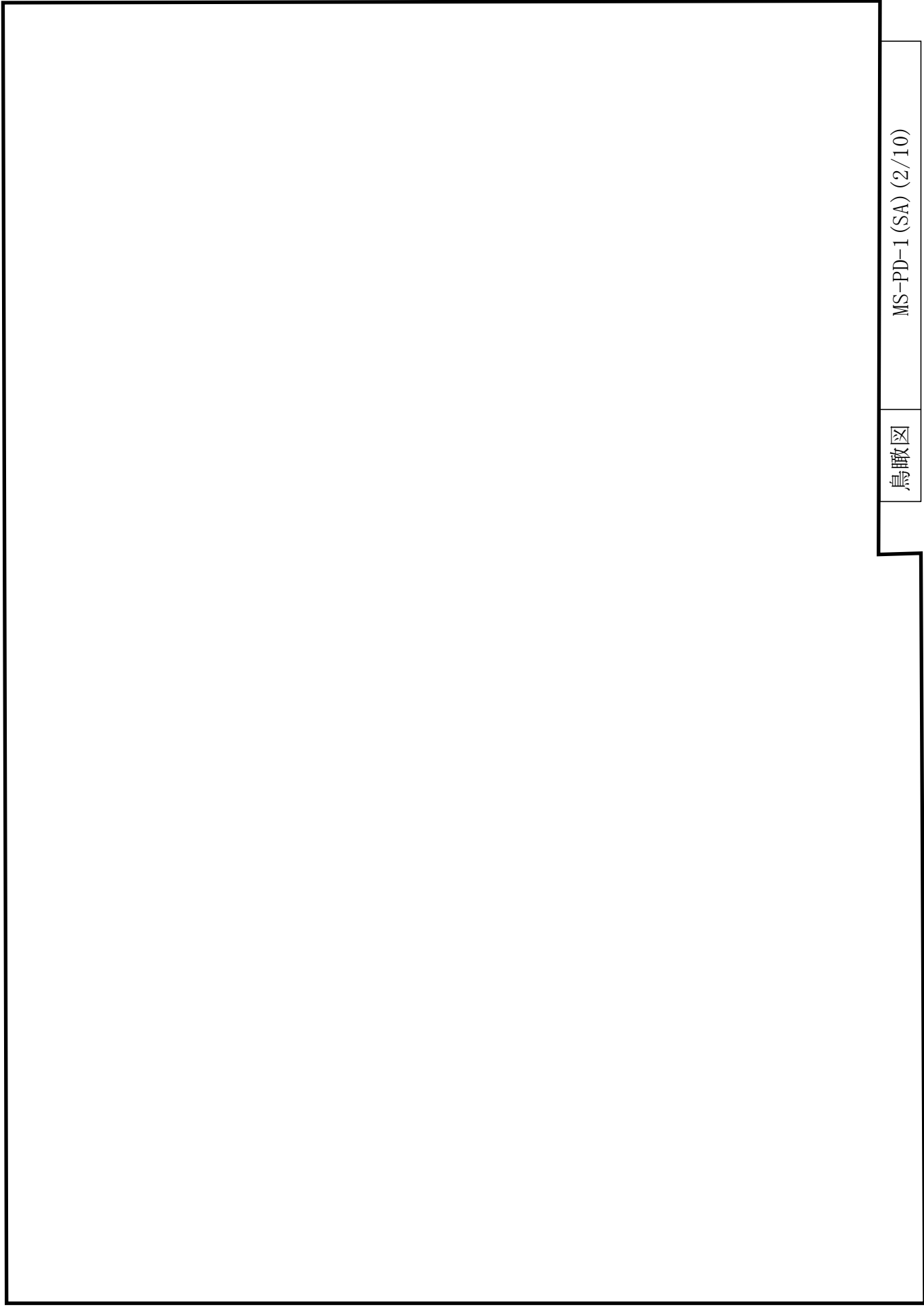
主蒸気系概略系統図（その7）

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

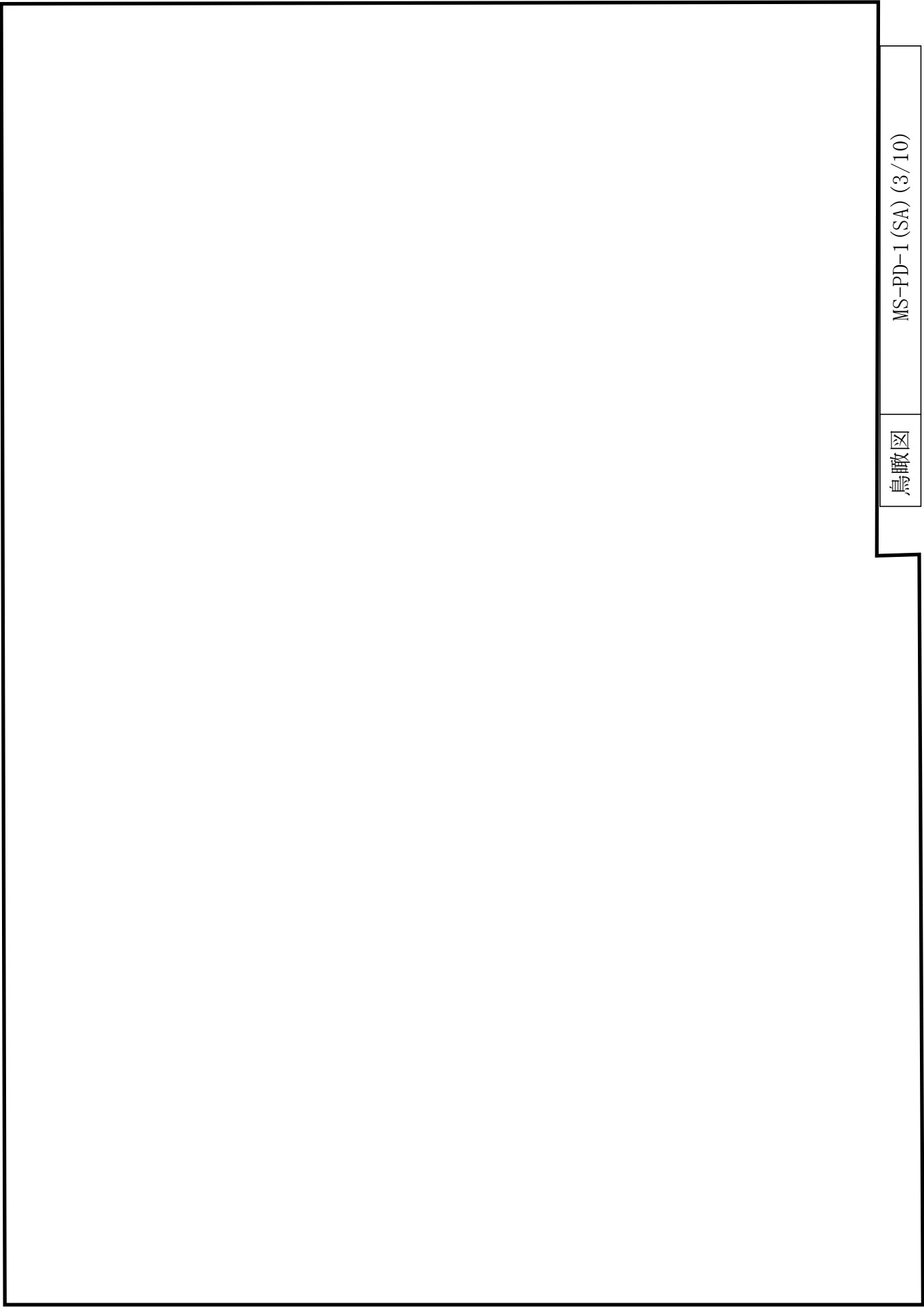
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ガイド
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	





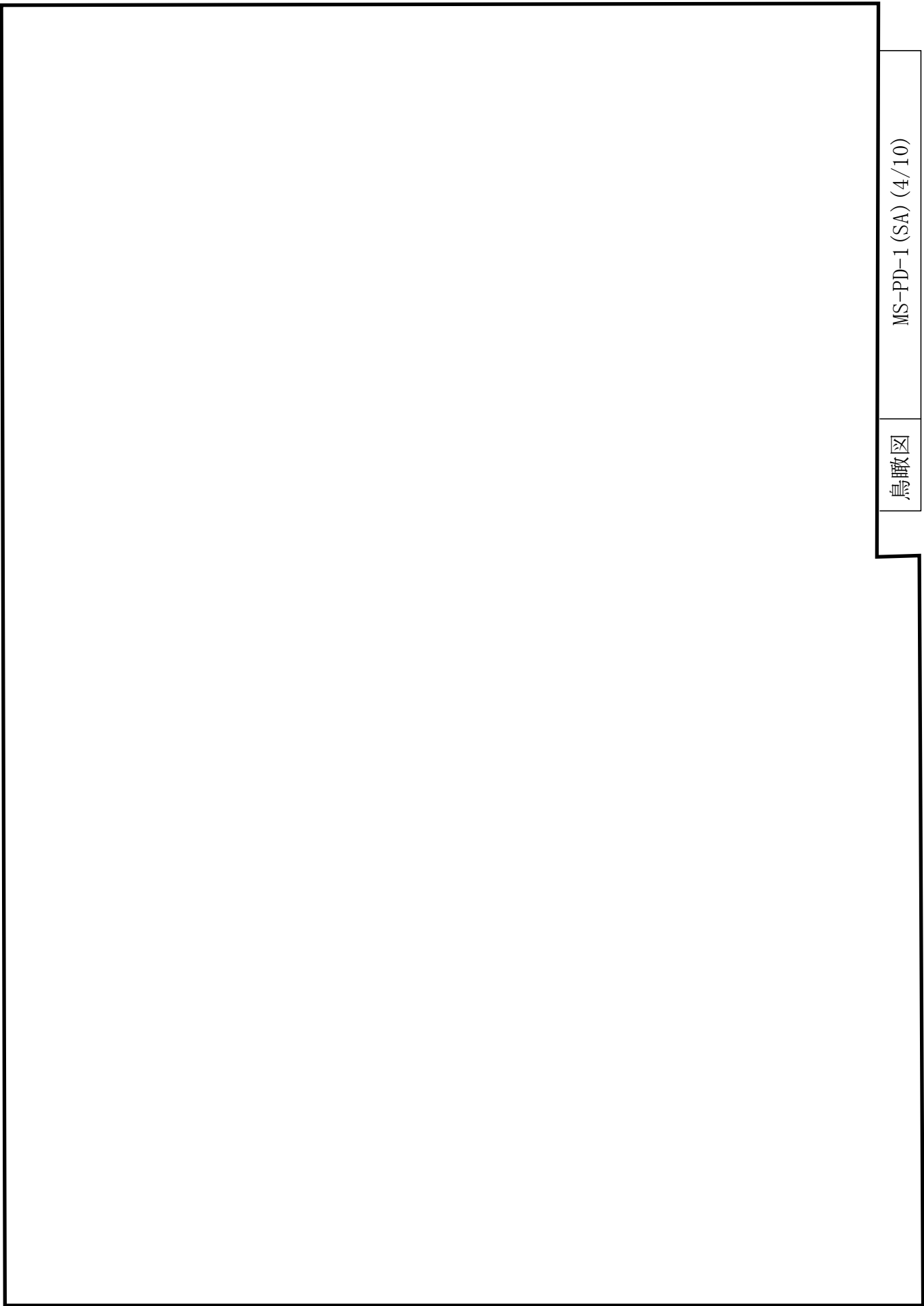
鳥瞰図

MS-PD-1 (SA) (2/10)



鳥瞰図

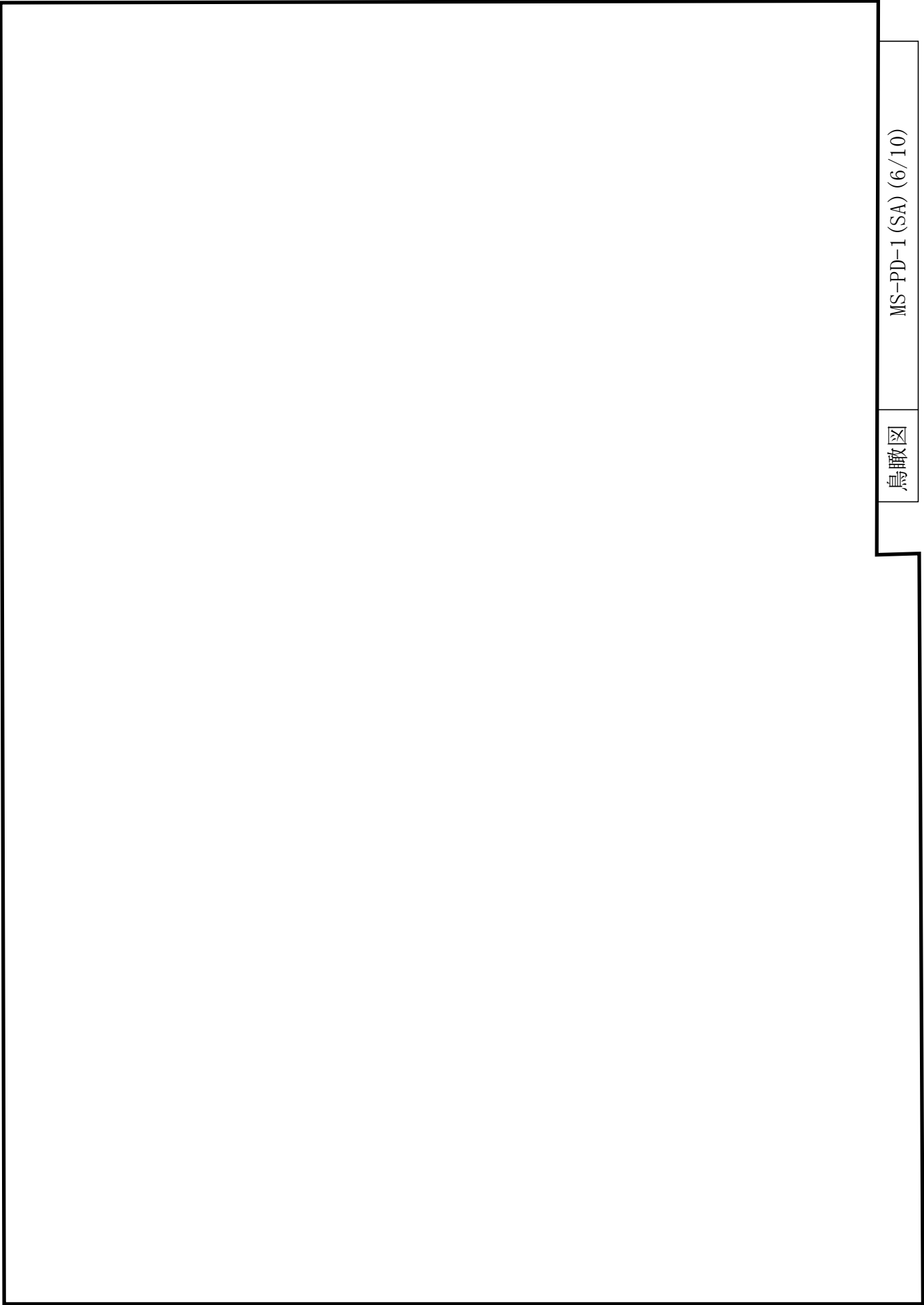
MS-PD-1 (SA) (3/10)



S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2(重) R0

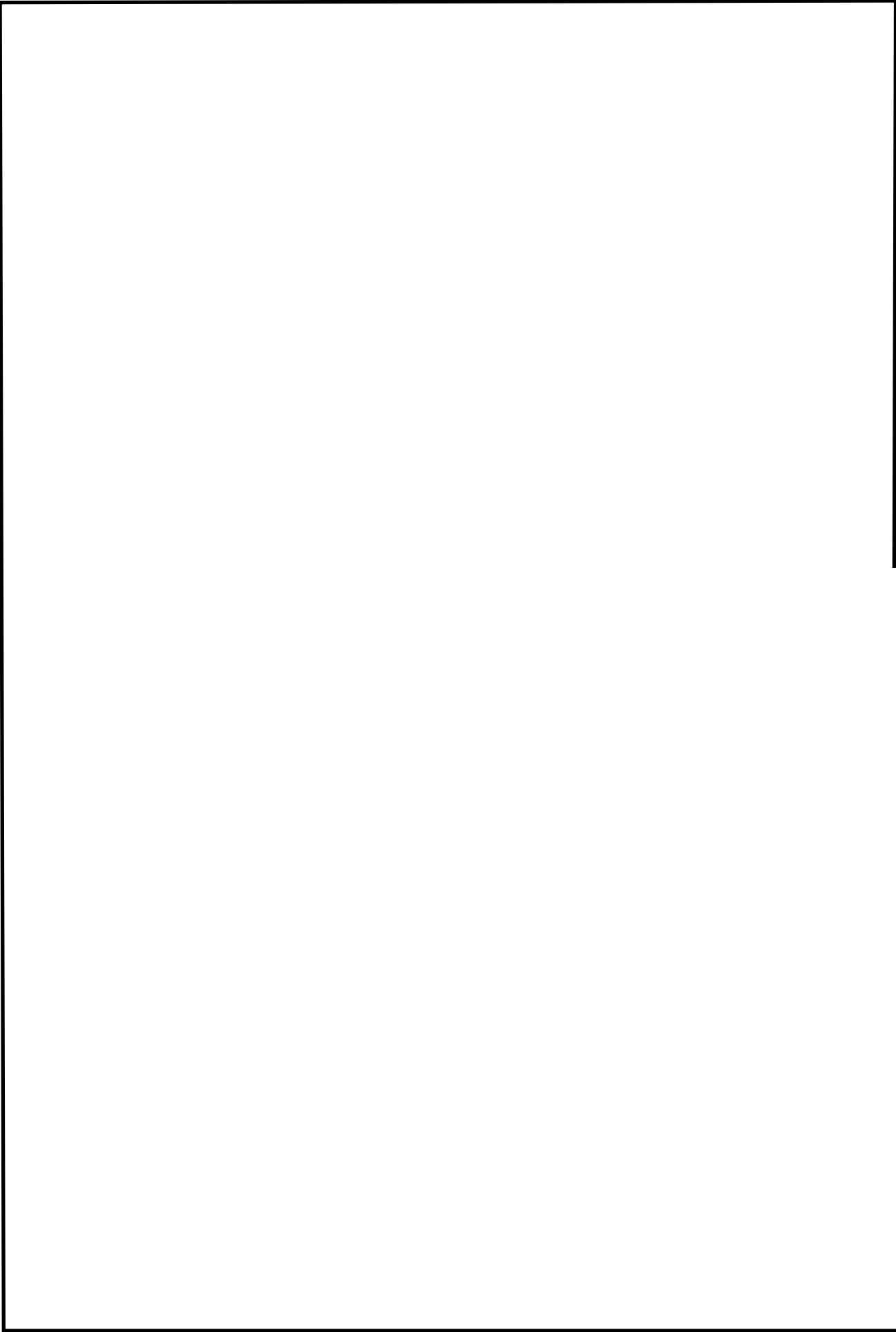
鳥瞰図

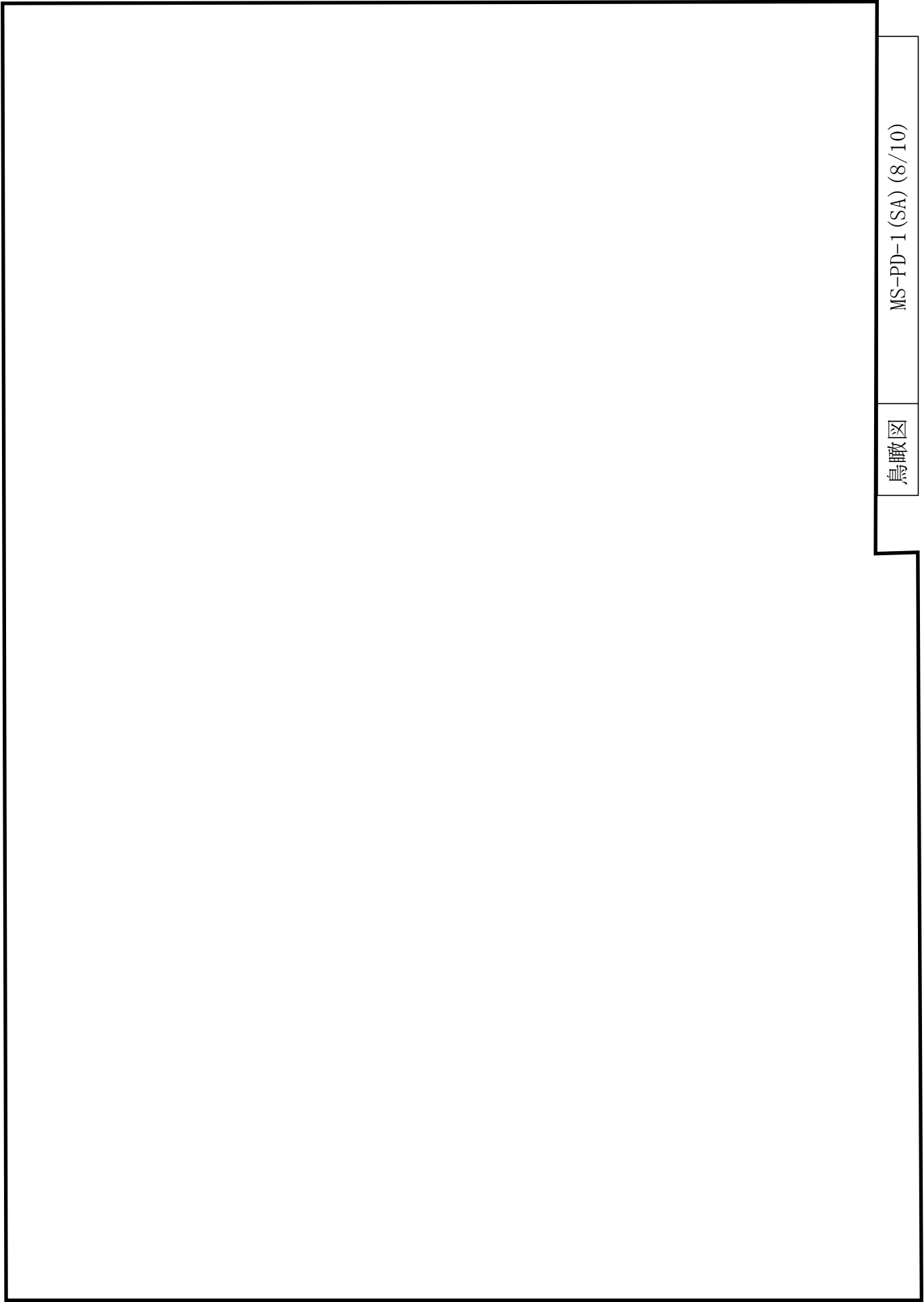
MS-PD-1 (SA) (5/10)

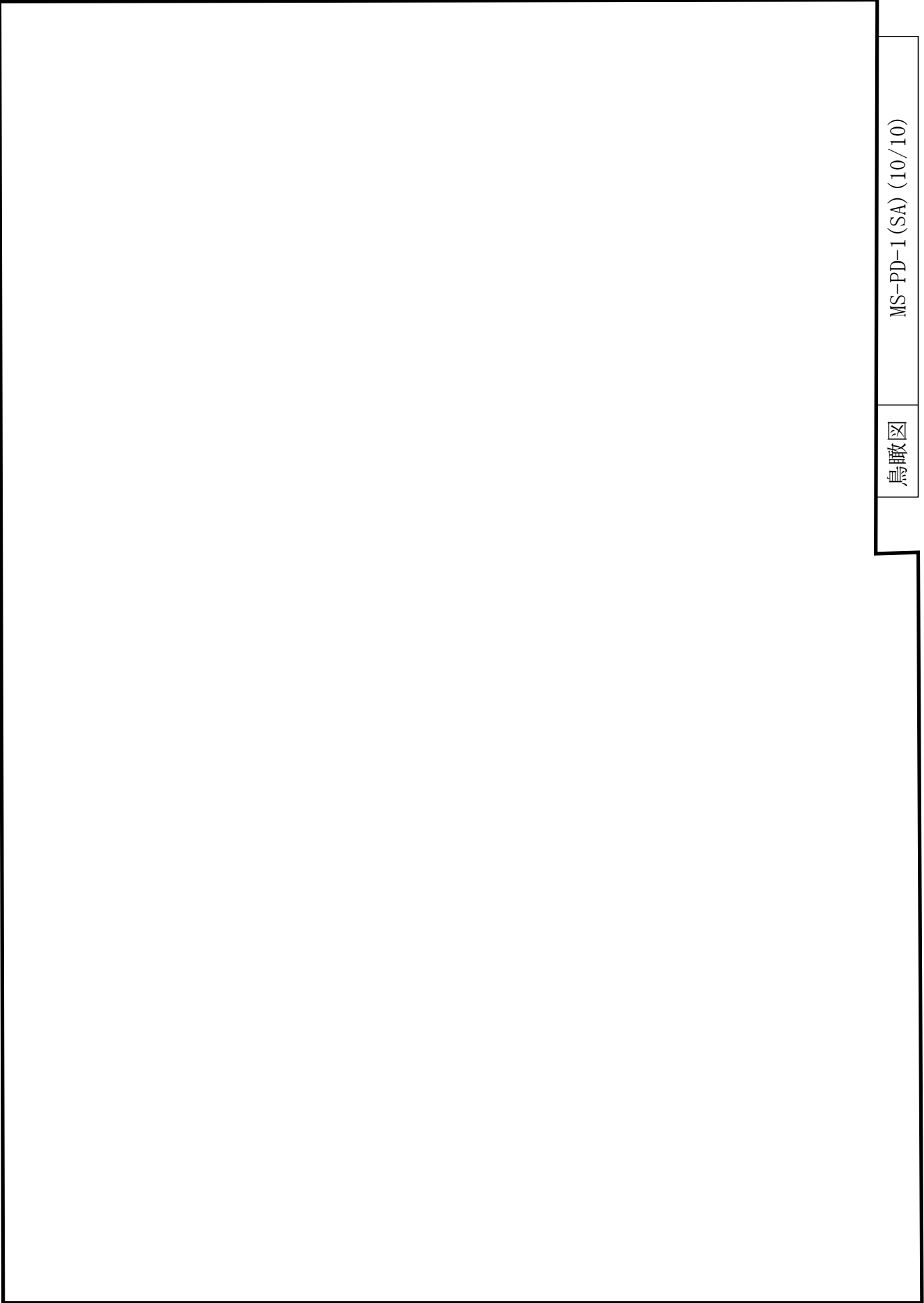


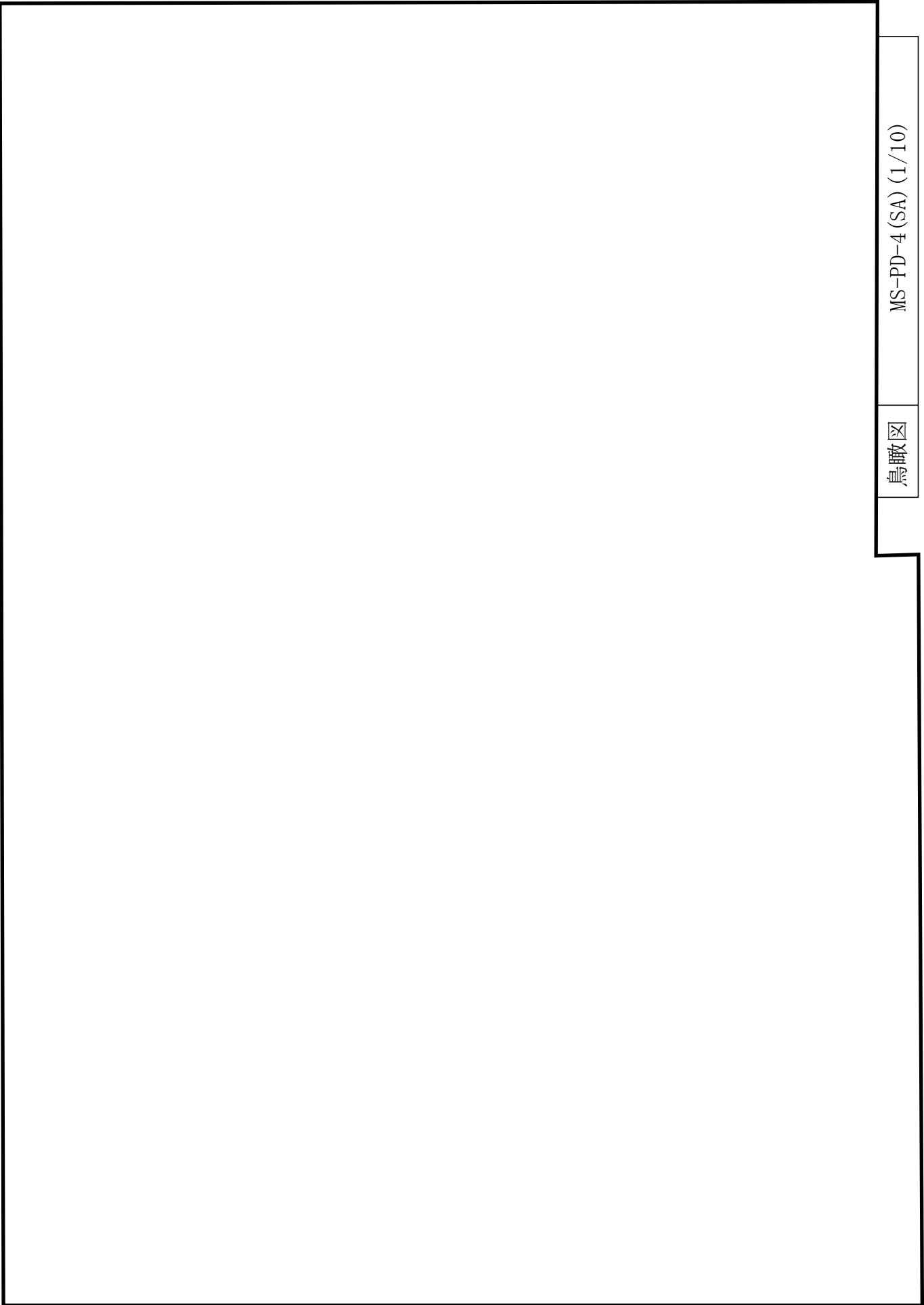
鳥瞰図

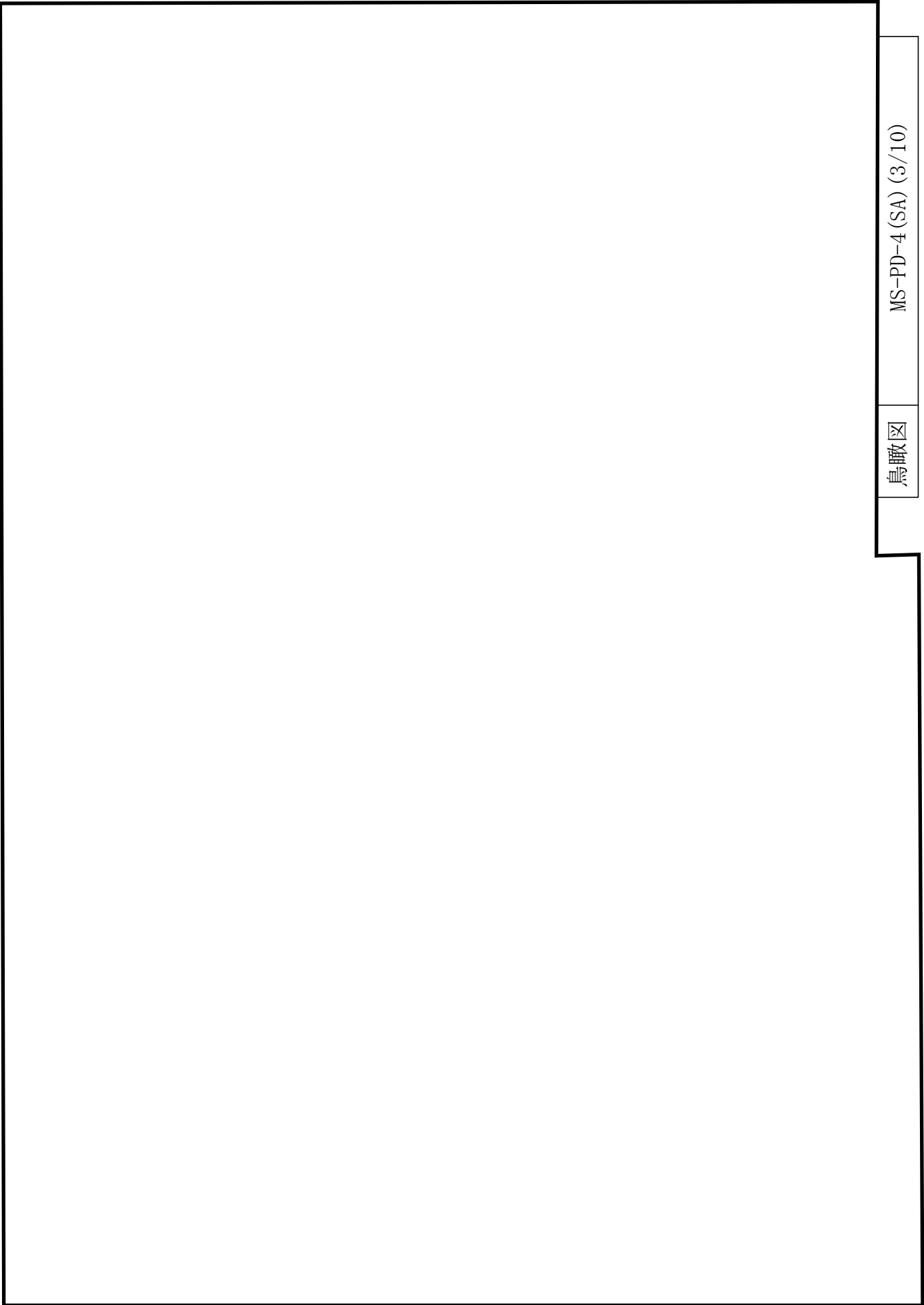
MS-PD-1 (SA) (6/10)

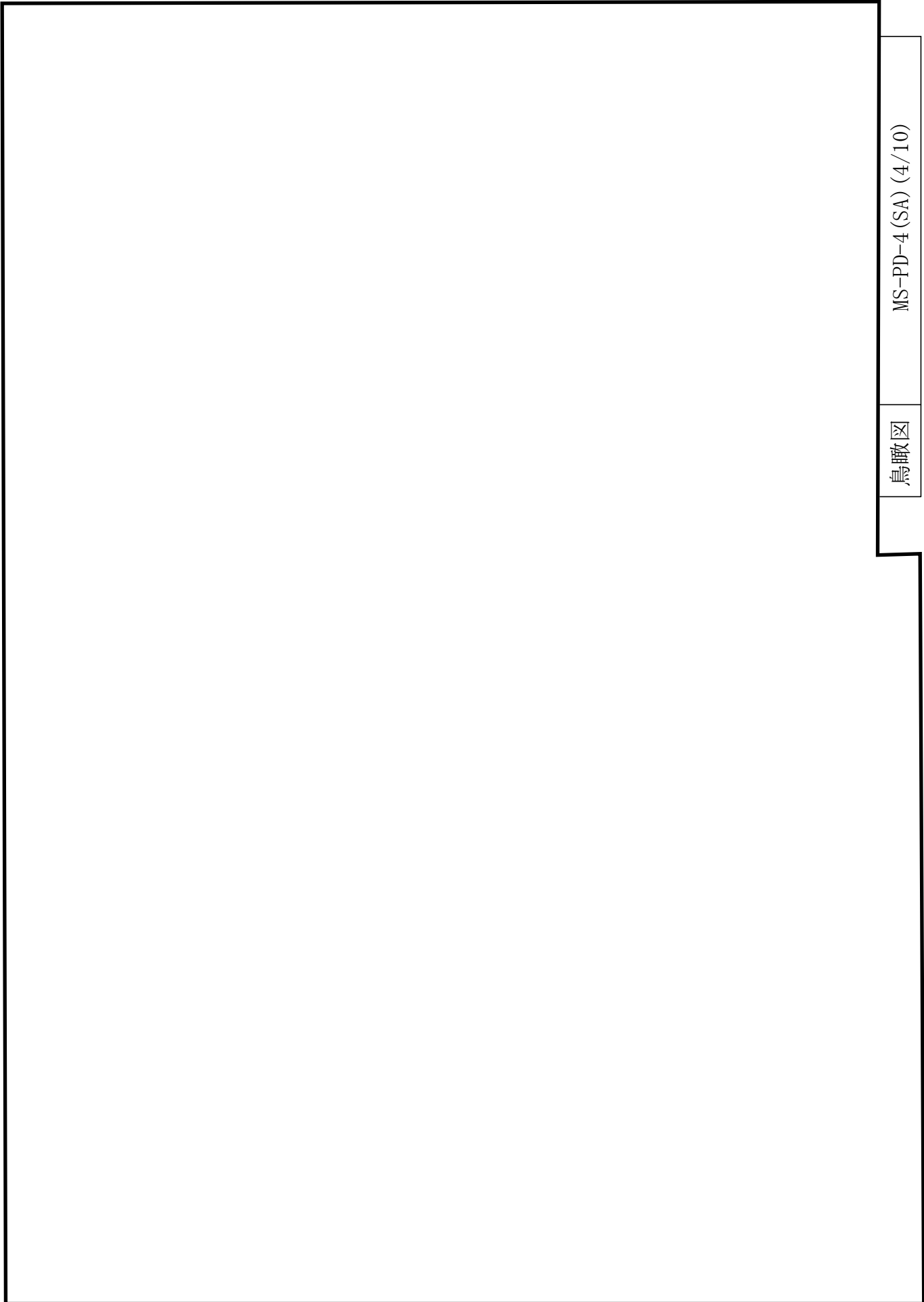


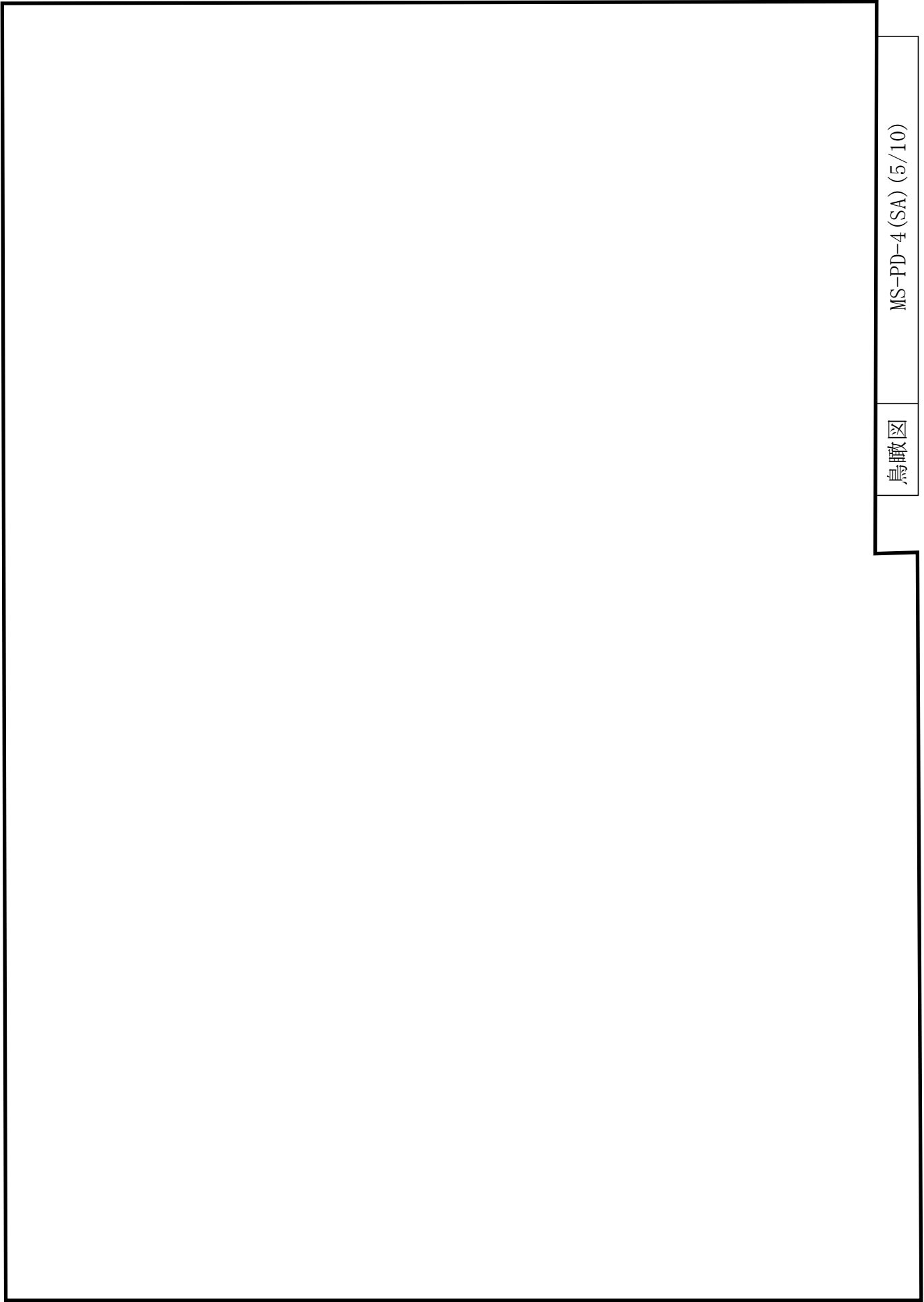


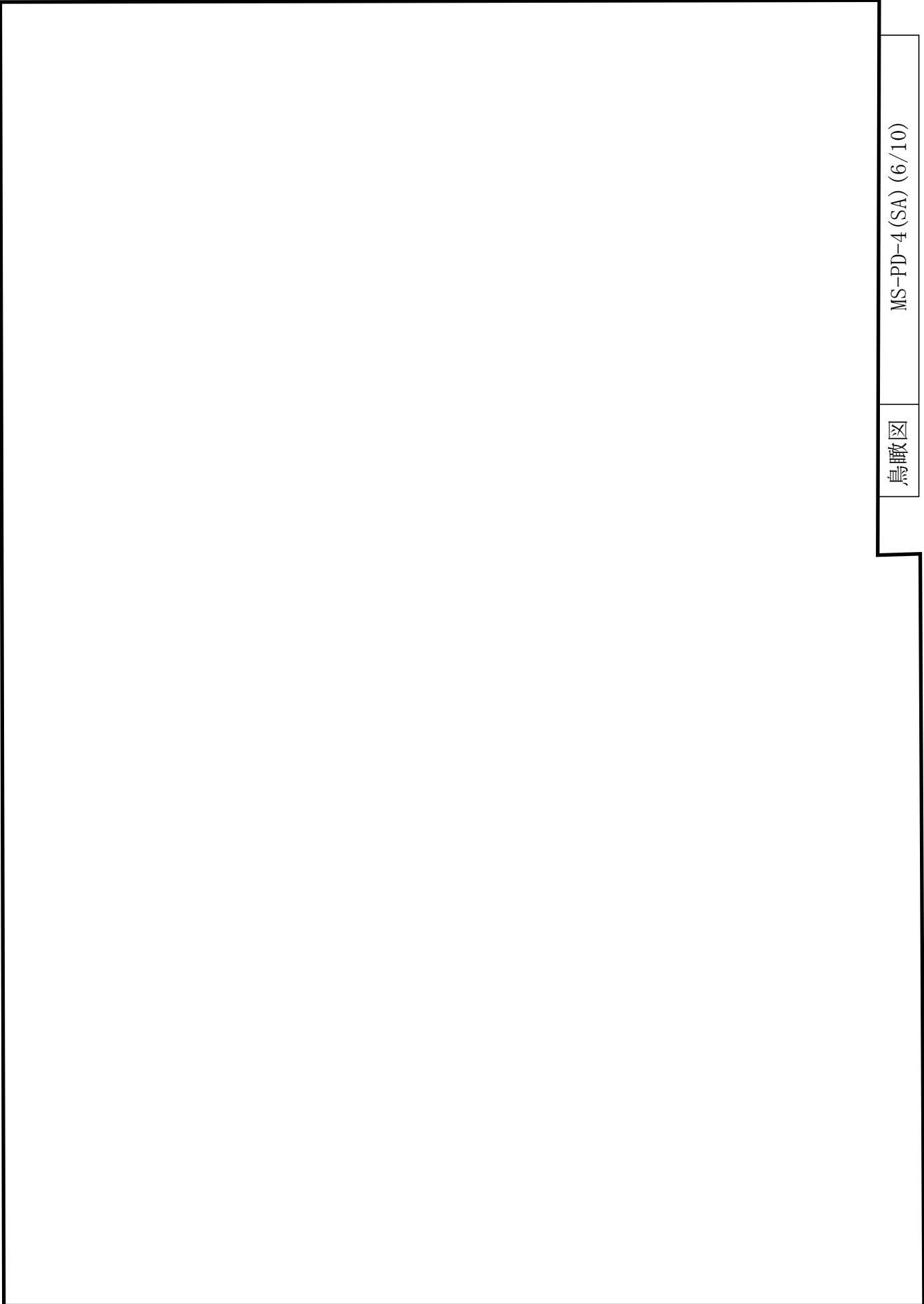






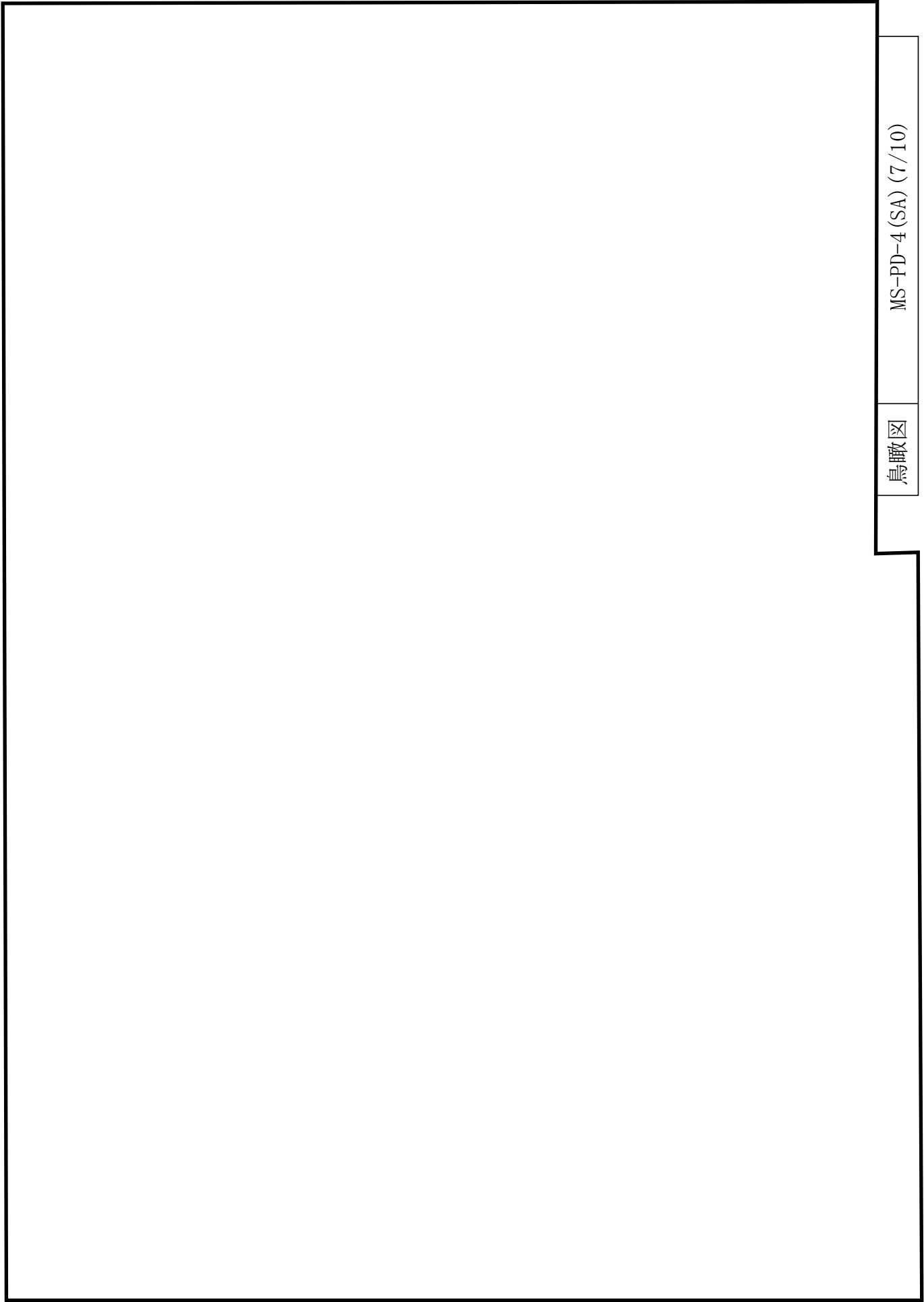


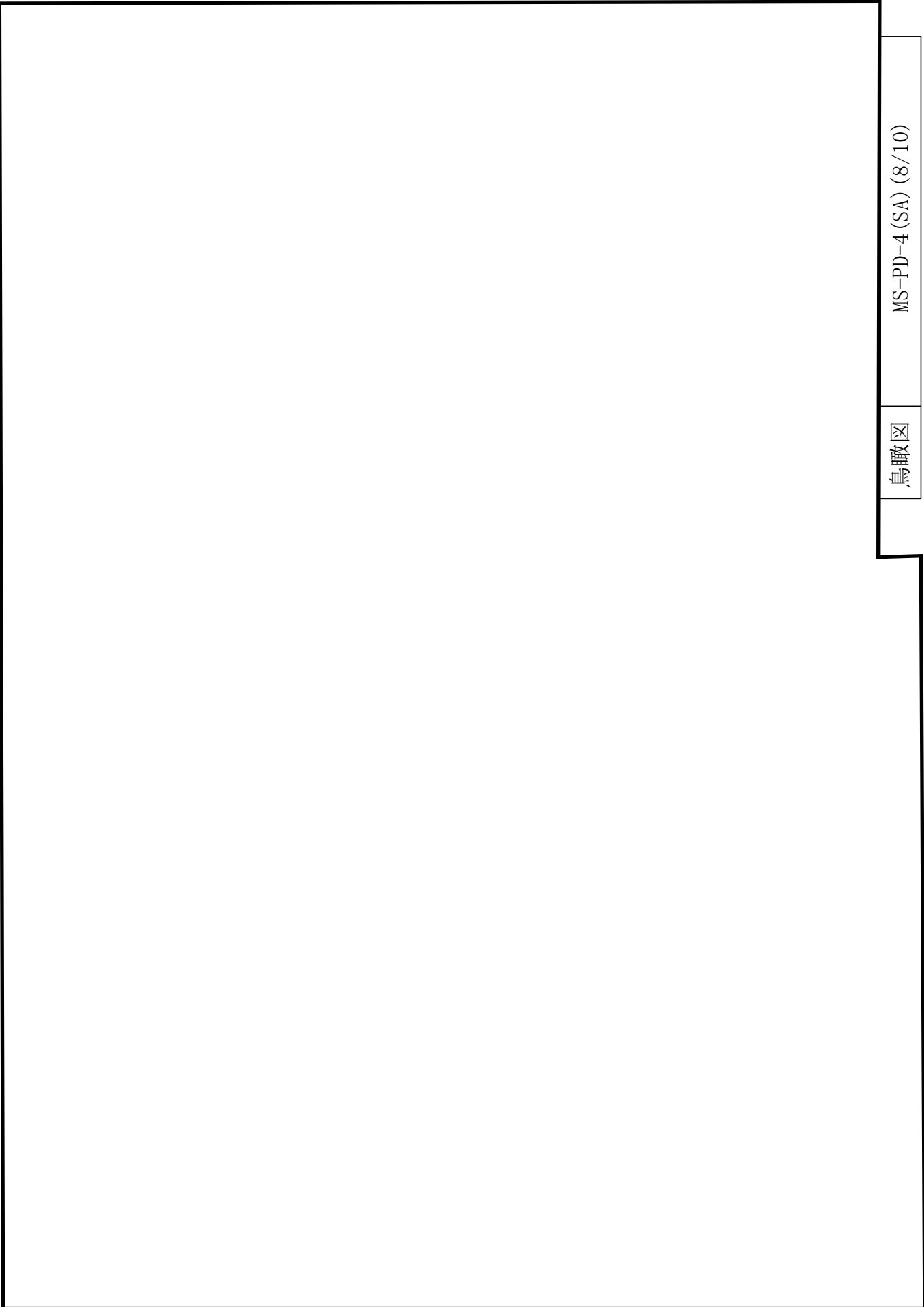


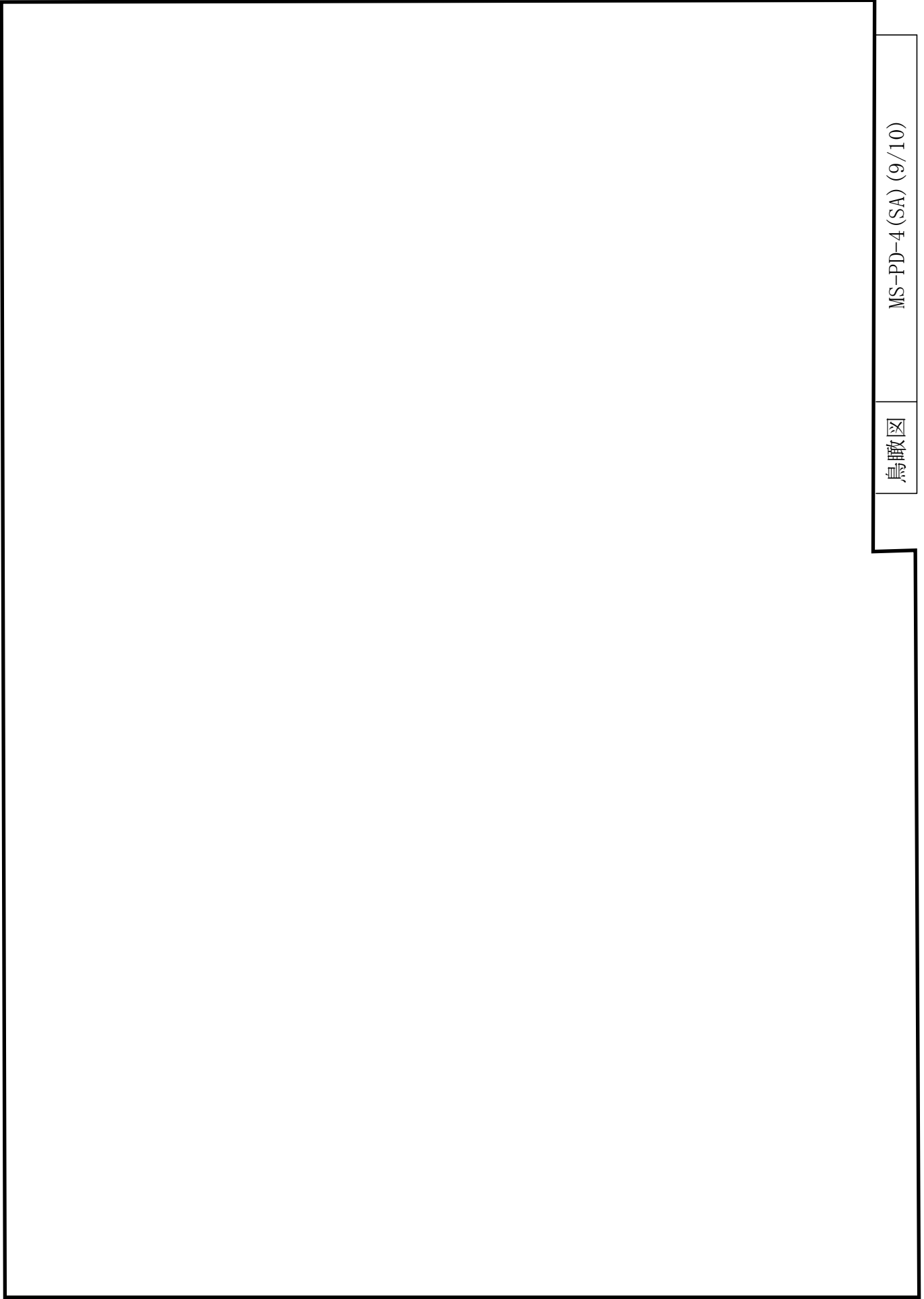


鳥瞰図

MS-PD-4 (SA) (6/10)

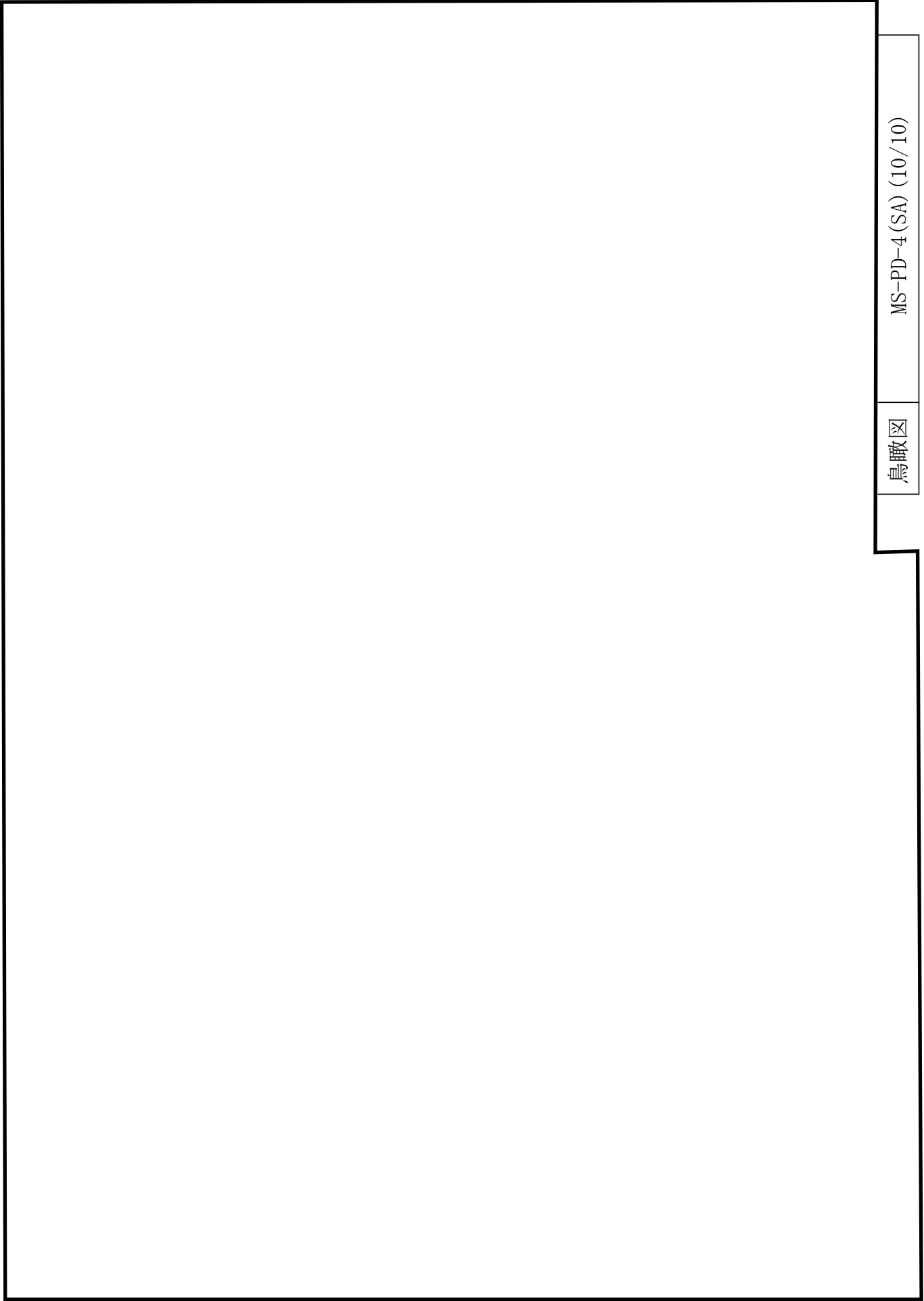






鳥瞰図

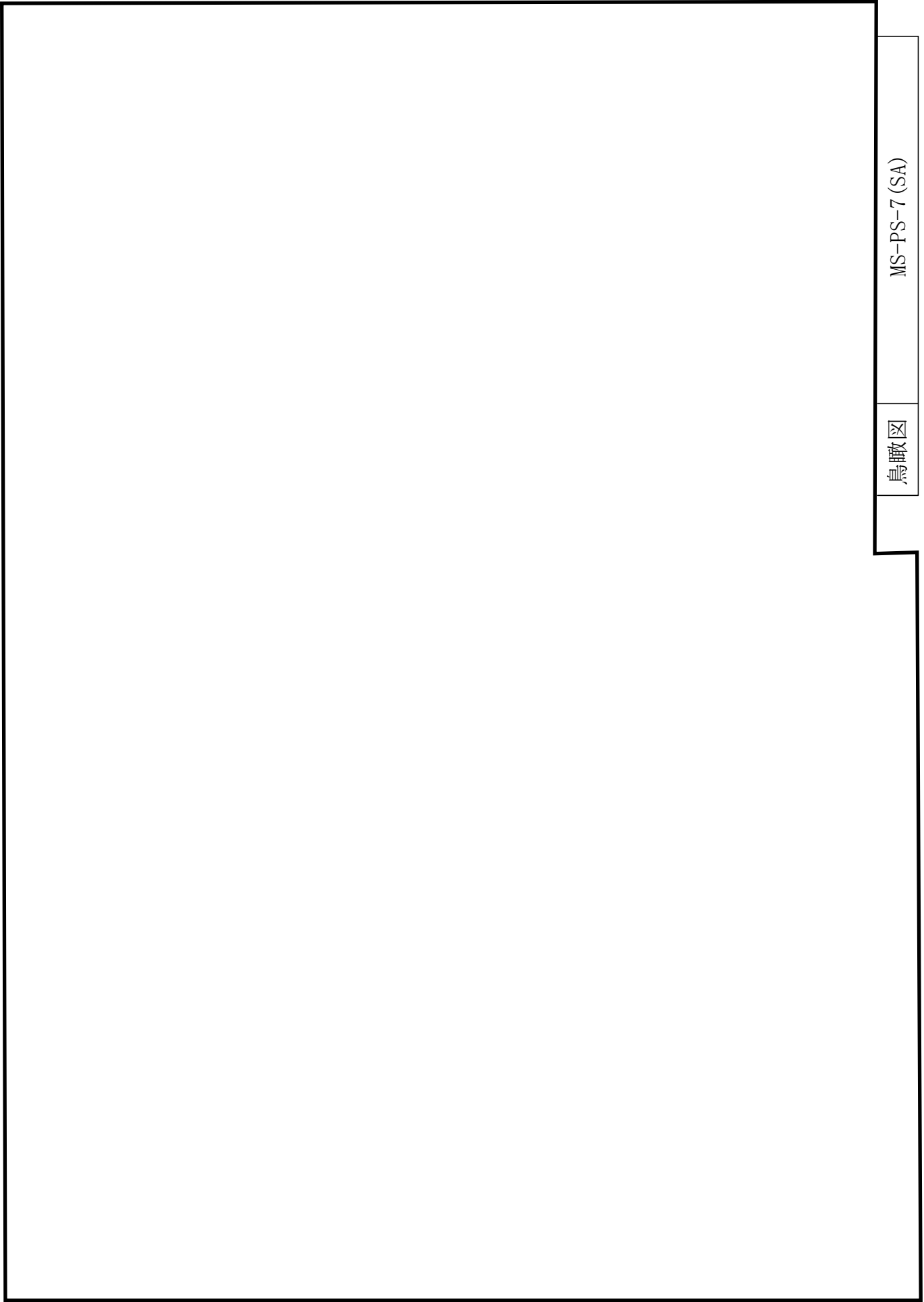
MS-PD-4 (SA) (9/10)



鳥瞰図

MS-PD-4(SA) (10/10)

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2 (重) R0



鳥瞰図

MS-PS-7 (SA)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 MS-PD-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1N~6	8.98	304	609.6	30.9	STS42
2	6~28	8.98	304	609.6	30.9	STS49
3	17~100, 20~200 24~300, 28~400	8.98	304	279.4	59.7	SFVC2B
4	100~101, 200~201 300~301, 400~401	8.98	304	216.3	28.2	SFVC2B
5	106~146, 206~245 306~344, 406~437	3.73	250	267.4	15.1	STPT42

配管の付加質量

鳥 瞰 図 MS-PD-1

質量	対応する評価点
□	1N~2, 3001~8001, 9001~28
□	2~3001, 8001~9001
□	100~101, 200~201, 300~301, 400~401

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 MS-PD-1

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	106, 206, 306, 406

弁部の質量

鳥 瞰 図 MS-PD-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="text"/>	102, 202, 302, 402	<input type="text"/>	104, 204, 304, 404
<input type="text"/>	105, 205, 305, 405		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 MS-PD-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
101~102				102~103			
103~104				104~105			
102~106				201~202			
202~203				203~204			
204~205				202~206			
301~302				302~303			
303~304				304~305			
302~306				401~402			
402~403				403~404			
404~405				402~406			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-1

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
N1						
** 4 **						
** 5 **						
12						
** 1401 **						
** 15 **						
** 22 **						
** 26 **						
** 26 **						
** 1061 **						
** 1062 **						
** 109 **						
** 109 **						
1091						
112						
114						
115						
116						
** 119 **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-1

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
** 122 **						
123						
** 127 **						
** 127 **						
128						
** 1282 **						
** 1282 **						
** 135 **						
** 135 **						
** 139 **						
** 147N **						
** 147N **						
** 147N **						
** 2060 **						
** 2061 **						
** 209 **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-1

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
** 209 **						
2091						
2111						
** 2112 **						
** 212 **						
2170						
217						
** 2172 **						
** 2172 **						
220						
** 2241 **						
** 2241 **						
2242						
** 231 **						
** 231 **						
** 238 **						
** 246N **						
** 246N **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-1

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
** 246N **						
** 3061 **						
** 3062 **						
3091						
** 309 **						
** 309 **						
310						
** 313 **						
3151						
3151						
** 316 **						
** 316 **						
3181						
** 319 **						
** 320 **						
323						
330						
330						
** 337 **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-1

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
** 337 **						
** 345N **						
** 345N **						
** 345N **						
** 4061 **						
** 4062 **						
** 409 **						
** 409 **						
4091						
412						
4141						
** 417 **						
** 417 **						
418						
** 425 **						
** 425 **						
** 430 **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-1

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
** 438N **						
** 438N **						
** 438N **						

計算条件

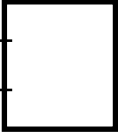
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 MS-PD-4

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1N~6	8.98	304	609.6	30.9	STS42
2	6~28	8.98	304	609.6	30.9	STS49
3	17~100, 20~200 24~300, 28~400	8.98	304	279.4	59.7	SFVC2B
4	100~101, 200~201 300~301, 400~401	8.98	304	216.3	28.2	SFVC2B
5	106~146, 206~244 306~342, 406~433	3.73	250	267.4	15.1	STPT42

配管の付加質量

鳥 瞰 図 MS-PD-4

質量	対応する評価点
	1N~2, 3001~8, 9~28
	2~3001, 8~9
	100~101, 200~201, 300~301, 400~401

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 MS-PD-4

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	106, 206, 306, 406

弁部の質量

鳥 瞰 図 MS-PD-4

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="text"/>	102, 202, 302, 402	<input type="text"/>	104, 204, 304, 404
<input type="text"/>	105, 205, 305, 405		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 MS-PD-4

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
101~102				102~103			
103~104				104~105			
102~106				201~202			
202~203				203~204			
204~205				202~206			
301~302				302~303			
303~304				304~305			
302~306				401~402			
402~403				403~404			
404~405				402~406			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-4

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
N1						
** 4 **						
** 5 **						
12						
** 1501 **						
** 15 **						
** 22 **						
** 26 **						
** 26 **						
** 1061 **						
** 1061 **						
** 109 **						
** 109 **						
110						
110						
113						
114						
** 117 **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-4

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
** 117 **						
122						
1220						
123						
** 123 **						
132						
132						
134						
** 134 **						
** 139 **						
** 1391 **						
** 147N **						
** 147N **						
** 147N **						
** 2061 **						
** 2061 **						
** 209 **						
** 209 **						
210						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-4

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
213	[Large empty rectangular area for data]					
** 214 **						
** 217 **						
222						
2220						
223						
223						
** 230 **						
** 230 **						
** 237 **						
** 237 **						
** 245N **						
** 245N **						
** 245N **						
** 3061 **						
** 3061 **						
** 309 **						
** 309 **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-4

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
310						
3121						
315						
315						
316						
3161						
** 319 **						
** 319 **						
** 324 **						
** 330 **						
** 330 **						
** 335 **						
** 343N **						
** 343N **						
** 343N **						
** 4061 **						
** 4062 **						
** 4081 **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PD-4

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
** 409 **						
410						
** 413 **						
** 413 **						
** 4171 **						
424						
** 4281 **						
428						
** 434N **						
** 434N **						
** 434N **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2 (重) R0

計算条件

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 MS-PS-7

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	2~9	3.73	250	267.4	15.1	STPT42

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 MS-PS-7

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
** 1N **						
** 1N **						
** 1N **						
** 6 **						

S2 補 VI-3-3-3-2-1-2-2(重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STS42	304	122	182	—	—
STS49	304	138	208	—	—
SFVC2B	304	125	187	—	—
STPT42	250	—	—	—	103

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。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STS42	304	122	—	—	—
STS49	304	138	—	—	—
SFVC2B	304	122	—	—	—
STPT42	250	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
設計・建設規格 PPB-3562の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{p r m}$	許容応力 $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
MS-PD-4	28	$S_{p r m}$	142	374

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
告示第501号第46条第3号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
MS-PD-4	28	$S_{pr m}$	142	366

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
MS-PD-1	219	$S_{pr m}^{*1}$	57	154
MS-PS-7	4	$S_{pr m}^{*2}$	112	185

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

告示第501号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
MS-PD-1	220	$S_{pr m}^{*1}$	47	103
MS-PS-7	4	$S_{pr m}^{*2}$	103	123

注記*1：告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。なお、保守的な評価となる告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

*2：告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A					代表
			一次応力					
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度		
1	MS-PD-1	設計・建設規格	24	96	374	3.89	—	
		告示第501号	24	96	366	3.81	—	
2	MS-PD-2	設計・建設規格	22	88	374	4.25	—	
		告示第501号	22	88	366	4.15	—	
3	MS-PD-3	設計・建設規格	12	100	374	3.74	—	
		告示第501号	12	100	366	3.66	—	
4	MS-PD-4	設計・建設規格	28	142	374	2.63	—	
		告示第501号	28	142	366	2.57	○	

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
1	MS-PD-1	設計・建設規格	219	57	154	2.70	—	343	112	185	1.65	—
		告示第501号	220	47	103	2.19	○	343	67	123	1.83	—
2	MS-PD-2	設計・建設規格	135	31	154	4.96	—	244	111	185	1.66	—
		告示第501号	228	29	103	3.55	—	244	69	123	1.78	—
3	MS-PD-3	設計・建設規格	139	27	154	5.70	—	235	93	185	1.98	—
		告示第501号	106	26	103	3.96	—	235	59	123	2.08	—
4	MS-PD-4	設計・建設規格	137	57	154	2.70	—	145	98	185	1.88	—
		告示第501号	3161	36	103	2.86	—	145	60	123	2.05	—
5	MS-PS-6	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	13	91	185	2.03	—
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	13	65	123	1.89	—
6	MS-PS-7	設計・建設規格	9	18	154	8.55	—	4	112	185	1.65	—
		告示第501号	9	20	103	5.15	—	4	103	123	1.19	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
7	MS-PS-8	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	13	91	185	2.03	—
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	13	65	123	1.89	—
8	MS-PS-9	設計・建設規格	4	18	154	8.55	—	3	97	185	1.90	—
		告示第501号	6	19	103	5.42	—	3	97	123	1.26	—
9	MS-PS-10	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	12	98	185	1.88	—
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	11	76	123	1.61	—
10	MS-PS-11	設計・建設規格	9	18	154	8.55	—	9	88	185	2.10	—
		告示第501号	9	20	103	5.15	—	9	88	123	1.39	—
11	MS-PS-12	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	12	99	185	1.86	—
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	11	78	123	1.57	—
12	MS-PS-13	設計・建設規格	9	18	154	8.55	—	9	88	185	2.10	—
		告示第501号	9	20	103	5.15	—	9	88	123	1.39	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
13	MS-PS-14	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	13	91	185	2.03	—
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	13	65	123	1.89	—
14	MS-PS-15	設計・建設規格	9	18	154	8.55	—	9	88	185	2.10	—
		告示第501号	9	20	103	5.15	—	9	88	123	1.39	—
15	MS-PS-16	設計・建設規格	4	20	154	7.70	—	13	91	185	2.03	—
		告示第501号	4	21	103	4.90	—	13	65	123	1.89	—
16	MS-PS-17	設計・建設規格	4	18	154	8.55	—	3	97	185	1.90	—
		告示第501号	6	19	103	5.42	—	3	97	123	1.26	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-3-2-2 給水系の強度計算書

VI-3-3-3-2-2-1 管の強度計算書
(給水系)

VI-3-3-2-2-1-2 管の応力計算書
(給水系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
FW-PD-1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
FW-PD-2	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
FW-T-8	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	8.62	302	8.62	302	—	—	設計・建設規格	—	DB-2*1 SA-2*2

注記*1：計算結果は「VI-3-3-3-5-1-3-2 管の応力計算書（原子炉隔離時冷却系）」にて示す。

*2：原子炉隔離時冷却系であるが、解析モデル上、計算結果は本系統に含めて示す。

重大事故等対処設備

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	8
3.1 計算条件	8
3.2 材料及び許容応力	14
4. 評価結果	16
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	20

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。



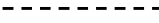
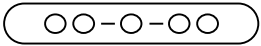
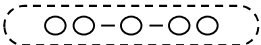

(1) 管

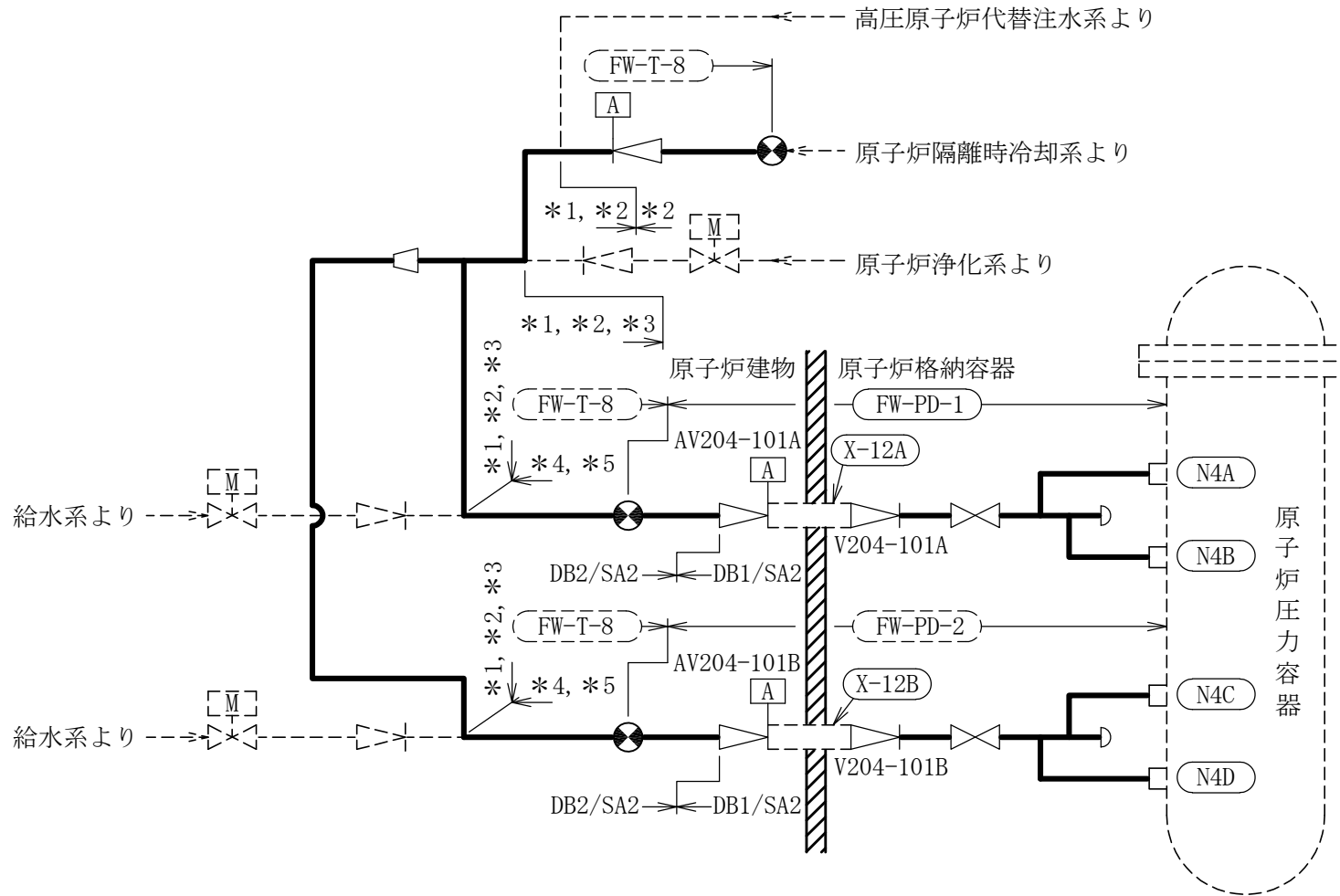
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>



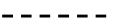


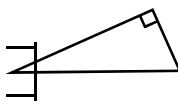
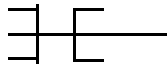

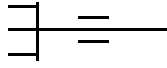


- 注記*1：高圧原子炉代替注水系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *2：原子炉隔離時冷却系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *3：原子炉浄化系の申請範囲であるが、計算結果は本系統に含めて示す。
 *4：高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *5：原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。

給水系概略系統図

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナツバについても同様とする。)
	スナツバ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	

9

鳥瞰図

FW-PD-1 (SA) (2/3)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 FW-PD-1

管 番 号	対応する評価点	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1A~2	8.62	302	457.2	23.8	STS49
2	10~12, 13~17	8.98	304	457.2	23.8	STS49
3	17~21, 23~32 34~35	8.98	304	457.2	23.8	SFVC2B
4	21~23, 32~34	8.98	304	489.6	40.0	SFVC2B
5	22~36, 33~46	8.98	304	318.5	21.4	SFVC2B
6	36~45N, 46~54N	8.98	304	318.5	21.4	STS42

配管の付加質量

鳥 瞰 図 FW-PD-1

質量	対応する評価点
	1A～2, 1401～1601, 1701～1801, 2401～2502, 2801～3101
	10～12, 13～1401, 1601～1701, 1801～21, 23～2401 2502～2801, 3101～32, 34～35
	21～23, 32～34
	22～3601, 3803～3901, 4101～4200, 4400～45N, 33～4601 4702～4801, 5011～5102, 5300～54N
	3601～3803, 3901～4101, 4601～4702, 4801～5011
	4200～4400, 5102～5300

弁部の質量

鳥 瞰 図 FW-PD-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	2~3		9~10
	12~13		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 FW-PD-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
2~3				9~10			
12~13							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FW-PD-1

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
1A						
4						
** 11 **						
** 11 **						
1301						
** 16 **						
** 16 **						
** 1702 **						
** 1703 **						
** 2101 **						
2101						
** 2402 **						
** 2403 **						
** 2403 **						
** 2501 **						
** 2503 **						
** 2503 **						

S2 補 VI-3-3-3-2-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FW-PD-1

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
** 28 **						
** 30 **						
** 3102 **						
3801						
3801						
39						
N458						
** 4602 **						
** 4602 **						
4701						
48						
N548						

S2 補 VI-3-3-3-2-2-1-2 (重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STS49	302	—	—	—	120
STS49	304	138	208	—	—
SFVC2B	304	125	187	—	—
STS42	304	122	182	—	—

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。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STS49	302	—	—	—	120
STS49	304	138	—	—	—
SFVC2B	304	122	—	—	—
STS42	304	122	—	—	—

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管

設計・建設規格 PPB-3562の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}$	許容応力 $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
FW-PD-1	19	$S_{pr m}$	84	374

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管

告示第501号第46条第3号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
FW-PD-1	19	$S_{pr m}$	89	366

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
FW-PD-1	2	$S_{pr m}^{*1}$	58	180
FW-PD-1	2	$S_{pr m}^{*2}$	63	216

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2管

告示第501号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 S_{perm}^{*1} S_{perm}^{*2}	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
FW-PD-1	2	S_{perm}^{*1}	63	120
FW-PD-1	2	S_{perm}^{*2}	63	144

注記*1：告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。なお、保守的な評価となる告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

*2：告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A				
			一次応力				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	FW-PD-1	設計・建設規格	19	84	374	4.45	—
		告示第501号	19	89	366	4.11	○
2	FW-PD-2	設計・建設規格	19	84	374	4.45	—
		告示第501号	19	89	366	4.11	—

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス2管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
1	FW-PD-1	設計・建設規格	2	58	180	3.10	—	2	63	216	3.42	—
		告示第501号	2	63	120	1.90	○	2	63	144	2.28	○
2	FW-PD-2	設計・建設規格	2	58	180	3.10	—	2	63	216	3.42	—
		告示第501号	2	63	120	1.90	—	2	63	144	2.28	—
3	FW-T-8	設計・建設規格	317	64	151	2.35	—	317	68	181	2.66	—
		告示第501号	165A	60	120	2.00	—	165A	60	144	2.40	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-3-3 残留熱除去設備の強度計算書

VI-3-3-3-3-1 残留熱除去系の強度計算書

VI-3-3-3-3-1-8 管の強度計算書
(残留熱除去系)

VI-3-3-3-3-1-8-1 管の基本板厚計算書
(残留熱除去系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
1	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	1.37	185	1.37	185	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	185	1.37	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
7	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	120	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
8	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	120	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
9	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	116	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
10	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	116	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 を対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
11	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	120	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
12	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	120	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
13	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	100	3.92	116	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
14	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	100	3.92	116	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
15	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	100	3.92	116	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
16	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
17	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
18	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	3.92	185	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
19	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	3.92	185	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
20	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	200	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
21	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	3.92	104	3.92	200	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
22	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
23	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
24	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
25	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
T1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	120	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
T2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
F2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	100	3.92	116	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
その他1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有*	8.62	302	8.98	304	有*	S55告示	既工認	—	SA-2
その他2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	185	1.37	185	有	S55告示	既工認	—	SA-2

NO.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 を対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
その他3	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	有	S55告示	既工認	—	SA-2
その他4	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有*	10.40	302	10.40	304	有*	S55告示	既工認	—	SA-2

注記*：既工認において評価を実施しており、かつ評価条件に変更はないことから、評価結果については昭和60年4月27日付け59資庁第17250号にて認可された工事計画の添付書類

IV-2-1-4-2-1「管の基本板厚計算書」による。

・適用規格の選定

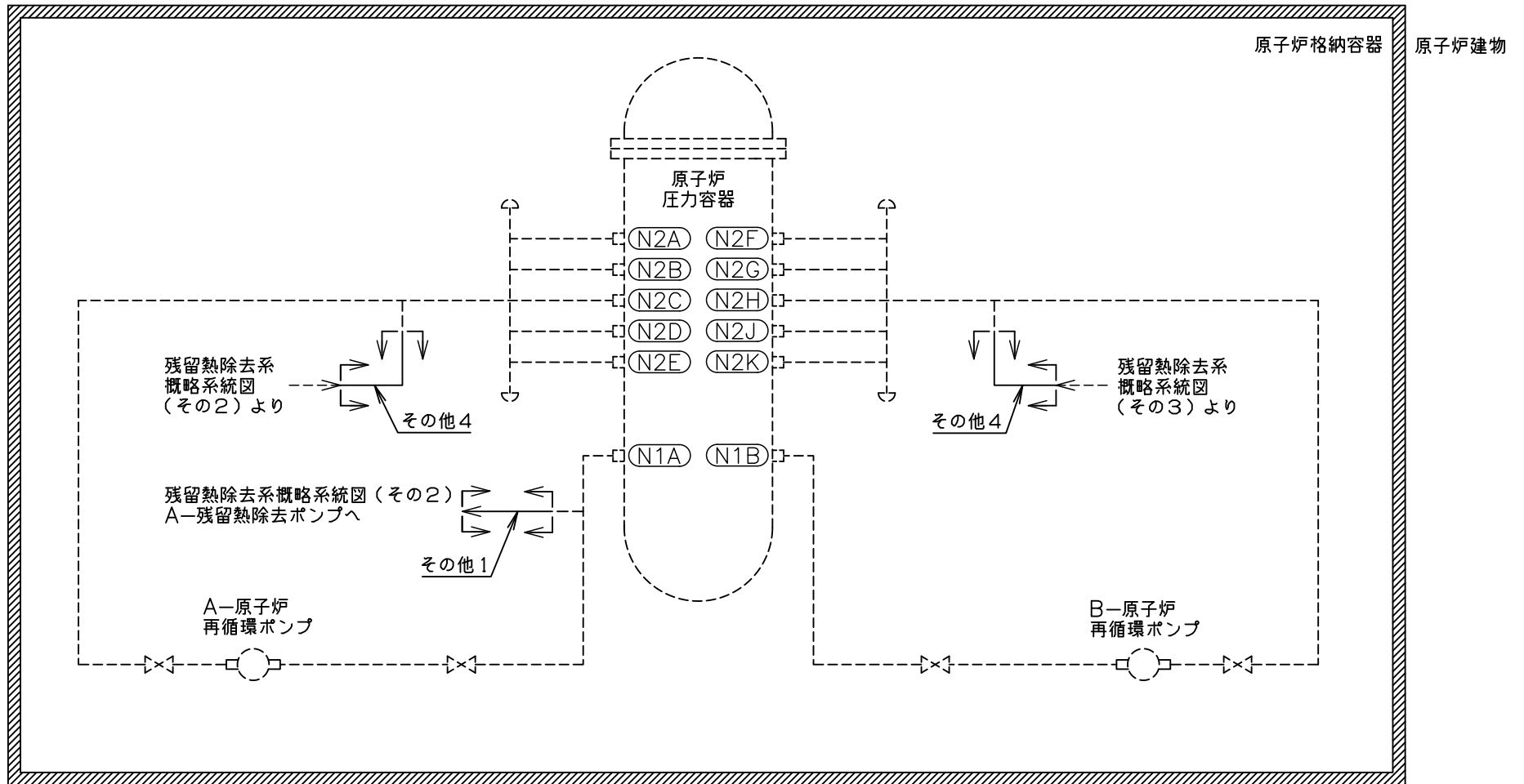
NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
9	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
10	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
11	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
13	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
14	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
15	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
16	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
17	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
18	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
19	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
20	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格


NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
21	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
22	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
23	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
24	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
25	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
T1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
T2	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
F2	フランジの強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目 次

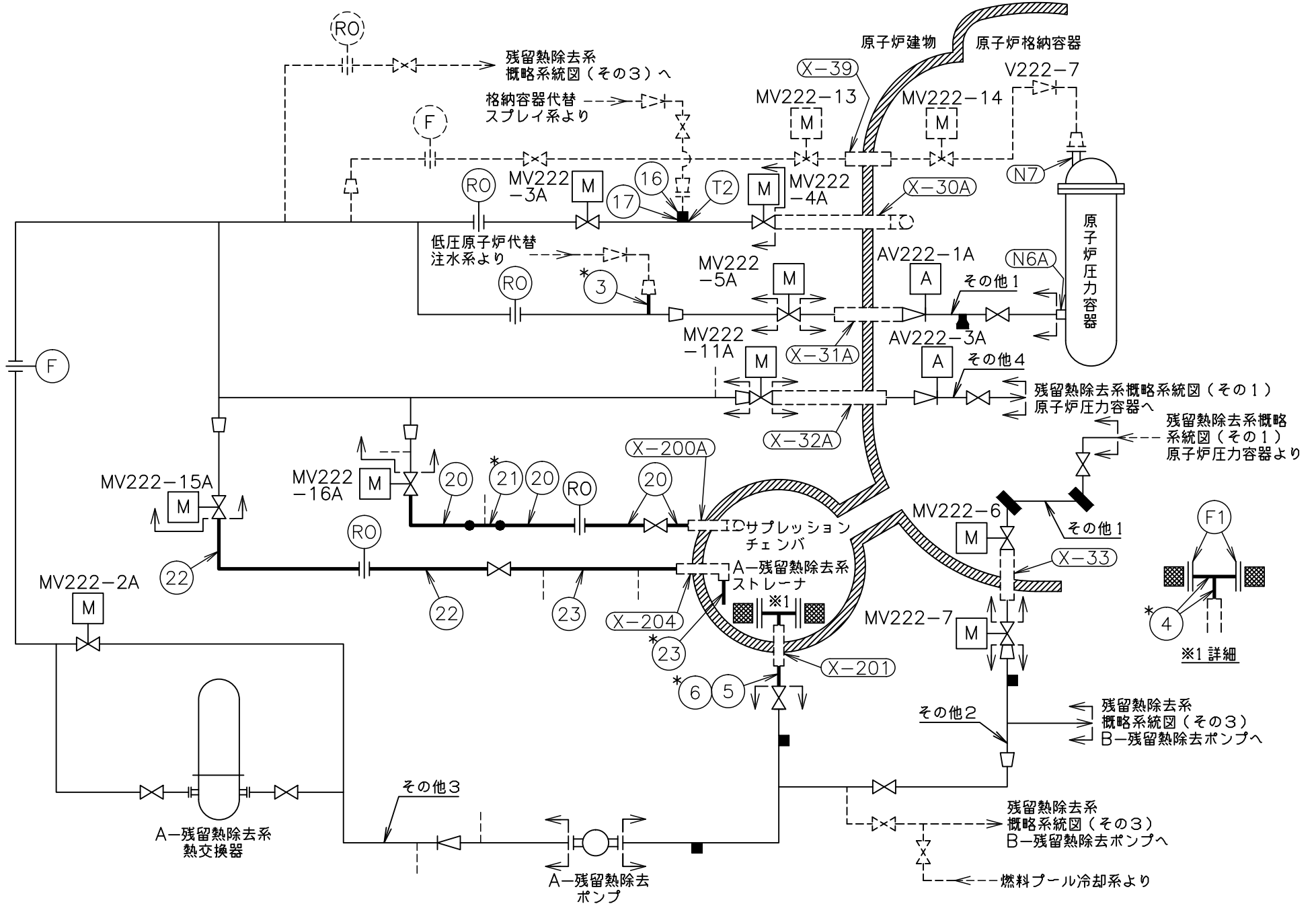
1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	4
3. 管の穴と補強計算書	7
4. フランジの強度計算書	9

1. 概略系統図




 本範囲の強度計算は、昭和60年4月27日付け 59資庁第17250号にて認可された
 工事計画の添付書類IV-2-1-4-2-1「管の基本板厚計算書」による。

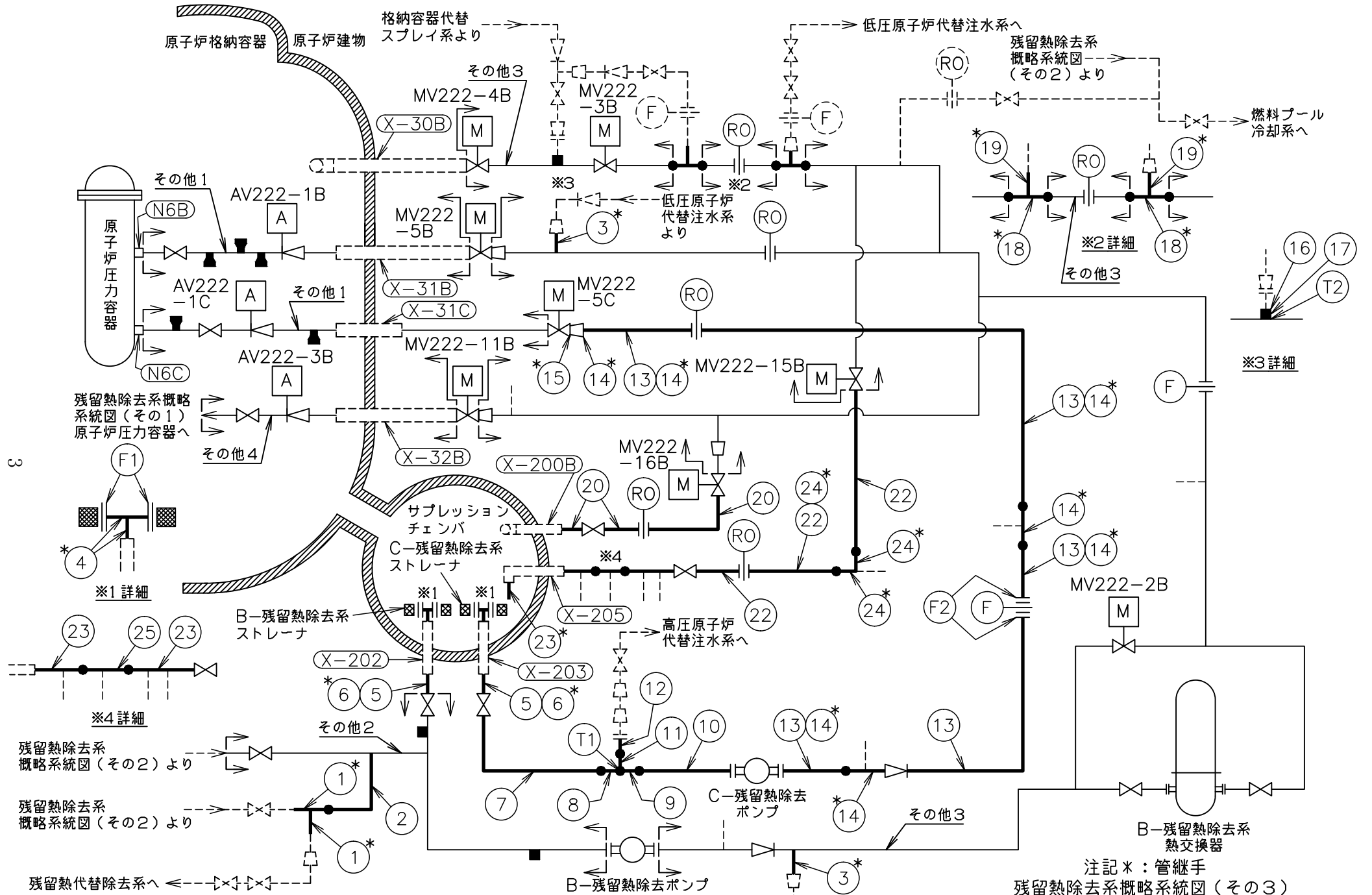
残留熱除去系概略系統図(その1)



2

本範囲の強度計算は、昭和60年4月27日付け 59資庁第17250号にて認可された
工事計画の添付書類IV-2-1-4-2-1「管の基本板厚計算書」による。

注記*：管継手
残留熱除去系概略系統図(その2)



3

残留熱除去系概略系統図 (その1)
原子炉压力容器へ

残留熱除去系概略系統図 (その2) より

残留熱除去系概略系統図 (その2) より

残留熱代替除去系へ

本範囲の強度計算は、昭和60年4月27日付け 59資庁第17250号にて認可された
工事計画の添付書類IV-2-1-4-2-1「管の基本板厚計算書」による。

注記*: 管継手
残留熱除去系概略系統図 (その3)

残留熱代替除去系より

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	1.37	185	216.30	8.20	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.17	1.43	C	3.80
2	1.37	185	216.30	8.20	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	7.17	1.43	C	3.80
3	3.92	185	216.30	12.70	STS42	S	2	103	1.00	12.5 %	11.11	4.06	A	4.06
4	0.853	178	508.00	15.10	STS42	S	2	103	1.00	12.5 %	13.21	2.10	C	3.80
5	0.853	178	508.00	9.50	SM41C	W	2	100	1.00			2.16	C	3.80
6	0.853	178	508.00	9.50	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	8.31	2.10	C	3.80
7	1.37	120	508.00	9.50	SM41C	W	2	100	1.00			3.46	C	3.80
8	1.37	120	517.60	14.30	SM41C	W	2	100	1.00			3.53	C	3.80
9	1.37	116	517.60	14.30	SM41C	W	2	100	1.00			3.53	C	3.80
10	1.37	116	508.00	9.50	SM41C	W	2	100	1.00			3.46	C	3.80

評価：t_s ≥ t_r、よって十分である。

管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
11	1.37	120	466.80	14.30	SM41C	W	2	100	1.00			3.18	C	3.80
12	1.37	120	457.20	9.50	SM41C	W	2	100	1.00			3.12	C	3.80
13	3.92	116	355.60	15.10	STS42	S	2	103	1.00	12.5 %	13.21	6.67	A	6.67
14	3.92	116	355.60	19.00	STS42	S	2	103	1.00	12.5 %	16.62	6.67	A	6.67
15	3.92	116	267.40	15.10	STS42	S	2	103	1.00	12.5 %	13.21	5.02	A	5.02
16	3.92	185	77.00	6.70	S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			1.36	C	2.70
17	3.92	185	69.30	8.30	S25C (径 \leq 100mm)	S	2	110	1.00			1.22	C	2.70
18	3.92	185	355.60	15.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5 %	13.21	6.67	A	6.67
19	3.92	185	165.20	11.00	STS410	S	2	103	1.00	12.5 %	9.62	3.10	C	3.80
20	3.92	200	114.30	8.60	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	7.52	2.15	C	3.40

評価：t_s \geq t_r，よって十分である。

管の強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	外 径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
21	3.92	200	114.30	8.60	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.52	2.15	C	3.40
22	3.92	178	267.40	12.70	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	11.11	5.02	A	5.02
23	0.853	178	267.40	9.30	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	1.11	C	3.80
24	3.92	178	267.40	15.10	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	13.21	5.02	A	5.02
25	0.853	178	267.40	9.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	1.11	C	3.80

評価：t_s ≥ t_r、よって十分である。

3. 管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3420 準用

NO.	T1	A_r (mm ²)	1.666×10^3
形式	A	A_0 (mm ²)	2.548×10^3
最高使用圧力 P (MPa)	1.37	A_1 (mm ²)	1.843×10^3
最高使用温度 (°C)	120	A_2 (mm ²)	624.0
主管と管台の角度 α (°)		A_3 (mm ²)	81.00
		A_4 (mm ²)	—
主管材料	SM41C	評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。	
S_r (MPa)	100		
D_{or} (mm)	517.60		
D_{ir} (mm)			
t_{ro} (mm)	14.30		
Q_r			
t_r (mm)		d_{frD} (mm)	
t_{rr} (mm)	3.53	LAD (mm)	
η	1.00	LND (mm)	
		A_rD (mm ²)	1.111×10^3
管台材料	SM41C	A_0D (mm ²)	2.548×10^3
S_b (MPa)	100	A_1D (mm ²)	1.843×10^3
D_{ob} (mm)	466.80	A_2D (mm ²)	624.0
D_{ib} (mm)		A_3D (mm ²)	81.00
t_{bn} (mm)	14.30	A_4D (mm ²)	—
Q_b		評価： $A_0D \geq A_rD$ よって十分である。	
t_b (mm)			
t_{br} (mm)	3.05		
強め材材料	—	W (N)	-2.854×10^4
S_e (MPa)	—	F1	—
D_{oe} (mm)	—	F2	—
t_e (mm)	—	F3	—
		SW1 (MPa)	—
穴の径 d (mm)		SW2 (MPa)	—
K		SW3 (MPa)	—
d_{fr} (mm)		WE1 (N)	—
LA (mm)		WE2 (N)	—
LN (mm)		WE3 (N)	—
L1 (mm)		WE4 (N)	—
L2 (mm)		WE5 (N)	—
		Webp1 (N)	—
		Webp2 (N)	—
		Webp3 (N)	—
		評価： $W \leq 0$ よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

注記*：LA及びLADは構造上取り得る範囲とした。

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格 PPC-3422 準用

NO.		T2	
形 式		A	
最高使用圧力	P (MPa)	3.92	
最高使用温度	(°C)	185	
主管と管台の角度	α (°)	<input type="text"/>	
主 管	材 料	STS42	
	許容引張応力	S_r (MPa)	103
	外 径	D_{or} (mm)	355.60
	内 径	D_{ir} (mm)	329.18
	公称厚さ	t_{ro} (mm)	15.10
	厚さの負の許容差	Q_r	12.5 %
	最小厚さ	t_r (mm)	13.21
	継手効率	η	1.00
管 台	材 料	S25C (径 \leq 100mm)	
	外 径	D_{ob} (mm)	69.30
	内 径	D_{ib} (mm)	<input type="text"/>
	公称厚さ	t_{bn} (mm)	8.30
穴の径	d (mm)	<input type="text"/>	
$d_{r1} = D_{ir} / 4$	(mm)	82.30	
61, d_{r1} の小さい値	(mm)	61.00	
K		0.5629	
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	102.32	
補強不要な穴の最大径	d_{fr} (mm)	102.32	
<p>評価： $d \leq d_{fr}$</p> <p>よって管の穴の補強計算は必要ない。</p>			

4. フランジの強度計算書

(残留熱除去系ストレーナ取付部ティー側フランジ：NO. F1)

ティー側フランジの強度計算はVI-3-3-3-3-1-4「ストレーナ部ティーの応力計算書（残留熱除去系）」で説明するため、ここでは記載を省略する。

フランジの強度計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3414 準用
 (JIS B 8265 附属書3適用)

設計条件		モーメントの計算				
NO.	F2	HD (N)	5.420×10^5			
形式	一体形(TYPE-4)	hD (mm)	64.65			
設計圧力 P (MPa)	6.52	MD (N・mm)	3.504×10^7			
最高使用圧力 P _o (MPa)	3.92	HG (N)	3.721×10^5			
最高使用温度 (°C)	116	hG (mm)	57.47			
フランジ		MG (N・mm)	2.138×10^7			
		HT (N)	1.974×10^5			
材料	SF45A	hT (mm)	71.13			
σ_{fa} 常温(ガスケット締付時)(20°C) (MPa)	110	MT (N・mm)	1.404×10^7			
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態) (MPa)	110	M _o (N・mm)	7.047×10^7			
A (mm)	[Redacted]	M _g (N・mm)	7.664×10^7			
B (mm)		フランジの厚さと係数				
C (mm)						
g ₀ (mm)						
g ₁ (mm)						
h (mm)						
ボルト				h _o (mm)	70.097	
材料		f	1.078			
		F	0.747			
σ_a 常温(ガスケット締付時)(20°C) (MPa)	SNB7(径≤63mm)	V	0.120			
σ_b 最高使用温度(使用状態) (MPa)	173	K	1.721			
d _b (mm)	26.752	T	1.617			
d _i (mm)	—	U	4.121			
n	16	Y	3.750			
ガスケット		Z	2.020			
		d (mm ³)	548416			
材料	[Redacted]	e (mm ⁻¹)	0.01065			
ガスケット厚さ (mm)		t (mm)	[Redacted]			
G (mm)		L	1.261			
G _s (mm)		応力の計算				
N (mm)						
m _g				3.00	σ_{Ho} (MPa)	131
y (N/mm ²)				68.9	σ_{Ro} (MPa)	104
b _o (mm)	[Redacted]			σ_{To} (MPa)	69	
b (mm)	[Redacted]	σ_{Hg} (MPa)	119			
ボルトの計算		σ_{Rg} (MPa)	113			
H (N)	7.394×10^5	σ_{Tg} (MPa)	75			
HP (N)	3.721×10^5	応力の評価 $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$				
W _{m1} (N)	1.111×10^6					
W _{m2} (N)	6.556×10^5					
A _{m1} (mm ²)	6.425×10^3					
A _{m2} (mm ²)	3.789×10^3					
A _m (mm ²)	6.425×10^3					
A _b (mm ²)	8.993×10^3					
W _o (N)	1.111×10^6					
W _g (N)	1.334×10^6					
評価: A _m < A _b よって十分である。				以上より十分である。		

S2 補 VI-3-3-3-1-8-1 ROE

VI-3-3-3-3-1-8-2 管の応力計算書
(残留熱除去系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-3「クラス2機器の強度計算の基本方針」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」並びにVI-3-2-4「クラス2管の強度計算方法」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
RHR-PD-4	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-PD-5	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-PD-6	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-PS-9	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-PS-10	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	185	1.37	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
RHR-R-2	新設	—	—	—	DB-2	—	—	1.37	185	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	1.37	185	1.37	185	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	185	1.37	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-3	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	120	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	116	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-4	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
RHR-R-5	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-5A	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-5B	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-6	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	200	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	3.92	104	3.92	200	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
RHR-R-7	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-9	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-10	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-11	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	3.92	185	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-12	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	200	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
RHR-R-12	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-13	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-14	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-15	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	100	3.92	116	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-R-16	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	100	3.92	116	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.92	104	3.92	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

設計基準対象施設

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	6
3. 計算条件	13
3.1 計算条件	13
3.2 材料及び許容応力	15
4. 評価結果	16
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	17

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-3「クラス2機器の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-4「クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。


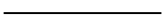
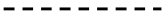
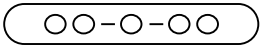
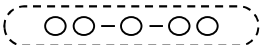

(1) 管

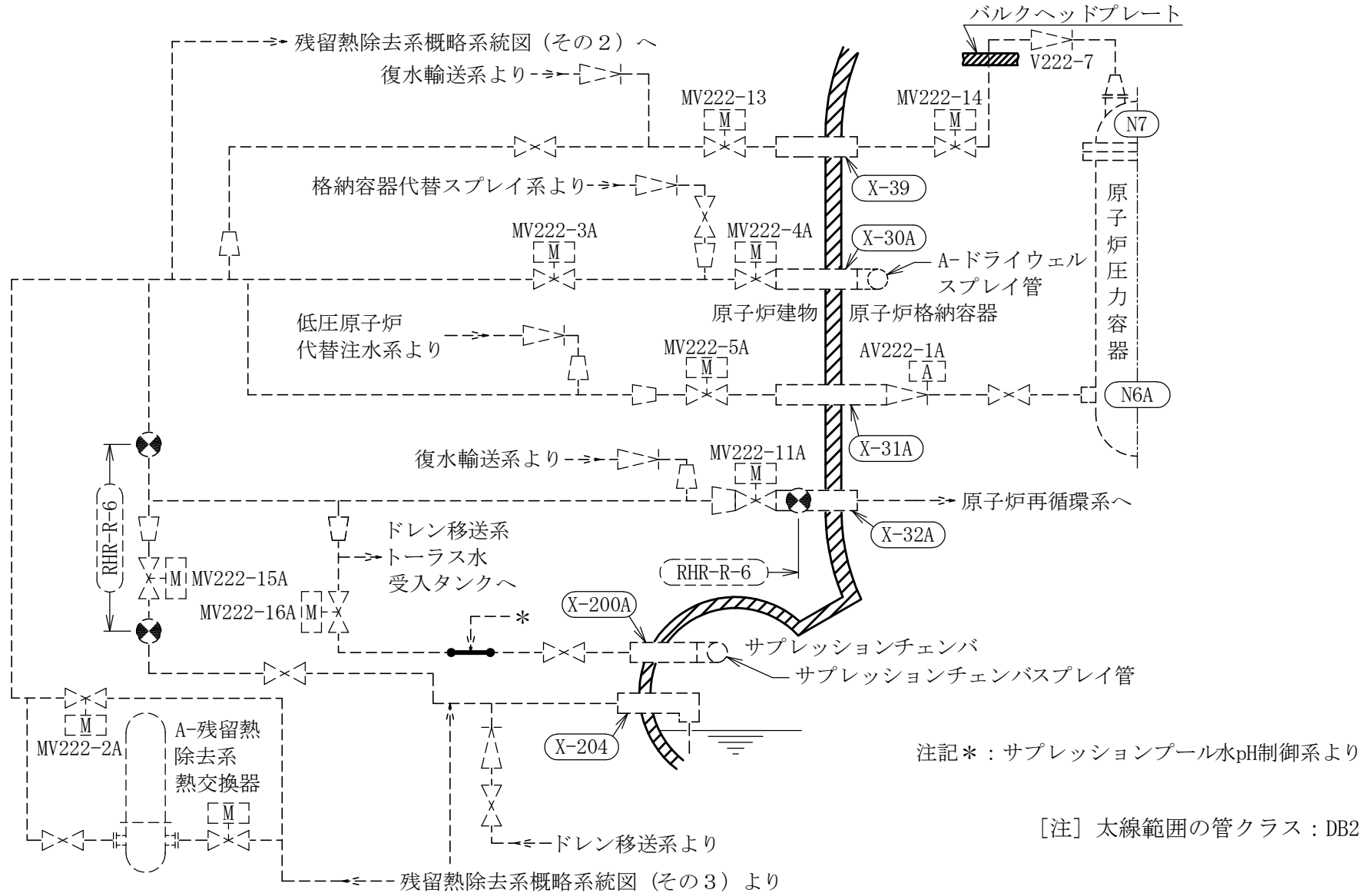
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

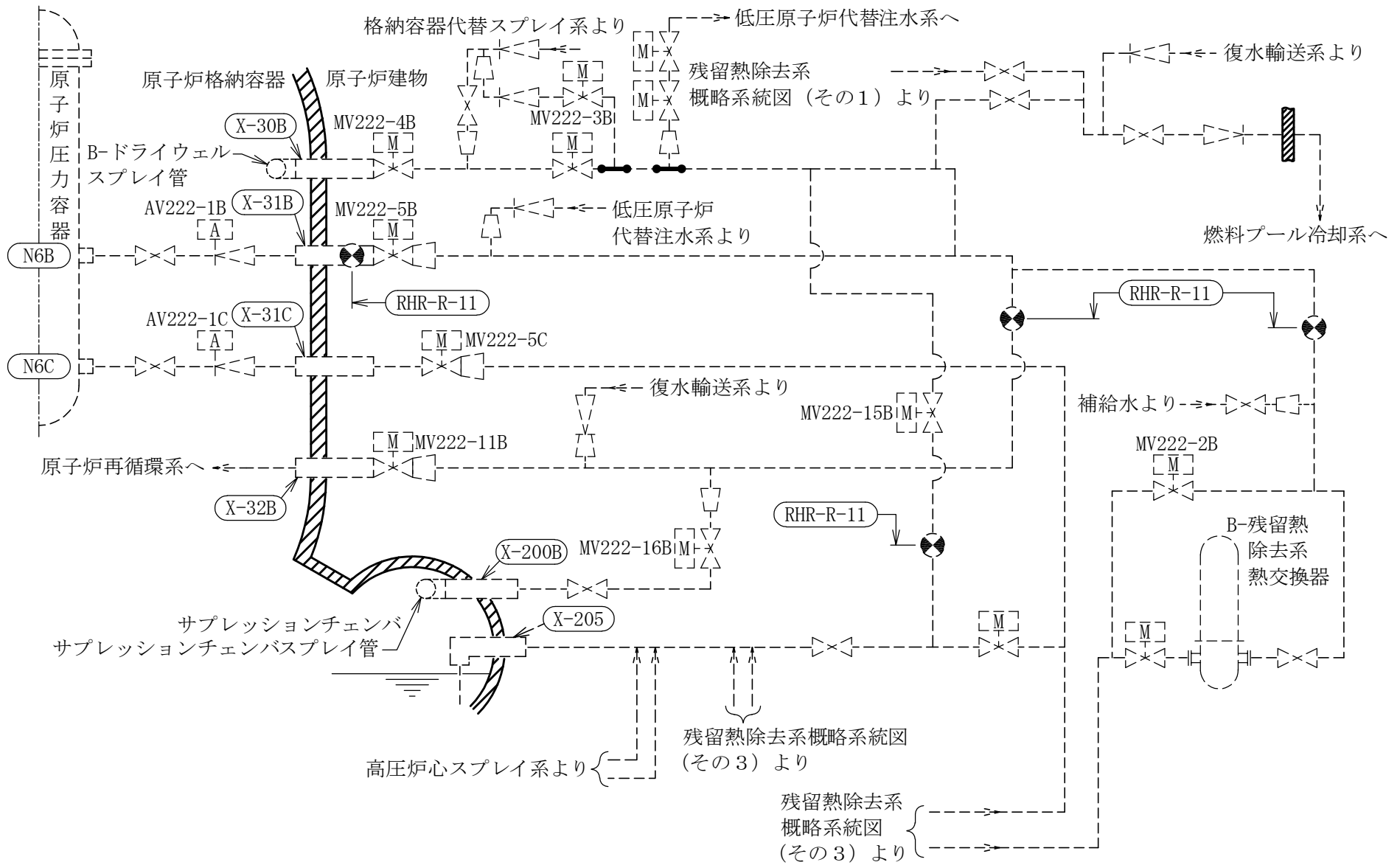
2. 概略系統図及び鳥瞰図

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス1管
DB2	クラス2管
SA2	重大事故等クラス2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

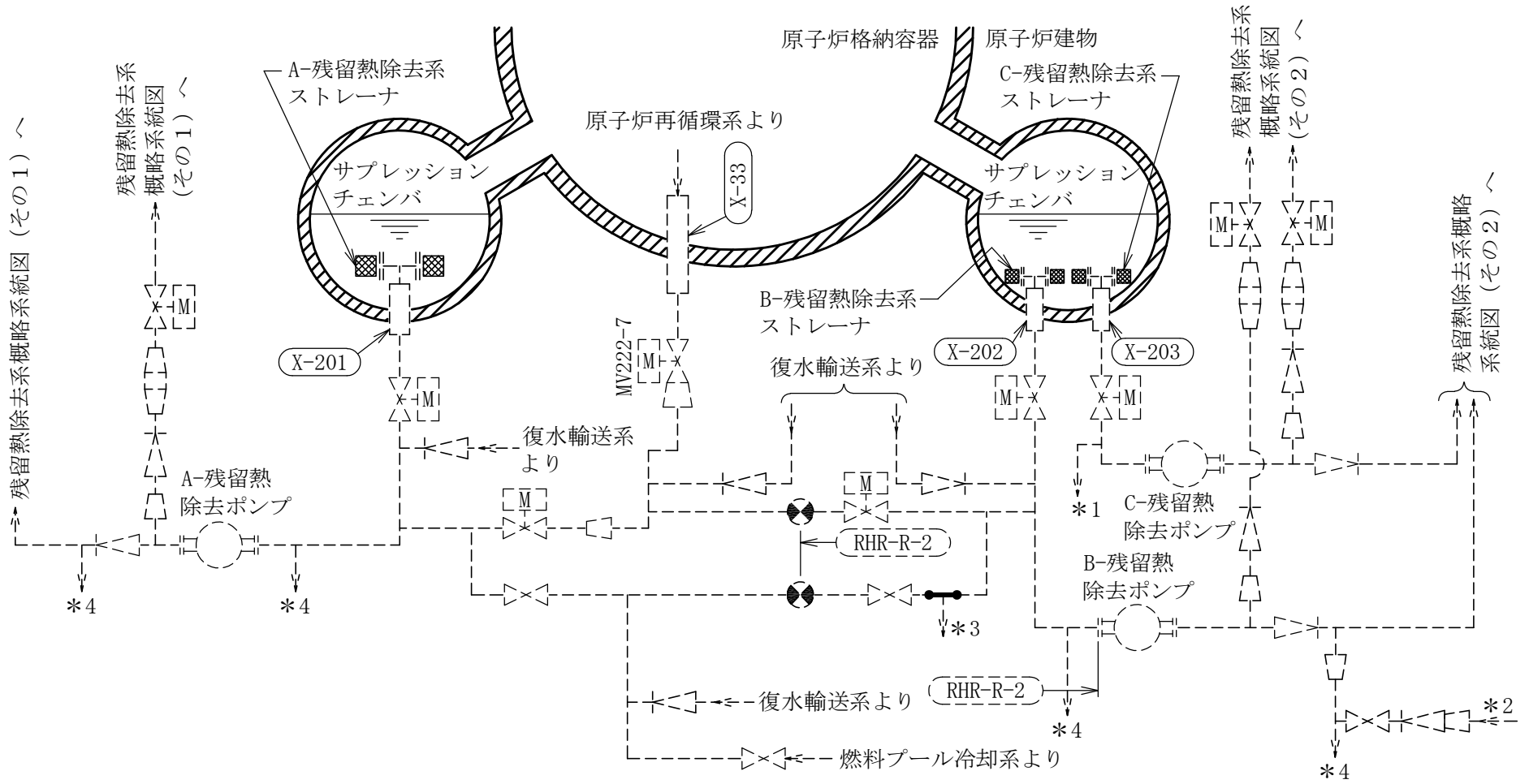




4

[注] 太線範囲の管クラス : DB2

残留熱除去系概略系統図 (その2)





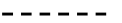


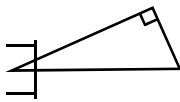
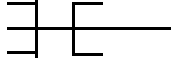

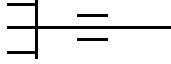
- 注記 *1 : 高圧原子炉代替注水系へ
 *2 : 残留熱代替除去系より
 *3 : 残留熱代替除去系へ
 *4 : RHRフラッシング用サンプタンクへ

[注] 太線範囲の管クラス : DB2

残留熱除去系概略系統図 (その3)

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	

7

鳥瞰図

RHR-R-11 (DB) (1/6)

∞

鳥瞰図

RHR-R-11 (DB) (2/6)

6

鳥瞰図

RHR-R-11 (DB) (3/6)

10

鳥瞰図

RHR-R-11 (DB) (4/6)

11

鳥瞰図

RHR-R-11 (DB) (5/6)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 RHR-R-11

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	2221~2232, 2381~2392	3.92	185	355.6	15.1	STS410

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RHR-R-11

質量	対応する評価点
	2221～223
	223～2232, 2381～2392

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STS410	185	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

クラス2管

設計・建設規格 PPC-3500の規定に基づく評価

鳥瞰図	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)	
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力
				$S_{pr m}(1)^{*1}$	$1.5 \cdot S_h$	$S_n(a)^{*3}$	$S_a(c)^{*5}$
				$S_{pr m}(2)^{*2}$	$1.8 \cdot S_h$	$S_n(b)^{*4}$	$S_a(d)^{*6}$
RHR-R-11	(A, B)	239	$S_{pr m}(1)^{*1}$	45	154	—	—
RHR-R-11	(A, B)	239	$S_n(a)^{*3}$	—	—	125	257
RHR-R-11	(A, B)	239	$S_{pr m}(2)^{*2}$	47	185	—	—
RHR-R-11	(A, B)	239	$S_n(b)^{*4}$	—	—	128	278

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

*3：設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4：設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*5：設計・建設規格 PPC-3530(1)c.に基づき計算した許容応力を示す。

*6：設計・建設規格 PPC-3530(1)d.に基づき計算した許容応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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管）

No.	配管 モデル	設計条件									
		一次応力($S_{pr m(1)}$)* ¹					一次応力($S_{pr m(2)}$)* ²				
		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
1	RHR-R-2	7002	26	154	5.92	—	7002	27	185	6.85	—
2	RHR-R-6	7602	24	154	6.41	—	7602	27	185	6.85	—
3	RHR-R-11	239	45	154	3.42	○	239	47	185	3.93	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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管）

No.	配管 モデル	供用状態A, B									
		一次+二次応力($S_n(a)$)* ¹					一次+二次応力($S_n(b)$)* ²				
		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
1	RHR-R-2	7002	81	257	3.17	—	7002	82	278	3.39	—
2	RHR-R-6	7602	70	257	3.67	—	7602	71	278	3.91	—
3	RHR-R-11	239	125	257	2.05	○	239	128	278	2.17	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

重大事故等対処設備

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	7
3. 計算条件	16
3.1 計算条件	16
3.2 材料及び許容応力	30
4. 評価結果	32
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	36

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




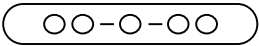
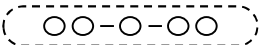

(1) 管

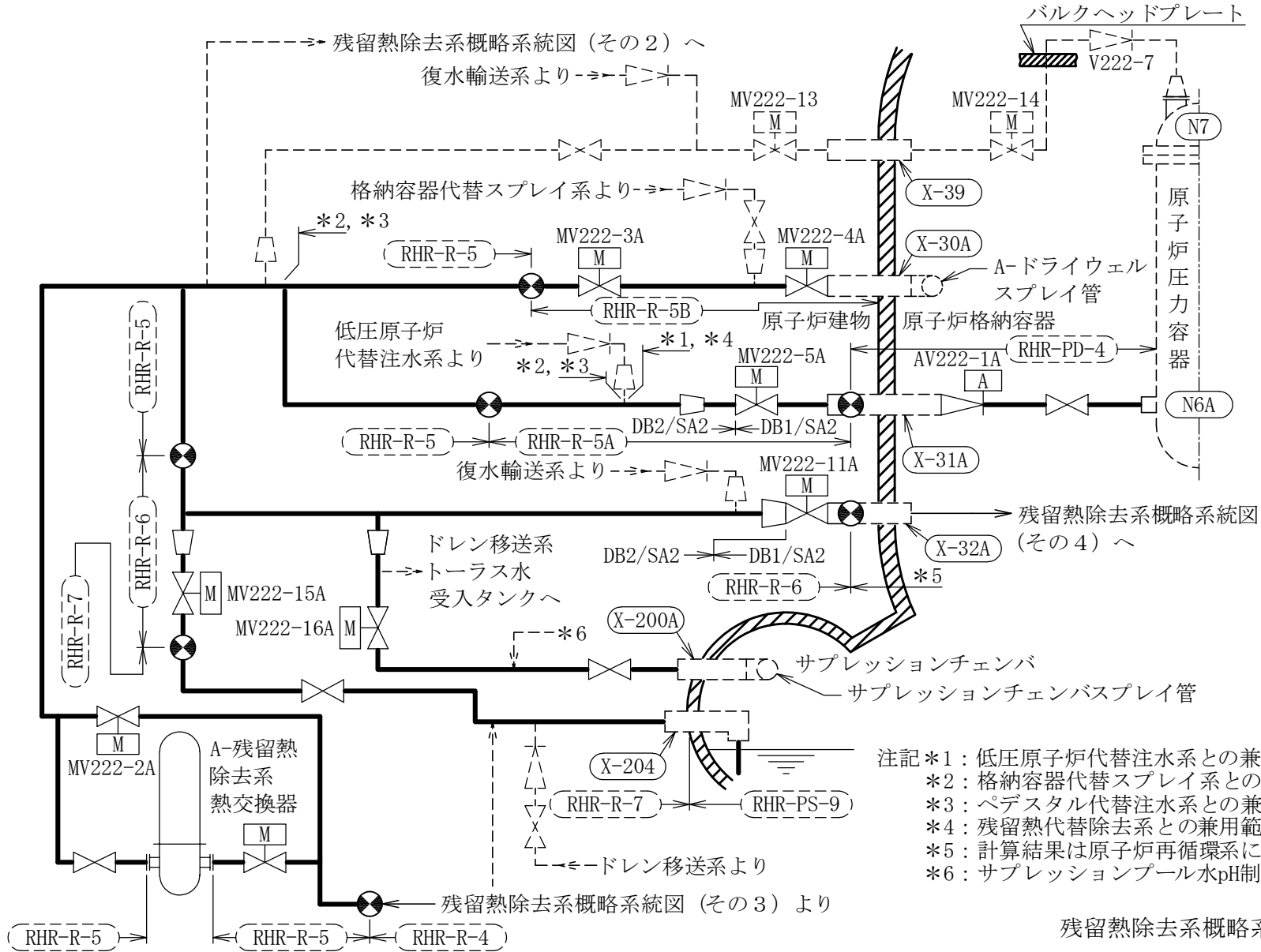
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全22モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

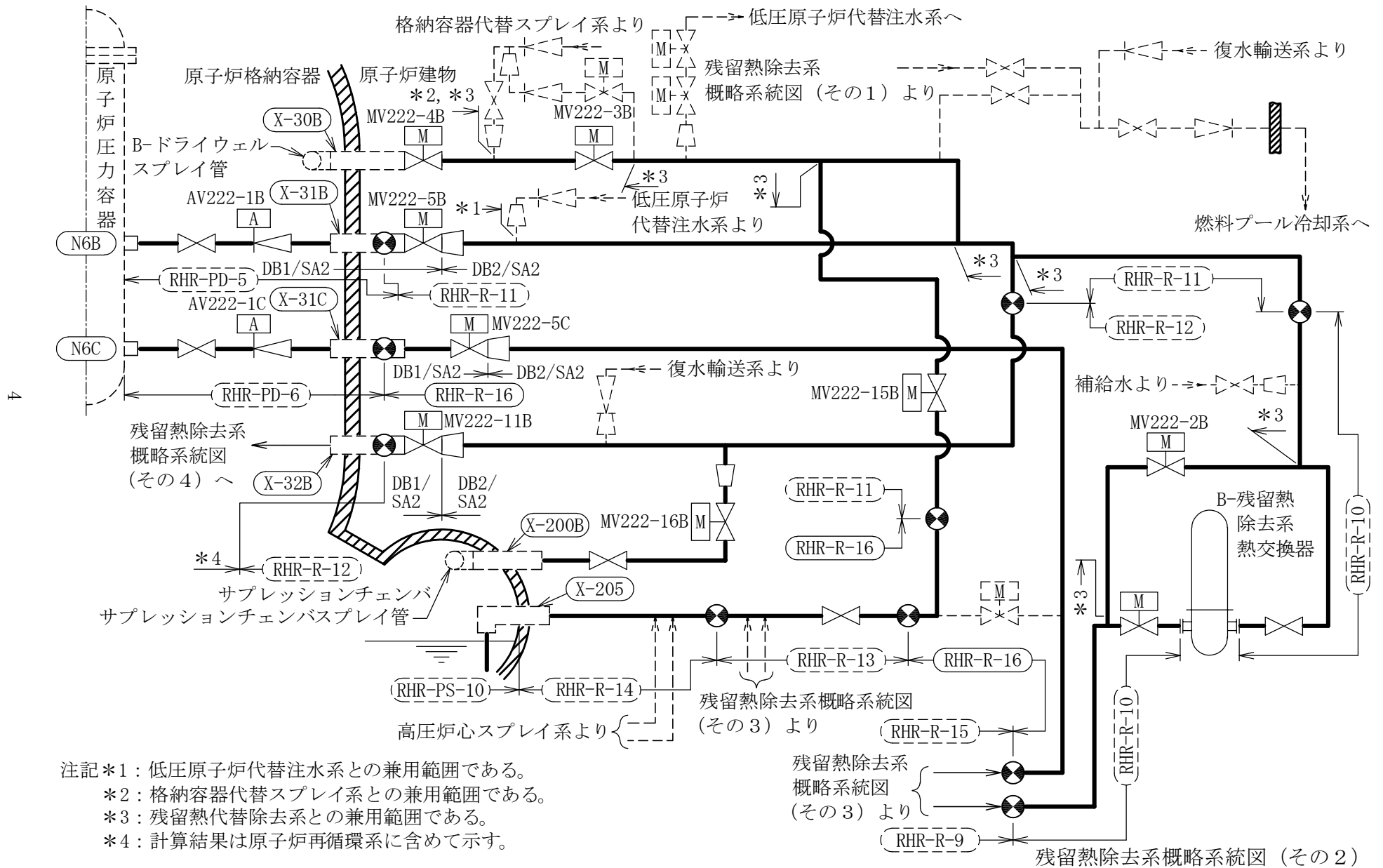
概略系統図記号凡例

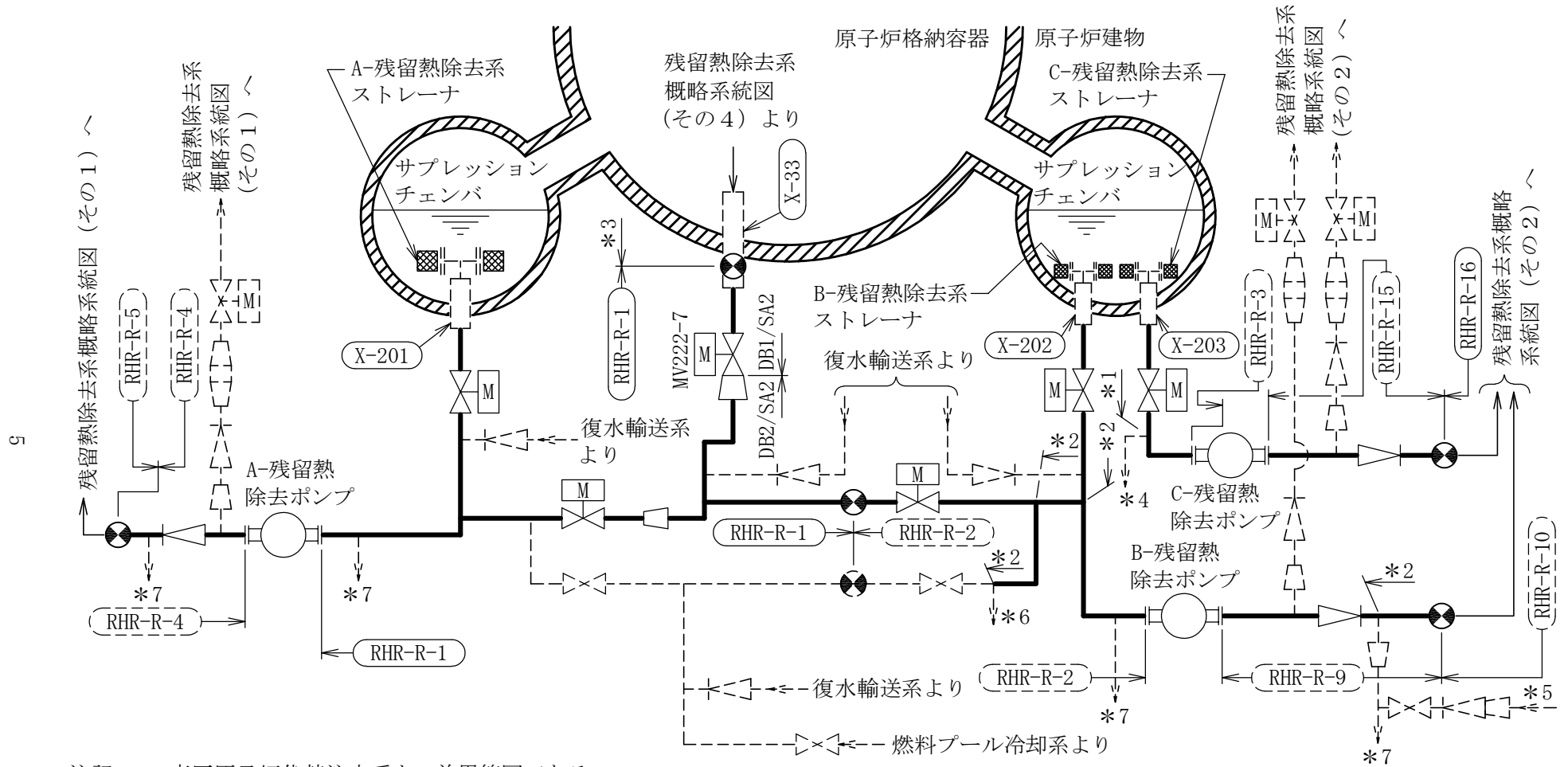
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>



- 注記 *1: 低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2: 格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *3: ペDESTAL代替注水系との兼用範囲である。
 *4: 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5: 計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。
 *6: サプレッションプール水pH制御系より

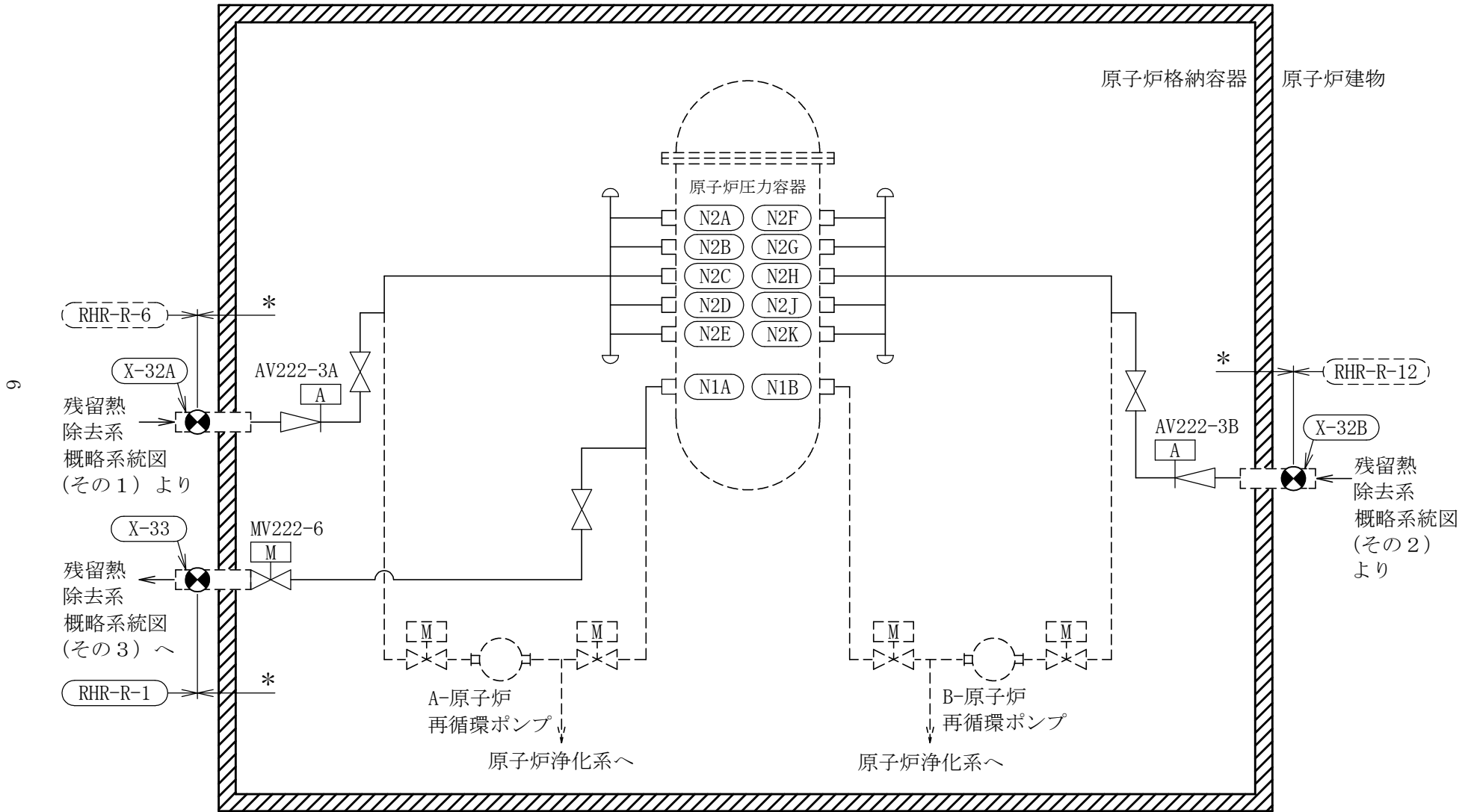
残留熱除去系概略系統図 (その1)





- 注記 *1 : 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *2 : 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *3 : 計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。
 *4 : 高圧原子炉代替注水系へ
 *5 : 残留熱代替除去系より
 *6 : 残留熱代替除去系へ
 *7 : RHRフラッシング用サンプタンクへ

残留熱除去系概略系統図 (その3)



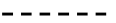


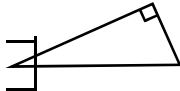
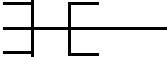

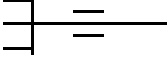


注記* : 計算結果は原子炉再循環系に含めて示す。

残留熱除去系概略系統図 (その4)

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	

∞

鳥瞰図

RHR-R-1 (SA) (1/6)

6

鳥瞰図

RHR-R-1 (SA) (2/6)

10

鳥瞰図

RHR-R-1 (SA) (3/6)

鳥瞰図

RHR-R-1 (SA) (4/6)

鳥瞰図

RHR-R-1 (SA) (5/6)

鳥瞰図

RHR-R-1 (SA) (6/6)

鳥瞰図

RHR-R-16(SA) (1/2)

15

鳥瞰図

RHR-R-16(SA) (2/2)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 RHR-R-1

管 番 号	対応する評価点	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	2~15	0.853	178	508.0	9.5	SM41C
2	20~2801, 2901~35N	1.37	185	508.0	9.5	SM41C
3	2801~2901	1.37	185	517.6	14.3	SM41C
4	29~53, 75~1250	1.37	185	416.0	14.3	SM41C
5	53~54, 1250~125	1.37	185	406.4	9.5	SM41C
6	54~56	1.37	185	406.4	12.7	STPT42
7	60~73, 125~131A	1.37	185	406.4	9.5	STPT42
8	74~7401, 7501~104	1.37	185	558.8	9.5	SM41C
9	7401~7501	1.37	185	568.4	14.3	SM41C
10	109~110	8.98	304	457.2	29.4	STS42

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RHR-R-1

質量	対応する評価点
	20～2801, 2901～3401, 3402～35N
	2801～2901
	3401～3402
	29～56, 60～6101, 6301～6601, 6801～6803, 6901～7201 7202～73, 75～1251, 1301～131A
	6101～6301, 6601～6801, 6803～6901, 7201～7202, 1251～1301
	74～7401, 7501～7601, 7801～7901, 791～801, 802～811 812～821, 822～831, 832～841, 871～873, 912～921 922～931, 9601～9802, 1010～104
	7401～7501
	7601～7801, 7901～791, 801～802, 811～812, 821～822 831～832, 841～871, 873～912, 921～922, 931～9601 9802～1010
	109～110

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RHR-R-1

質量	対応する評価点
	34F
	35N

弁部の質量

鳥 瞰 図 RHR-R-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	15, 20		16
	17		19
	56~57, 57~60		56, 60
	57		58
	59		105~106, 106~109
	105, 109		106
	107		108

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RHR-R-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
15~16				16~17			
17~18				18~19			
16~20				56~57			
57~58				58~5801			
5801~59				57~60			
105~106				106~107			
107~108				106~109			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-R-1

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
** 1N **						
** 1N **						
** 1N **						
** 10 **						
11						
13						
13						
18						
** 18 **						
** 21 **						
21						
22						
27						
35N						
** 5401 **						
** 5801 **						
** 5801 **						
** 66 **						
** 66 **						
69						

S2 補 VI-3-3-3-1-8-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-R-1

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
7101						
** 72 **						
** 72 **						
79						
** 79 **						
** 82 **						
83						
** 83 **						
** 86 **						
87						
** 87 **						
92						
93						
93						
** 96 **						
9801						
101						
111A						
** 1255 **						
131A						

S2 補 VI-3-3-3-1-8-2(重) R0

計算条件

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 RHR-R-16

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1A~40	3.92	116	355.6	15.1	STS42
2	46~50	8.98	304	267.4	18.2	STS42
6	75~97A, 75~99A	3.92	178	267.4	12.7	STPT42

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RHR-R-16

質量	対応する評価点
	46～47
	47～50

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RHR-R-16

質量	対応する評価点
	26
	93

弁部の質量

鳥 瞰 図 RHR-R-16

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	41, 46		42
	43		45

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RHR-R-16

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
41~42				42~43			
43~44				44~45			
42~46							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-R-16

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
1A						
4001						
8						
11						
13						
20						
2401						
** 27 **						
27						
** 31 **						
** 35 **						
35						
** 35 **						
** 44 **						
** 44 **						
51A						
7601						
7801						
81						
** 87 **						
87						
** 91 **						
91						

S2 補 VI-3-3-3-1-8-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-R-16

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
97A						
99A						

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SM41C	178	—	—	—	100
SM41C	185	—	—	—	100
STPT42	185	—	—	—	103
STS42	304	122	182	—	—
STS42	116	—	—	—	103
STPT42	178	—	—	—	103

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。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SM41C	178	—	—	—	100
SM41C	185	—	—	—	100
STPT42	185	—	—	—	103
STS42	304	122	—	—	—
STS42	116	—	—	—	103
STPT42	178	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管

設計・建設規格 PPB-3562の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}$	許容応力 $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
RHR-R-16	49	$S_{pr m}$	88	364

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管

告示第501号第46条第3号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
RHR-R-16	49	$S_{pr m}$	89	366

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
RHR-R-1	29	$S_{pr m}^{*1}$	96	150
RHR-R-1	29	$S_{pr m}^{*2}$	99	180

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2管

告示第501号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
RHR-R-1	70	$S_{pr m}^{*1}$	53	103
RHR-R-1	70	$S_{pr m}^{*2}$	53	123

注記*1：告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。なお、保守的な評価となる告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

*2：告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A				
			一次応力				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	RHR-PD-4	設計・建設規格	14	63	364	5.77	—
		告示第501号	11	63	366	5.80	—
2	RHR-PD-5	設計・建設規格	42N	62	364	5.87	—
		告示第501号	42N	62	366	5.90	—
3	RHR-PD-6	設計・建設規格	8	51	364	7.13	—
		告示第501号	8	52	366	7.03	—
4	RHR-R-1	設計・建設規格	109	54	364	6.74	—
		告示第501号	109	54	366	6.77	—
5	RHR-R-5A	設計・建設規格	18	52	364	7.00	—
		告示第501号	18	53	366	6.90	—
6	RHR-R-16	設計・建設規格	49	88	364	4.13	—
		告示第501号	49	89	366	4.11	○

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
1	RHR-PS-9	設計・建設規格	7	9	154	17.11	—	7	10	185	18.50	—
		告示第501号	7	9	103	11.44	—	7	9	123	13.66	—
2	RHR-PS-10	設計・建設規格	9	9	154	17.11	—	9	10	185	18.50	—
		告示第501号	9	9	103	11.44	—	9	9	123	13.66	—
3	RHR-R-1	設計・建設規格	29	96	150	1.56	○	29	99	180	1.81	○
		告示第501号	70	53	103	1.94	—	70	53	123	2.32	—
4	RHR-R-2	設計・建設規格	27	56	150	2.67	—	27	58	180	3.10	—
		告示第501号	35N	38	100	2.63	—	35N	38	120	3.15	—
5	RHR-R-3	設計・建設規格	27	76	150	1.97	—	27	78	180	2.30	—
		告示第501号	27	41	100	2.43	—	27	41	120	2.92	—
6	RHR-R-4	設計・建設規格	25	48	154	3.20	—	25	52	185	3.55	—
		告示第501号	24	48	103	2.14	—	24	48	123	2.56	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス2管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
7	RHR-R-5	設計・建設規格	81	72	154	2.13	—	81	75	185	2.46	—
		告示第501号	85	46	103	2.23	—	85	46	123	2.67	—
8	RHR-R-5A	設計・建設規格	10	40	154	3.85	—	10	42	185	4.40	—
		告示第501号	10	35	103	2.94	—	10	35	123	3.51	—
9	RHR-R-5B	設計・建設規格	20	44	154	3.50	—	20	46	185	4.02	—
		告示第501号	25	40	103	2.57	—	25	40	123	3.07	—
10	RHR-R-6	設計・建設規格	3	47	154	3.27	—	3	50	185	3.70	—
		告示第501号	12	41	103	2.51	—	12	41	123	3.00	—
11	RHR-R-7	設計・建設規格	13	41	154	3.75	—	13	41	185	4.51	—
		告示第501号	3001	32	103	3.21	—	3001	32	123	3.84	—
12	RHR-R-9	設計・建設規格	201	51	154	3.01	—	201	53	185	3.49	—
		告示第501号	43	44	103	2.34	—	43	44	123	2.79	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス2管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
13	RHR-R-10	設計・建設規格	28	78	154	1.97	—	28	83	185	2.22	—
		告示第501号	41	48	103	2.14	—	41	48	123	2.56	—
14	RHR-R-11	設計・建設規格	68	70	154	2.20	—	68	76	185	2.43	—
		告示第501号	122	45	103	2.28	—	122	45	123	2.73	—
15	RHR-R-12	設計・建設規格	7	58	154	2.65	—	7	64	185	2.89	—
		告示第501号	27	45	103	2.28	—	27	45	123	2.73	—
16	RHR-R-13	設計・建設規格	10	59	154	2.61	—	10	60	185	3.08	—
		告示第501号	1A	42	103	2.45	—	1A	42	123	2.92	—
17	RHR-R-14	設計・建設規格	34	29	154	5.31	—	34	30	185	6.16	—
		告示第501号	34	30	103	3.43	—	34	30	123	4.10	—
18	RHR-R-15	設計・建設規格	22	47	154	3.27	—	22	51	185	3.62	—
		告示第501号	22	51	103	2.01	—	22	51	123	2.41	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス2管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
19	RHR-R-16	設計・建設規格	5	65	154	2.36	—	5	70	185	2.64	—
		告示第501号	6	45	103	2.28	—	6	45	123	2.73	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-3-4 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の強度計算書

VI-3-3-3-4-1 高圧炉心スプレイ系の強度計算書

VI-3-3-3-4-1-6 管の強度計算書（高圧炉心スプレイ系）

VI-3-3-3-4-1-6-2 管の応力計算書
(高圧炉心スプレイ系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス		
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)	
HPCS-PD-1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPCS-R-1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	110	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	178	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPCS-R-2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	SA-2	有	12.20	100	12.20	110	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

重大事故等対処設備

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	8
3.1 計算条件	8
3.2 材料及び許容応力	18
4. 評価結果	20
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	24

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




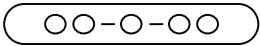
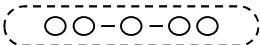

(1) 管

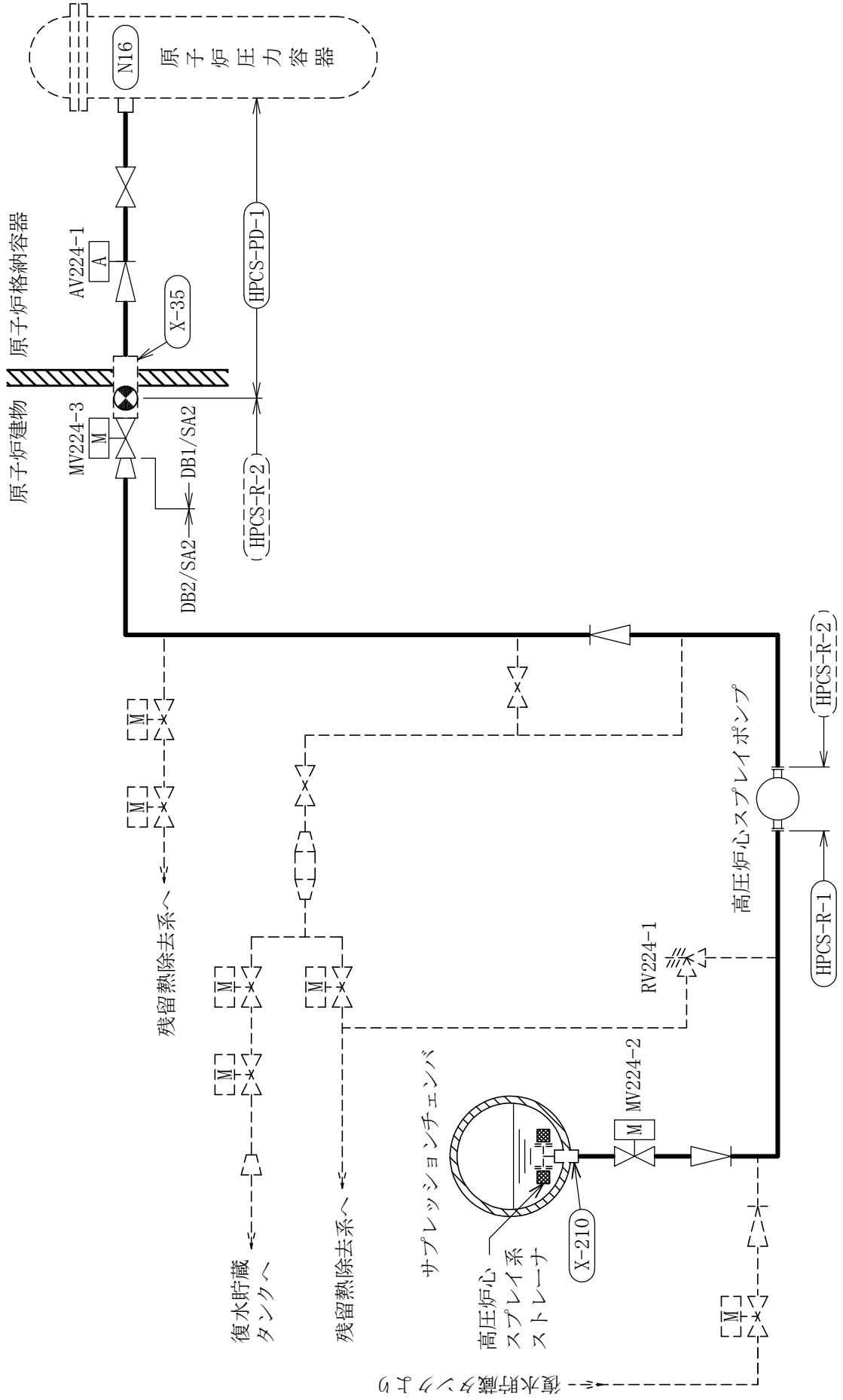
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

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



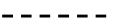


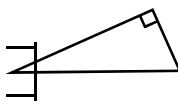
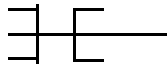

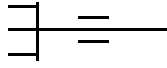
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>

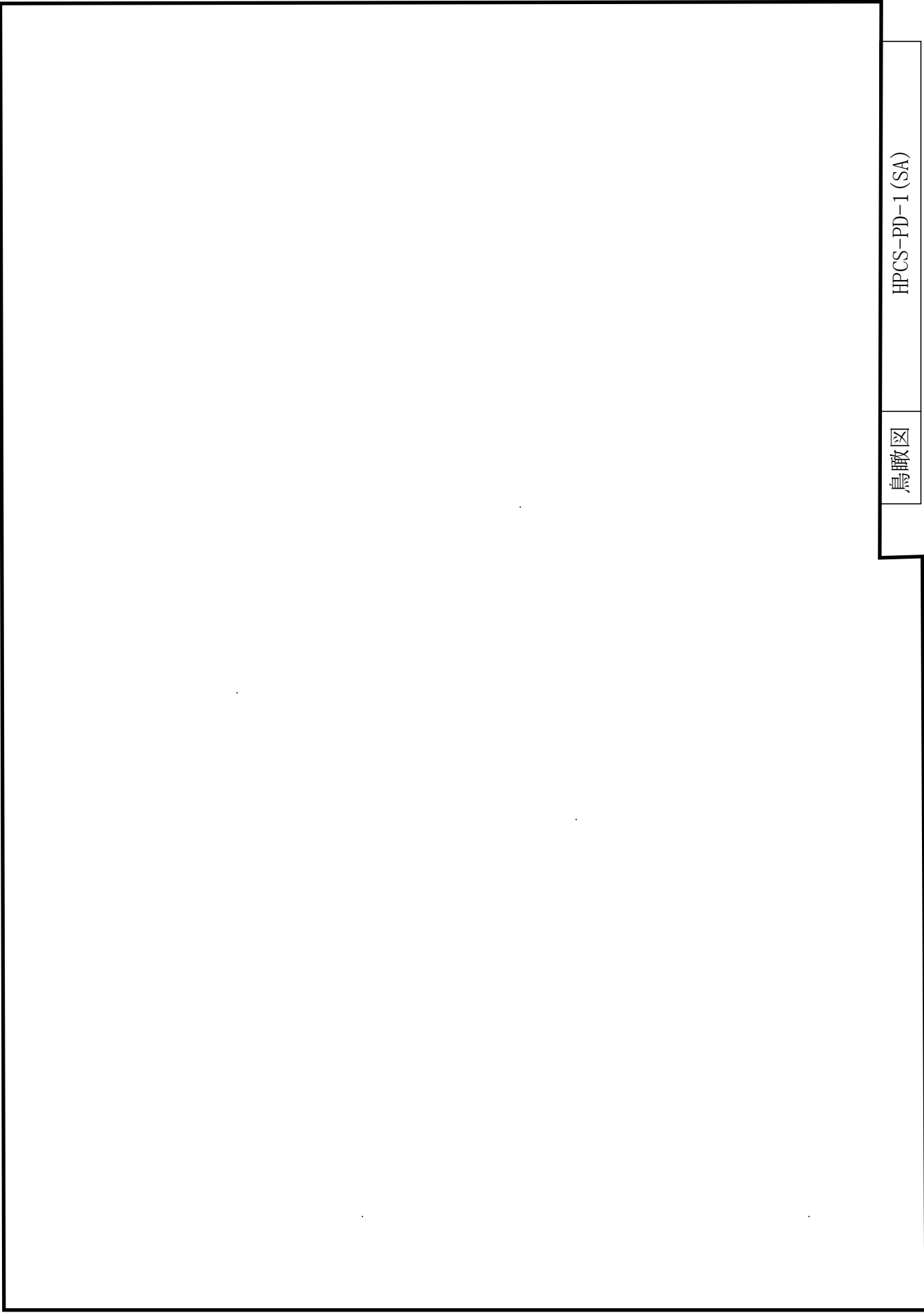


高圧炉心スプレイ系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

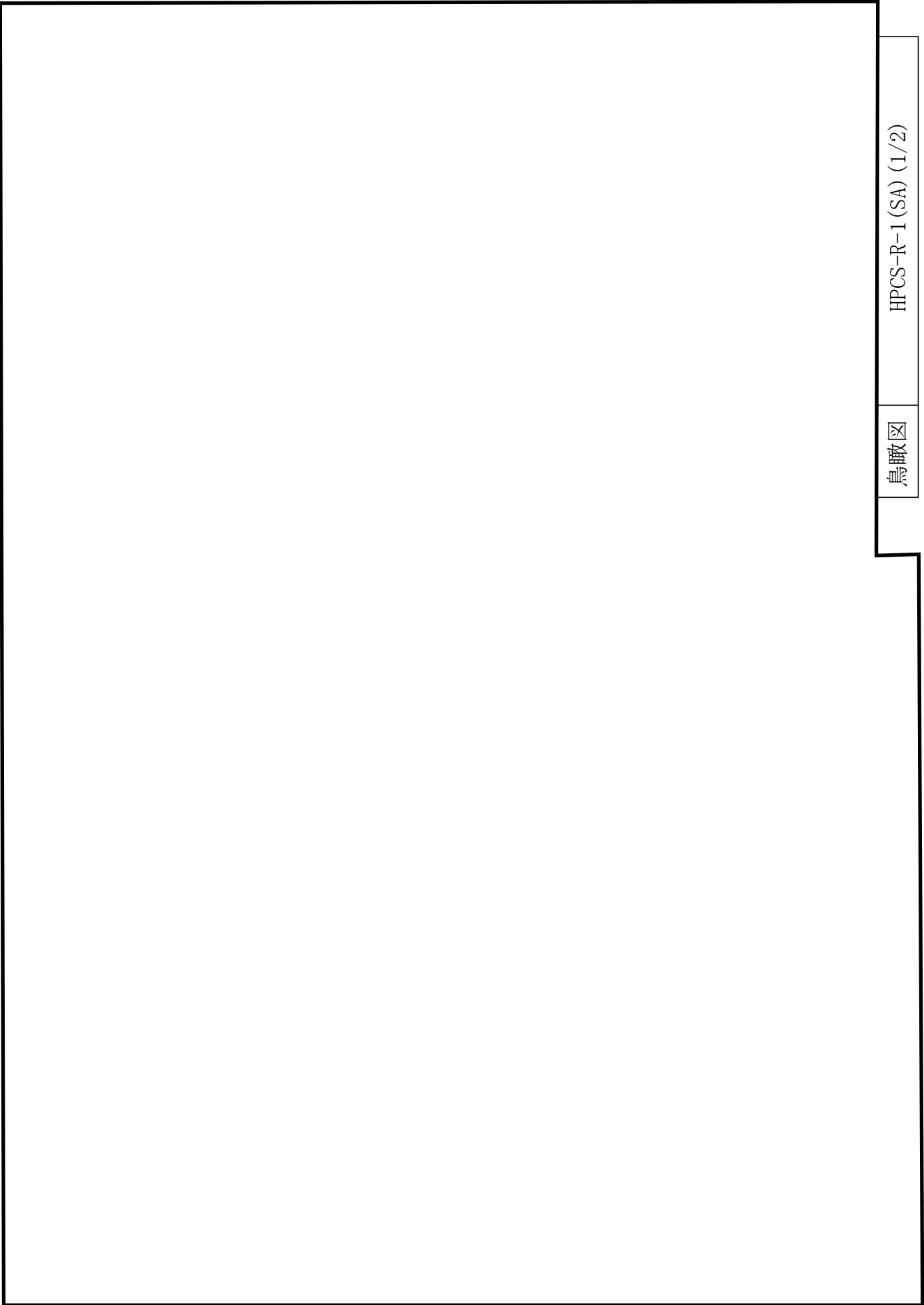
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管, 又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナツバについても同様とする。)
	スナツバ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	



鳥瞰図

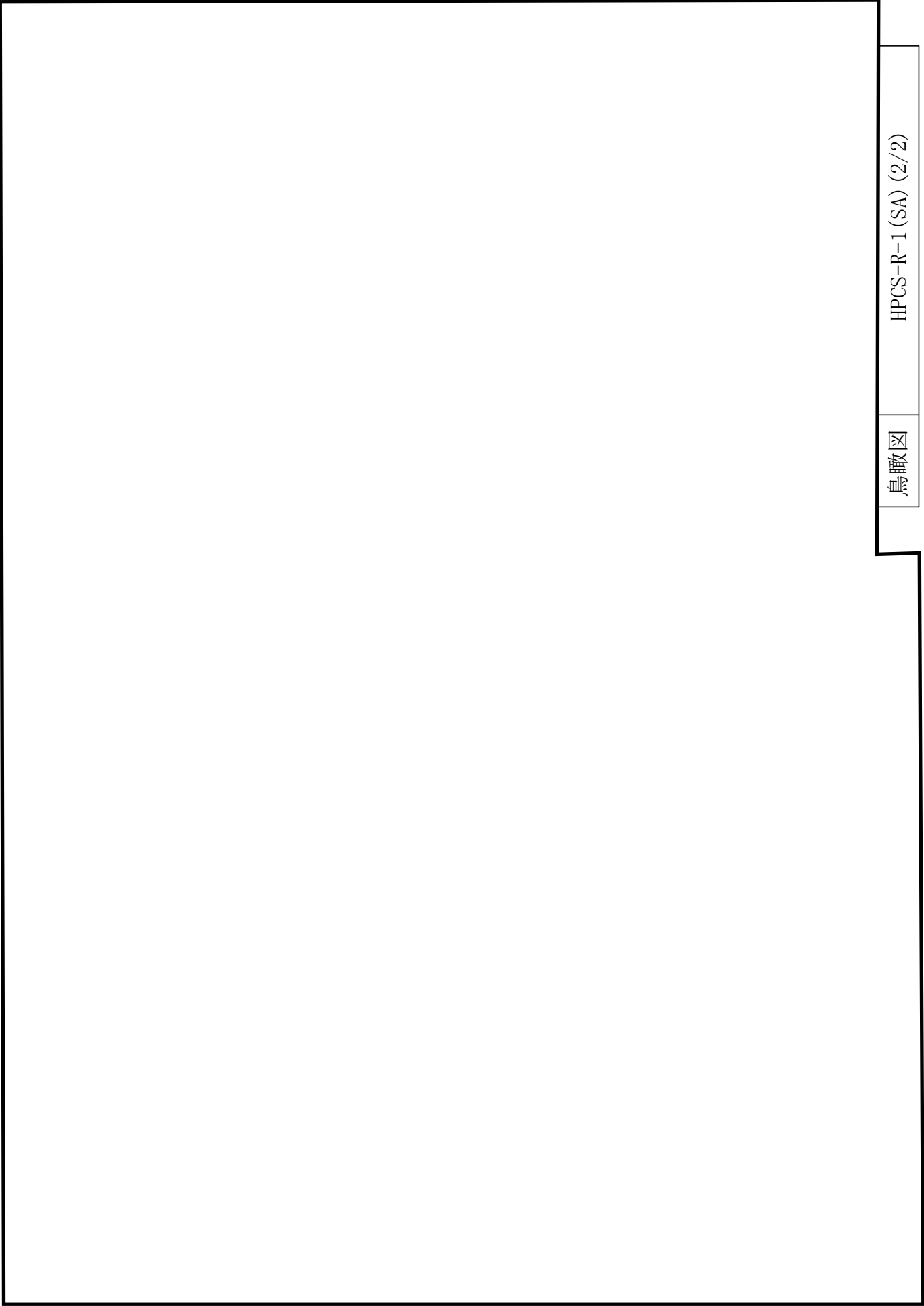
HPCS-PD-1 (SA)

S2 補 VI-3-3-3-4-1-6-2 (重) R0



鳥瞰図

HPCS-R-1 (SA) (1/2)



鳥瞰図

HPCS-R-1 (SA) (2/2)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 HPCS-PD-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	5～19, 20～24 25～36N	8.98	304	267.4	18.2	STS42

配管の付加質量

鳥 瞰 図 HPCS-PD-1

質量	対応する評価点
<div style="border: 2px solid black; width: 60px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div>	5～5001, 1201～1301, 1401～1601, 1701～19, 20～24 25～2701, 3001～3101, 35～3501
	5001～1201, 1301～1401, 1601～1701, 2701～3001, 3101～33
	33～35, 3501～36N

弁部の質量

鳥 瞰 図 HPCS-PD-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="text"/>	19～20	<input type="text"/>	24～25

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HPCS-PD-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
19~20	[Redacted]			24~25	[Redacted]		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HPCS-PD-1

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
1A						
6						
** 16 **						
16						
** 16 **						
21						
** 26 **						
** 27 **						
2702						
28						
3102						
32						
N7						

S2 補 VI-3-3-3-4-1-6-2 (重) R0

計算条件


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 HPCS-R-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	2~10	0.853	178	508.0	9.5	SM41C
2	14~16, 17~27N	1.37	110	508.0	9.5	SM41C

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 HPCS-R-1

質量	対応する評価点
	26F
	27N

弁部の質量

鳥 瞰 図 HPCS-R-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	10, 14		11
	12		13
	16~17		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HPCS-R-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
10~11				11~12			
12~1200							
1201~13							
16~17							
				1200~1201			
				11~14			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HPCS-R-1

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
** 1N **						
** 1N **						
** 1N **						
7						
** 7 **						
1200						
** 1201 **						
** 1400 **						
1401						
18						
22						
27N						

S2 補 VI-3-3-3-4-1-6-2(重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STS42	304	122	182	—	—
SM41C	178	—	—	—	100
SM41C	110	—	—	—	100

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。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STS42	304	122	—	—	—
SM41C	178	—	—	—	100
SM41C	110	—	—	—	100

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
設計・建設規格 PPB-3562の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{p r m}$	許容応力 $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
HPCS-PD-1	6	$S_{p r m}$	47	364

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
告示第501号第46条第3号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
HPCS-PD-1	6	$S_{pr m}$	47	366

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
HPCS-R-1	20	$S_{pr m}^{*1}$	94	150
HPCS-R-1	20	$S_{pr m}^{*2}$	98	180

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2管
告示第501号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
HPCS-R-1	20	$S_{pr m}^{*1}$	51	100
HPCS-R-1	20	$S_{pr m}^{*2}$	51	120

注記*1：告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。なお、保守的な評価となる告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

*2：告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A				
			一次応力				
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表
1	HPCS-PD-1	設計・建設規格 告示第501号	6	47	364	7.74	○
			6	47	366	7.78	—

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1)*1					一次応力(2)*2				
			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
1	HPCS-R-1	設計・建設規格	20	94	150	1.59	○	20	98	180	1.83	○
		告示第501号	20	51	100	1.96	—	20	51	120	2.35	—
2	HPCS-R-2	設計・建設規格	30	45	154	3.42	—	30	48	185	3.85	—
		告示第501号	30	48	103	2.14	—	30	48	123	2.56	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-3-4-3 高压原子炉代替注水系の強度計算書

VI-3-3-3-4-3-3 管の強度計算書
(高圧原子炉代替注水系)

VI-3-3-3-4-3-3-2 管の応力計算書
(高圧原子炉代替注水系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
HPAC-R-1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	120	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HPAC-R-2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	11.3	120	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HPAC-R-3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	11.3	120	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	8.62	302	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HPAC-R-4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	8.62	302	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HPAC-R-5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.98	184	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RCIC-R-3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	8.62	302	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RCIC-R-4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.98	184	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
RHR-R-3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	120	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	100	1.37	120	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
FW-T-8	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	8.62	302	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

重大事故等対処設備

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 計算条件	7
3.2 材料及び許容応力	12
4. 評価結果	13
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	14

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




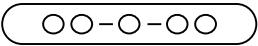


(1) 管

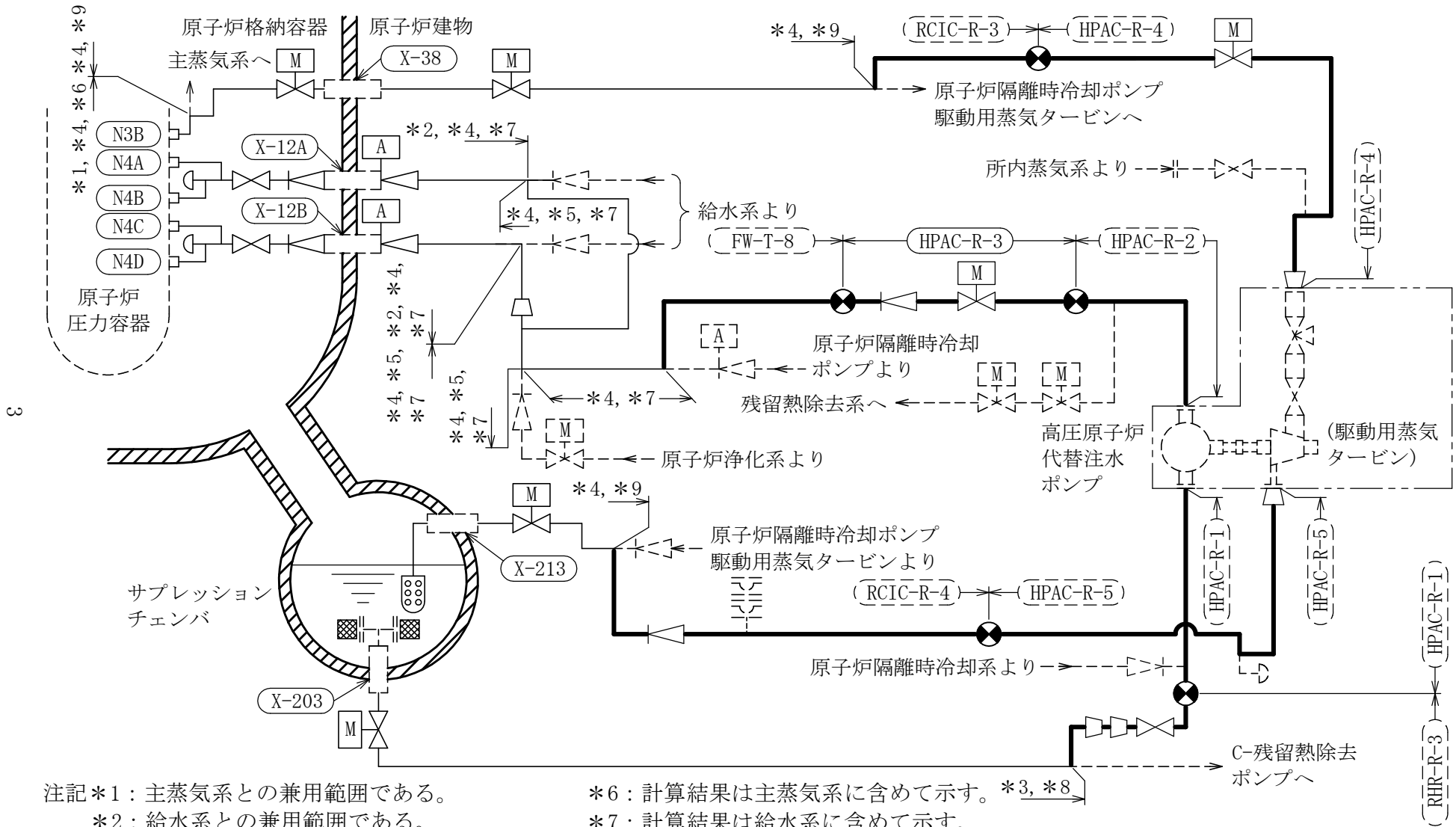
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全9モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>





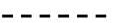


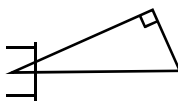
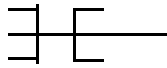

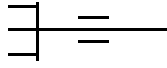
- 注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。
 *2：給水系との兼用範囲である。
 *3：残留熱除去系との兼用範囲である。
 *4：原子炉隔離時冷却系との兼用範囲である。
 *5：原子炉浄化系との兼用範囲である。

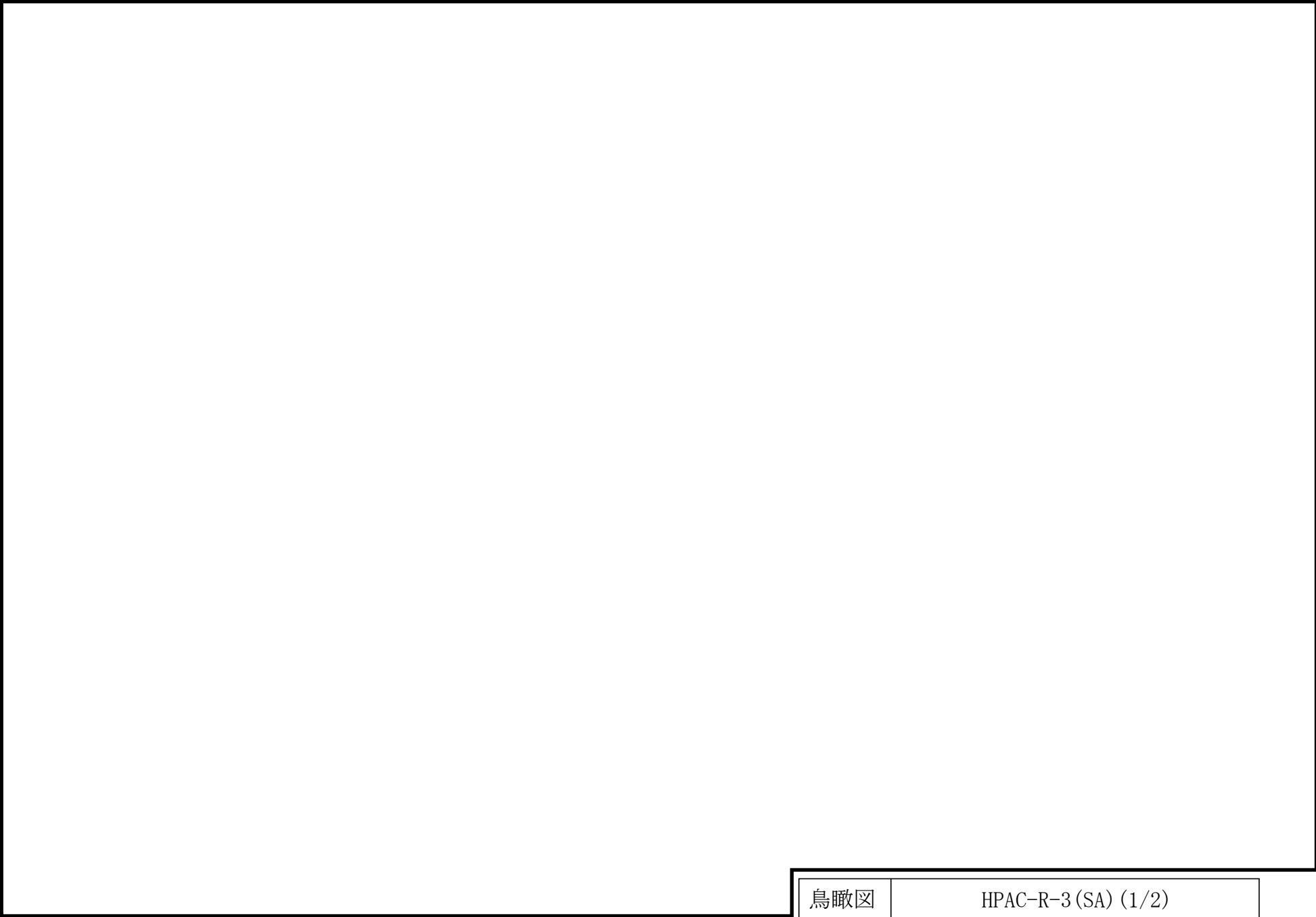
- *6：計算結果は主蒸気系に含めて示す。
 *7：計算結果は給水系に含めて示す。
 *8：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *9：計算結果は原子炉隔離時冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス:SA2
 高圧原子炉代替注水系概略系統図

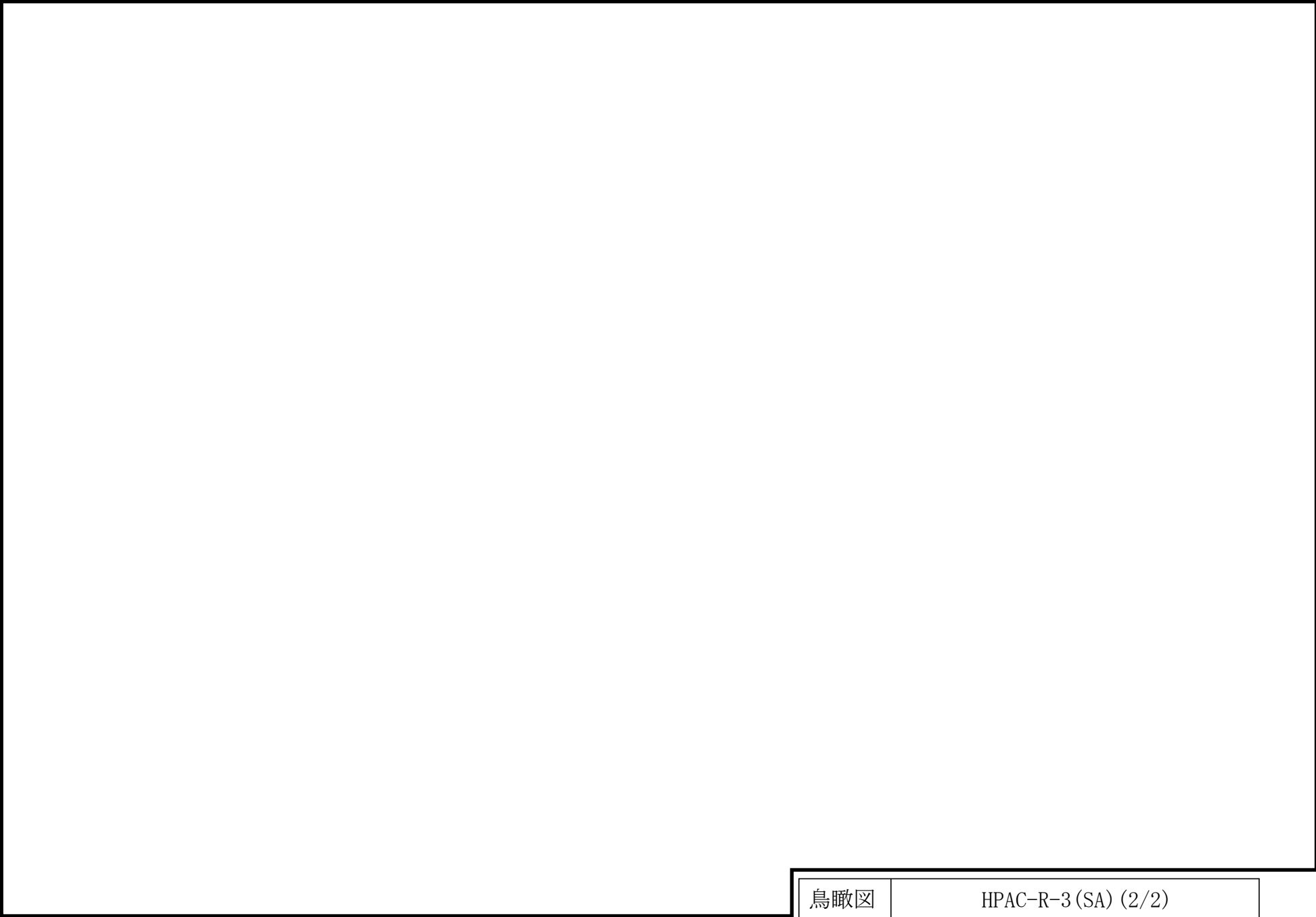
2.2 鳥瞰図

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナツバについても同様とする。)
	スナツバ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	



鳥瞰図	HPAC-R-3(SA)(1/2)
-----	-------------------



鳥瞰図	HPAC-R-3 (SA) (2/2)
-----	---------------------

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 HPAC-R-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1A~37	11.30	120	114.3	11.1	STPT410
2	38~53, 54~72A	8.62	302	114.3	11.1	STPT410

配管の付加質量

鳥 瞰 図 HPAC-R-3

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	1A～37, 38～53, 54～72A

弁部の質量

鳥 瞰 図 HPAC-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	37, 38		3701
	3702		3704
	53~54		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 HPAC-R-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
37~3701				3701~3702			
3702~3703				3703~3704			
3701~38				53~54			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 HPAC-R-3

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
1A						
7						
16						
22						
25						
33						
3703						
3703						
39						
39						
49						
56						
60						
67						
72A						

S2 補 VI-3-3-3-4-3-3-2(重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	120	—	—	—	103
STPT410	302	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
HPAC-R-3	30	$S_{pr m}^{*1}$	92	154
HPAC-R-3	30	$S_{pr m}^{*2}$	99	185

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
1	HPAC-R-1	設計・建設規格	54	18	154	8.55	—	54	20	185	9.25	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	HPAC-R-2	設計・建設規格	16	42	154	3.66	—	16	46	185	4.02	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	HPAC-R-3	設計・建設規格	30	92	154	1.67	○	30	99	185	1.86	○
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	HPAC-R-4	設計・建設規格	20	78	154	1.97	—	20	81	185	2.28	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	HPAC-R-5	設計・建設規格	10	12	154	12.83	—	10	14	185	13.21	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	RCIC-R-3	設計・建設規格	156A	32	154	4.81	—	156A	34	185	5.44	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
7	RCIC-R-4	設計・建設規格	108	17	154	9.05	—	108	18	185	10.27	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	RHR-R-3	設計・建設規格	32	23	150	6.52	—	32	24	180	7.50	—
		告示第501号	32	24	100	4.16	—	32	24	120	5.00	—
9	FW-T-8	設計・建設規格	520	36	154	4.27	—	520	40	185	4.62	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-3-5 原子炉冷却材補給設備の強度計算書

VI-3-3-3-5-1 原子炉隔離時冷却系の強度計算書

VI-3-3-3-5-1-3 管の強度計算書
(原子炉隔離時冷却系)

VI-3-3-3-5-1-3-2 管の応力計算書
(原子炉隔離時冷却系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-3「クラス2機器の強度計算の基本方針」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」並びにVI-3-2-4「クラス2管の強度計算方法」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有 無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件 圧力 (MPa)	DB 条件 温度 (°C)	SA 条件 圧力 (MPa)					
RCIC-PD-1	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RCIC-PS-2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	0.98	184	0.98	184	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RCIC-R-1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.427	104	0.853	104	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	新設	—	—	DB-2	DB-2	SA-2	—	1.37	66	1.37	100	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
RCIC-R-2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	11.30	66	11.30	100	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RCIC-R-3	新設	—	—	DB-2	DB-2	SA-2	—	8.62	302	8.62	302	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有 無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件 圧力 (MPa)	DB 条件 温度 (°C)	SA 条件 圧力 (MPa)					
RCIC-R-3	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	8.98	304	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RCIC-R-4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.98	184	—	設計・建設規格	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	0.98	184	0.98	184	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
FW-T-8	新設	—	—	—	—	SA-2	—	8.62	302	8.62	302	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2*
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2*

注記*：計算結果は「VI-3-3-3-2-2-1-2 管の応力計算書（給水系）」にて示す。

設計基準対象施設

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 計算条件	7
3.2 材料及び許容応力	9
4. 評価結果	10
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	11

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-3「クラス2機器の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-4「クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




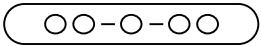


(1) 管

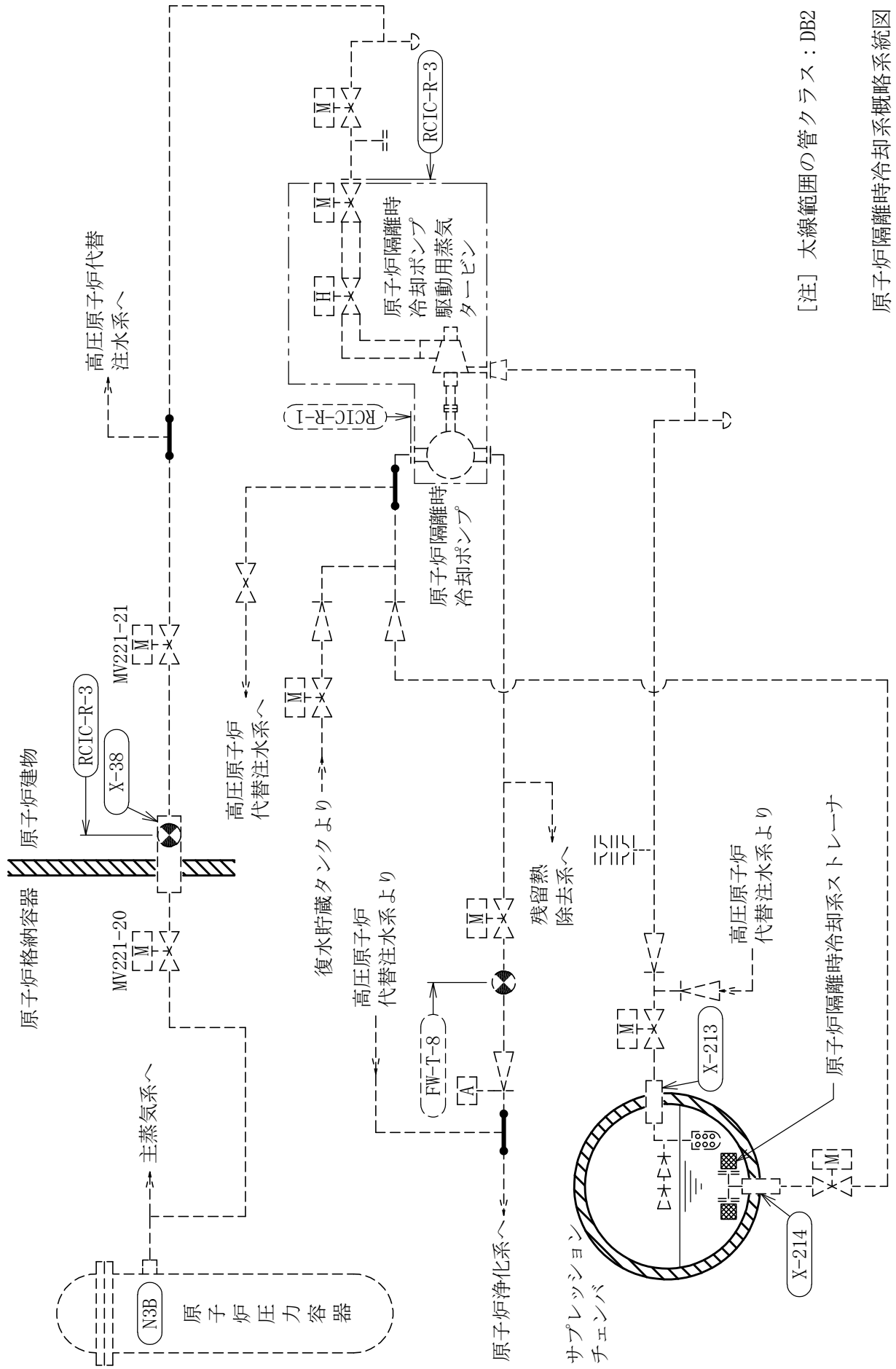
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>



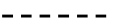


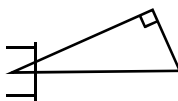
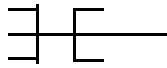

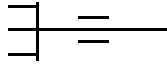


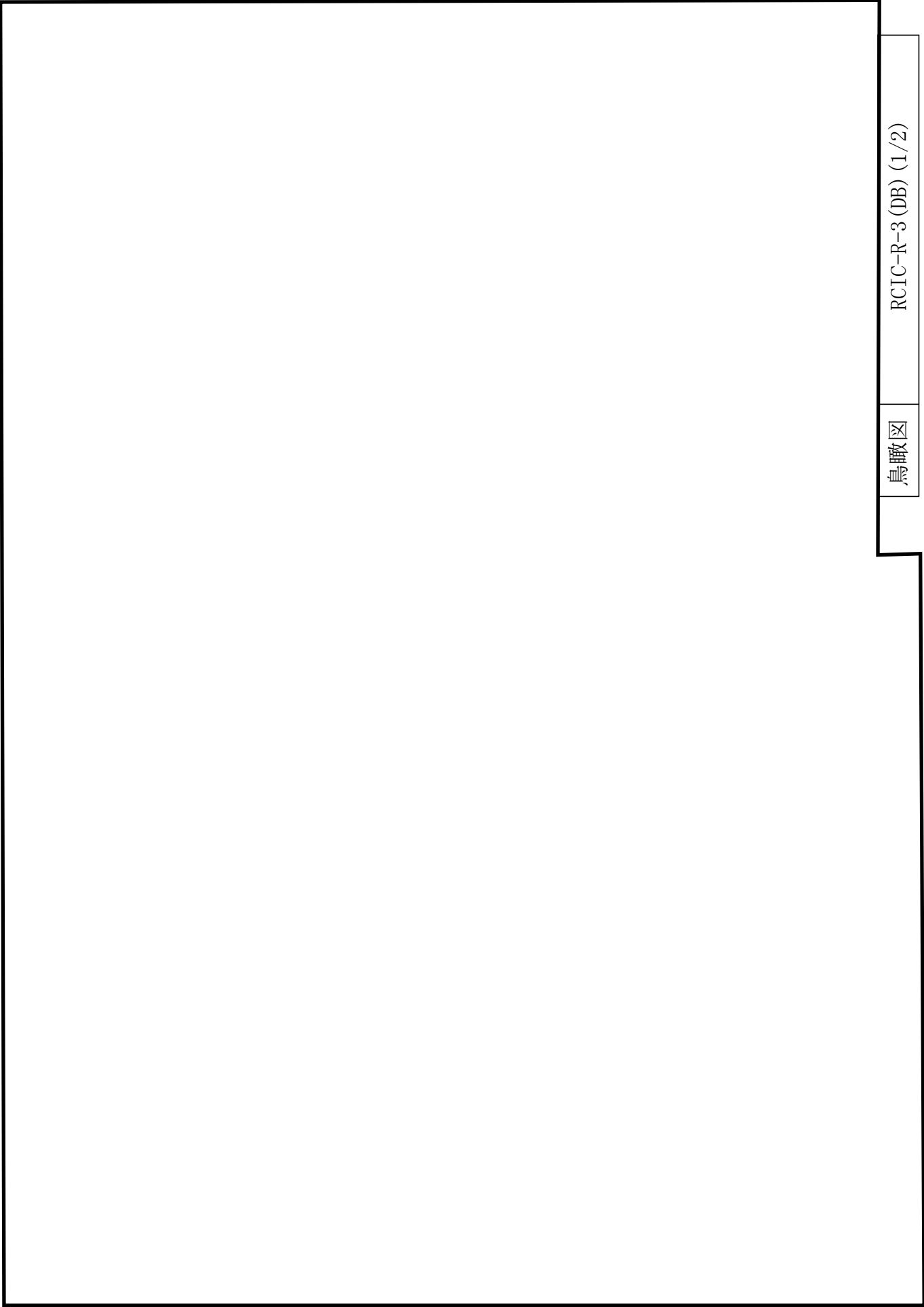
[注] 太線範囲の管クラス：DB2

原子炉隔離時冷却系概略系統図

2.2 鳥瞰図

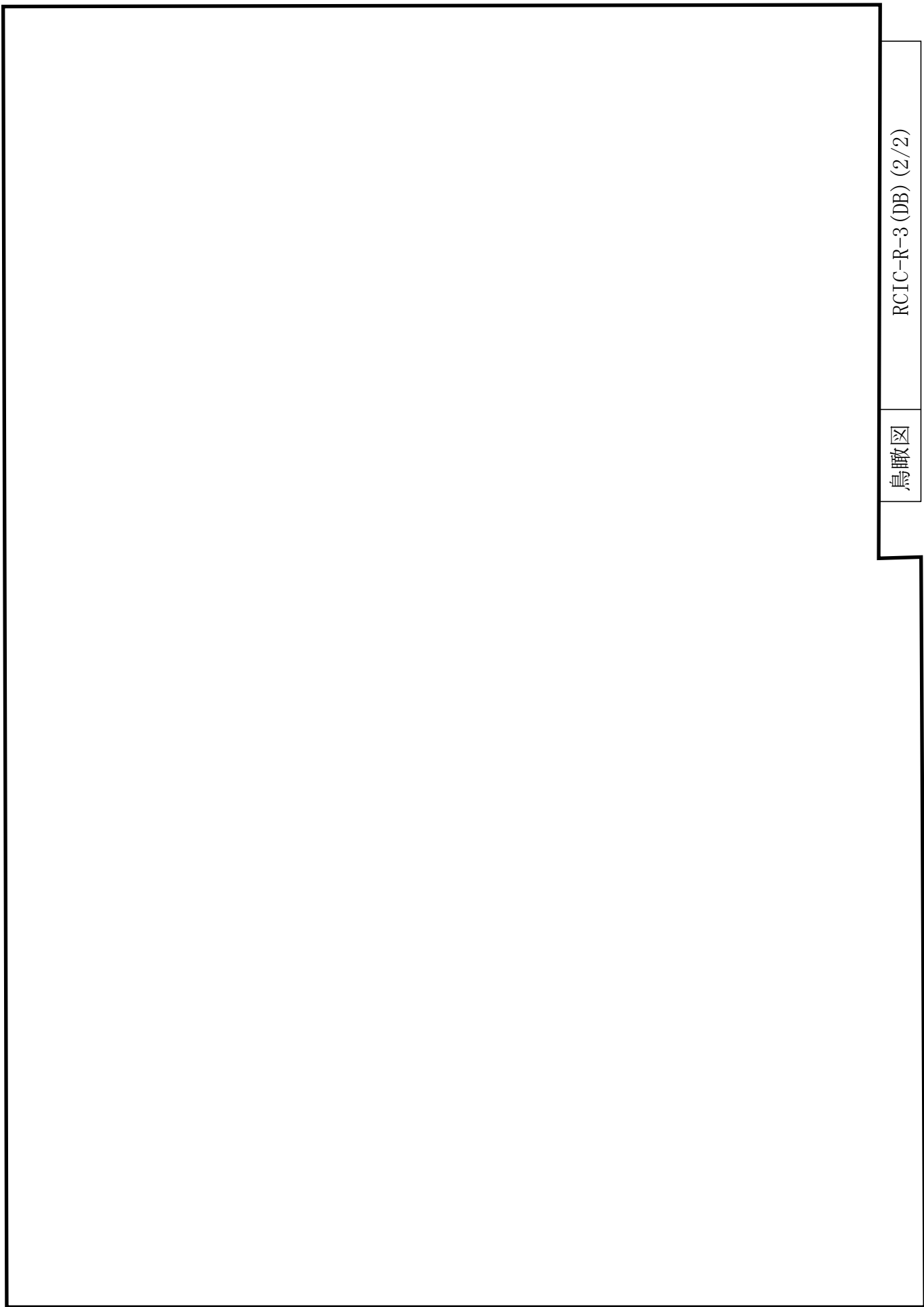
鳥瞰図記号凡例

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	



鳥瞰図

RCIC-R-3 (DB) (1/2)



鳥瞰図

RCIC-R-3 (DB) (2/2)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 RCIC-R-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	621~623	8.62	302	114.3	11.1	STPT410

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	621～623

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	302	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

クラス 2 管

設計・建設規格 PPC-3500の規定に基づく評価

鳥瞰図	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)	
				計算応力 $S_{pr m}(1)^{*1}$ $S_{pr m}(2)^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$	計算応力 $S_n(a)^{*3}$ $S_n(b)^{*4}$	許容応力 $S_a(c)^{*5}$ $S_a(d)^{*6}$
RCIC-R-3	(A, B)	622	$S_{pr m}(1)^{*1}$	32	154	—	—
RCIC-R-3	(A, B)	622	$S_n(a)^{*3}$	—	—	254	257
RCIC-R-3	(A, B)	622	$S_{pr m}(2)^{*2}$	34	185	—	—
RCIC-R-3	(A, B)	622	$S_n(b)^{*4}$	—	—	256	278

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

*3：設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次＋二次応力を示す。

*4：設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次＋二次応力を示す。

*5：設計・建設規格 PPC-3530(1)c.に基づき計算した許容応力を示す。

*6：設計・建設規格 PPC-3530(1)d.に基づき計算した許容応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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管)

No.	配管モデル	設計条件									
		一次応力 ($S_{pr m(1)}$)*1					一次応力 ($S_{pr m(2)}$)*2				
		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
1	RCIC-R-1	41	24	189	7.87	—	41	26	226	8.69	—
2	RCIC-R-3	622	32	154	4.81	○	622	34	185	5.44	○
3	FW-T-8	405	32	154	4.81	—	405	34	185	5.44	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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管)

No.	配管 モデル	供用状態A, B									
		一次+二次応力($S_n(a)$)*1					一次+二次応力($S_n(b)$)*2				
		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
1	RCIC-R-1	41	118	318	2.69	—	41	119	343	2.88	—
2	RCIC-R-3	622	254	257	1.01	○	622	256	278	1.08	○
3	FW-T-8	405	69	257	3.72	—	405	71	278	3.91	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

重大事故等対処設備

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	5
3. 計算条件	10
3.1 計算条件	10
3.2 材料及び許容応力	21
4. 評価結果	23
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	27

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。


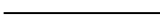
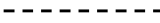
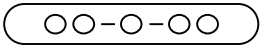
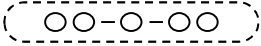

(1) 管

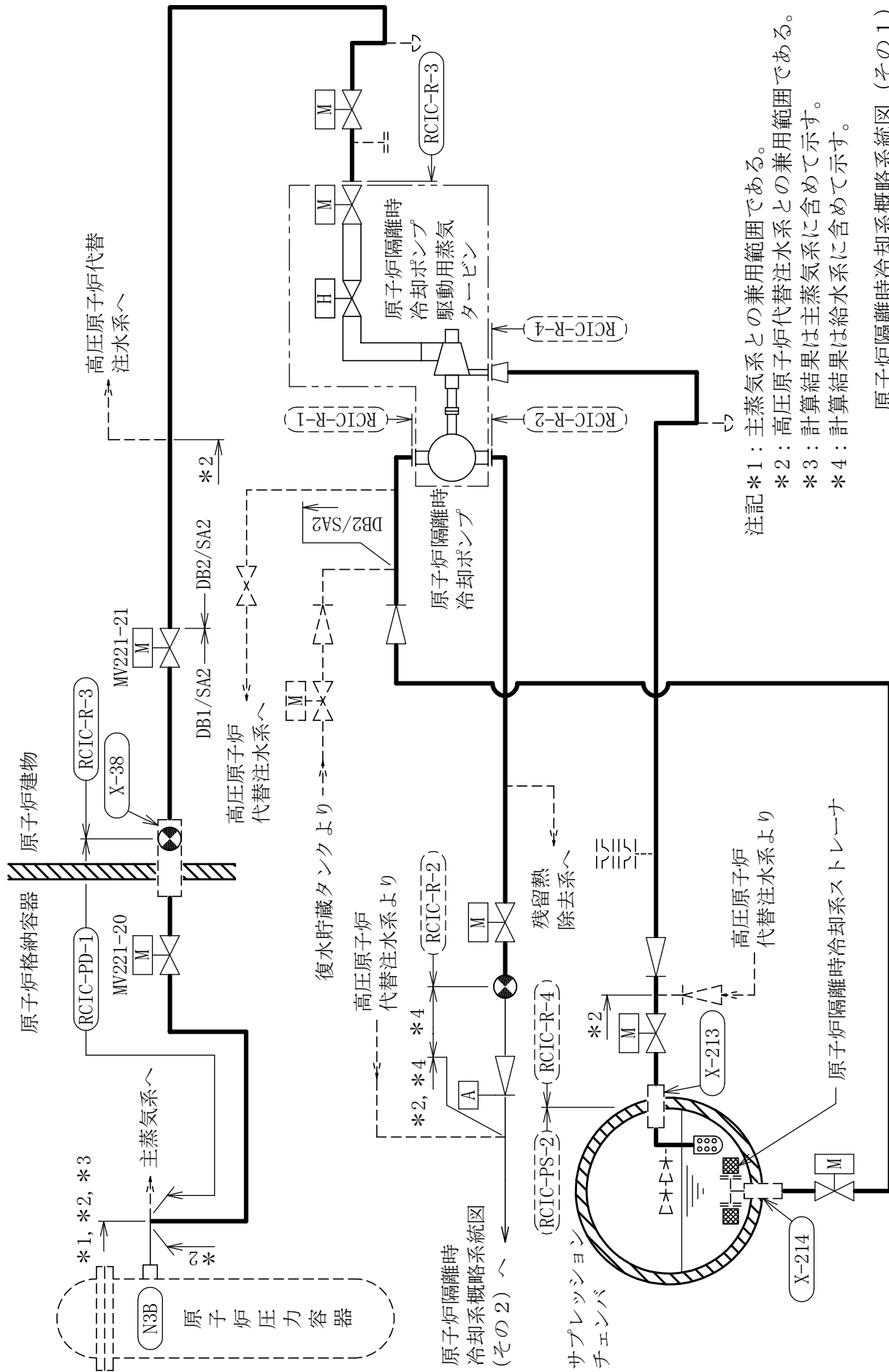
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

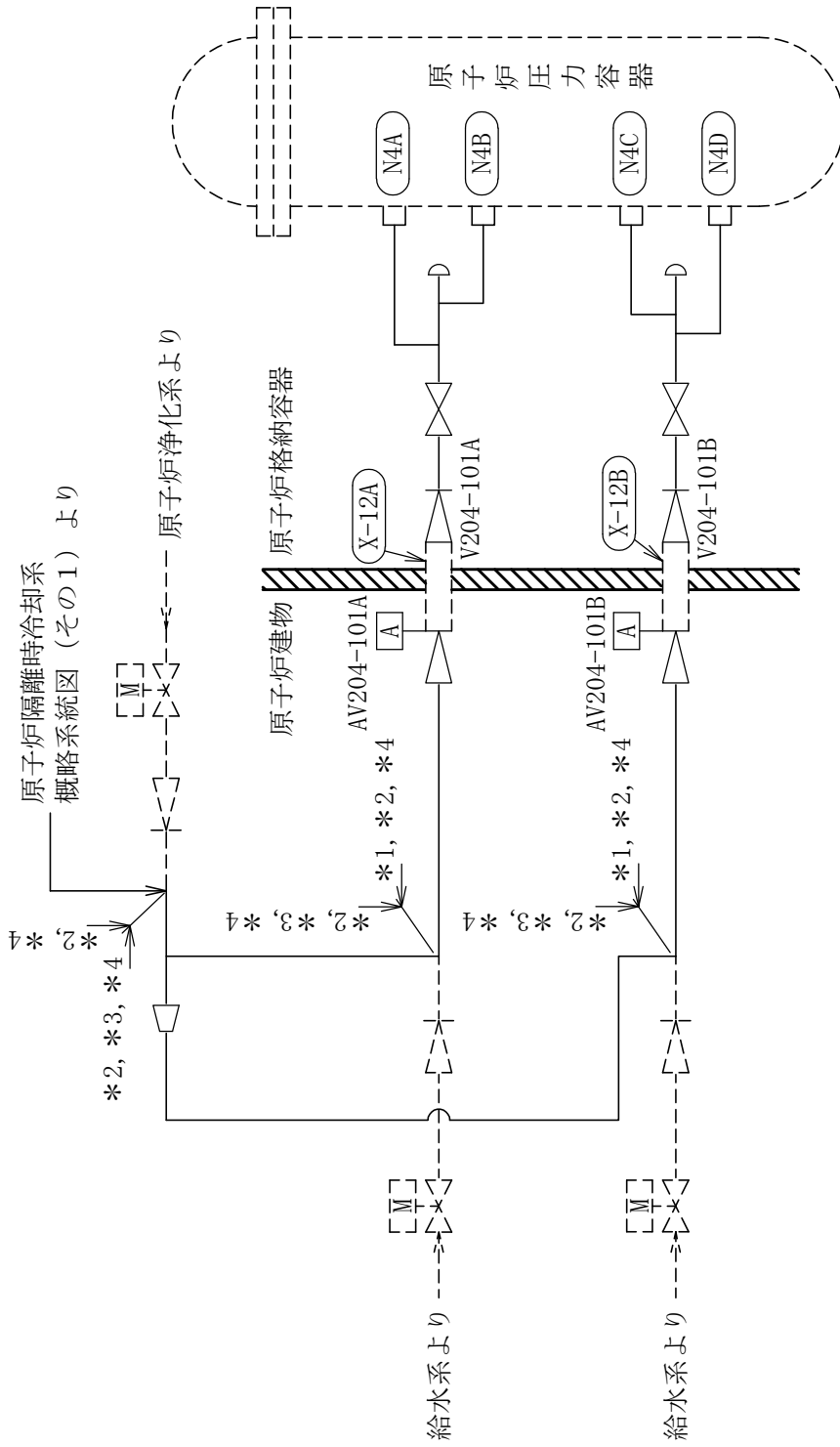
2. 概略系統図及び鳥瞰図

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>





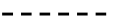


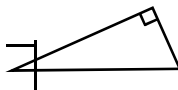
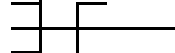

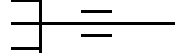


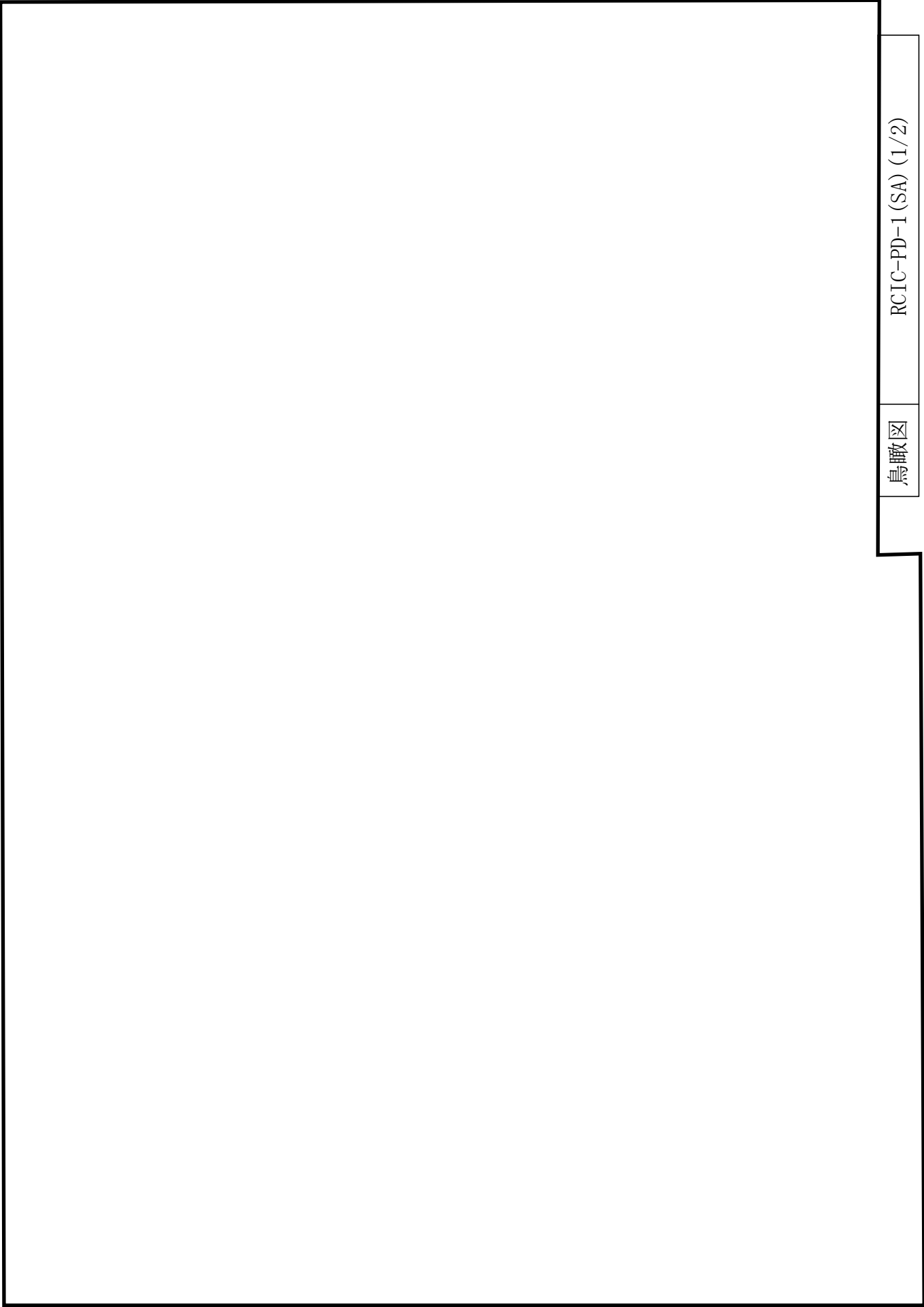
- 注記 *1: 給水系との兼用範囲である。
 *2: 高圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3: 原子炉浄化系との兼用範囲である。
 *4: 計算結果は給水系に含めて示す。

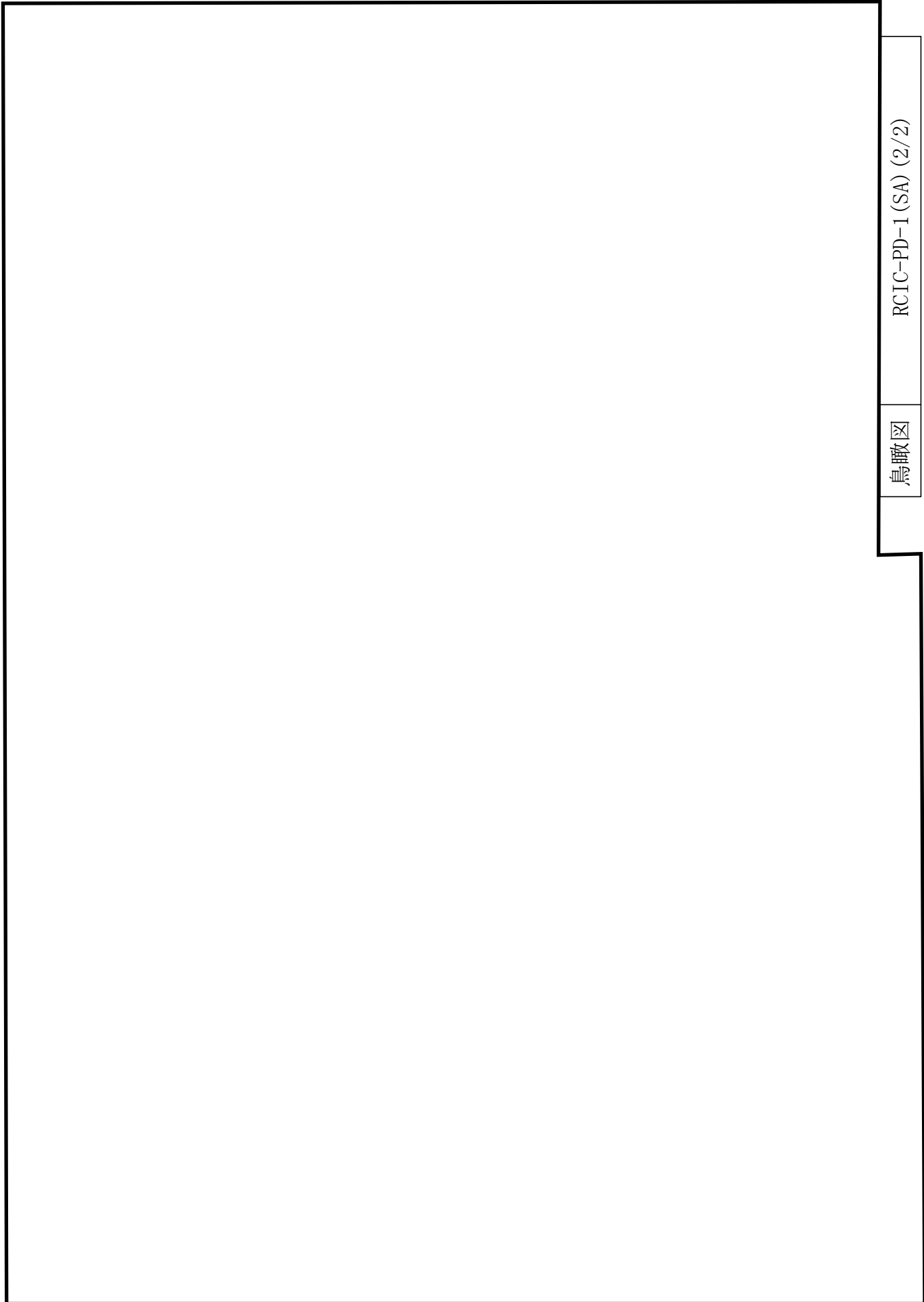
原子炉隔離時冷却系概略系統図 (その2)

2.2 鳥瞰図

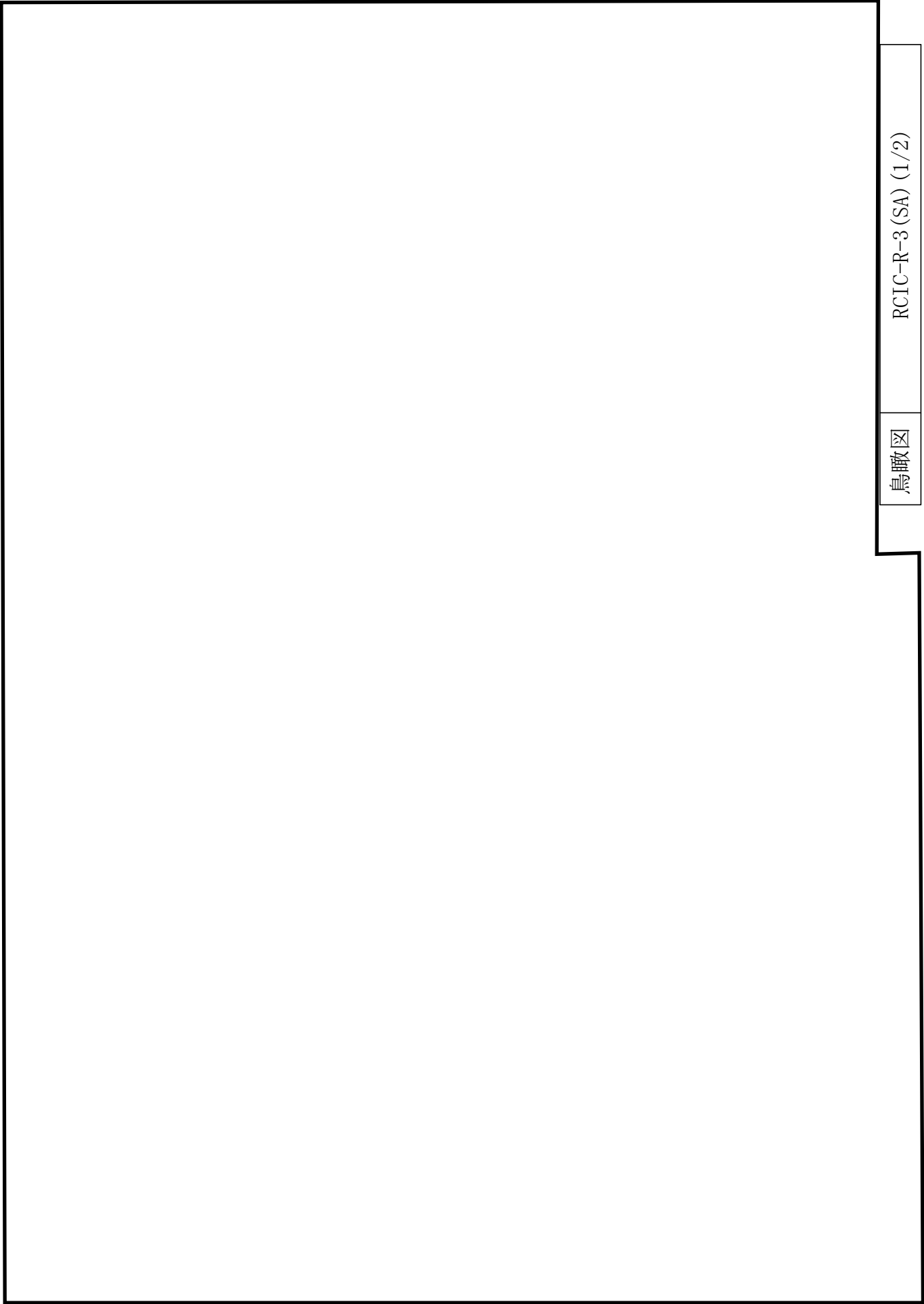
鳥瞰図記号凡例

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナツバについても同様とする。)
	スナツバ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	





S2 補 VI-3-3-3-5-1-3-2(重) R0



鳥瞰図

RCIC-R-3(SA) (1/2)

3. 計算条件

3.1 計算条件

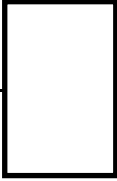
鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

管 番 号	対応する評価点	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1N~1	8.98	304	114.3	11.1	SFVC2B
2	1~25, 30~34	8.98	304	114.3	11.1	STS42

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

質量	対応する評価点
	1N～201, 401～501, 702～1201, 1301～1501, 1901～2001 2002～2101, 2201～25, 30～3001, 3301～34
	201～401, 501～702, 1201～1301, 1501～1901, 2001～2002 2101～2201, 3001～3301

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
□	25～26, 26～30	□	25, 30
	26		27
	29		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
25～26				26～27			
27～28				28～29			
26～30							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCIC-PD-1

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
1N						
** 4 **						
** 4 **						
8						
** 10 **						
** 10 **						
** 13 **						
** 13 **						
16						
** 17 **						
17						
21						
** 24 **						
28						
28						
** 33 **						
** 33 **						
37A						

S2 補 VI-3-3-3-5-1-3-2 (重) R0

計算条件

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 RCIC-R-3

管 番 号	対応する評価点	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	3～6	8.98	304	114.3	11.1	STS42
2	11～620, 623～80 80～87, 91～103N	8.62	302	114.3	11.1	STPT42
3	620～623	8.62	302	114.3	11.1	STPT410

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

質量	対応する評価点
□	11～80, 80～87, 91～103N
□	3～5
□	5～6

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	103N

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	6~7, 7~8		7~11
	6, 11		7
	8		10
	87, 91		88
	89		90

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
6~7				7~8			
8~9							
7~11							
88~89							
8901~90							
				87~88			
				89~8901			
				88~91			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCIC-R-3

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
1A						
9						
** 9 **						
** 12 **						
19						
24						
28						
31						
40						
45						
51						
57						
62						
6201						
66						
66						
76						
8901						
8901						
92						
92						
9501						
103N						

S2 補 VI-3-3-3-5-1-3-2 (重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SFVC2B	304	125	187	—	—
STS42	304	122	182	—	—
STPT42	302	—	—	—	103
STPT410	302	—	—	—	103

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。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SFVC2B	304	122	—	—	—
STS42	304	122	—	—	—
STPT42	302	—	—	—	103
STPT410	302	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
設計・建設規格 PPB-3562の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{p r m}$	許容応力 $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
RCIC-PD-1	1N	$S_{p r m}$	62	374

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス1管
告示第501号第46条第3号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
RCIC-PD-1	1N	$S_{pr m}$	62	366

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
RCIC-R-3	11	$S_{pr m}^{*1}$	65	154
RCIC-R-3	11	$S_{pr m}^{*2}$	68	185

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2管
告示第501号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
RCIC-R-3	11	$S_{pr m}^{*1}$	68	103
RCIC-R-3	11	$S_{pr m}^{*2}$	68	123

注記*1：告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。なお、保守的な評価となる告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

*2：告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス1管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A				
			一次応力				代表
			評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	
1	RCIC-PD-1	設計・建設規格	1N	62	374	6.03	—
		告示第501号	1N	62	366	5.90	○
2	RCIC-R-3	設計・建設規格	6	54	364	6.74	—
		告示第501号	6	54	366	6.77	—

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管であってクラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1)*1					一次応力(2)*2				
			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
1	RCIC-PS-2	設計・建設規格	7	63	154	2.44	—	7	64	185	2.89	—
		告示第501号	7	28	103	3.67	—	7	28	123	4.39	—
2	RCIC-R-1	設計・建設規格	37	30	183	6.10	—	37	32	219	6.84	—
		告示第501号	28	21	103	4.90	—	28	21	123	5.85	—
3	RCIC-R-2	設計・建設規格	11	72	183	2.54	—	11	76	219	2.88	—
		告示第501号	11	63	122	1.93	—	11	63	146	2.31	—
4	RCIC-R-3	設計・建設規格	11	65	154	2.36	—	11	68	185	2.72	—
		告示第501号	11	68	103	1.51	○	11	68	123	1.80	○
5	RCIC-R-4	設計・建設規格	26	32	154	4.81	—	26	32	185	5.78	—
		告示第501号	26	21	103	4.90	—	26	21	123	5.85	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
 *2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-3-6 原子炉補機冷却設備の強度計算書

VI-3-3-3-6-3 原子炉補機代替冷却系の強度計算書

VI-3-3-3-6-3-5 管の強度計算書
(原子炉補機代替冷却系)

VI-3-3-3-6-3-5-2 管の応力計算書
(原子炉補機代替冷却系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
RCW-R-3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RCW-R-4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RCW-R-6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RCW-R-7	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RCW-R-12	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RCW-R-18	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

重大事故等対処設備

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	7
3. 計算条件	11
3.1 計算条件	11
3.2 材料及び許容応力	17
4. 評価結果	18
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	19

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




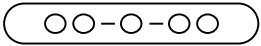
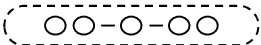

(1) 管

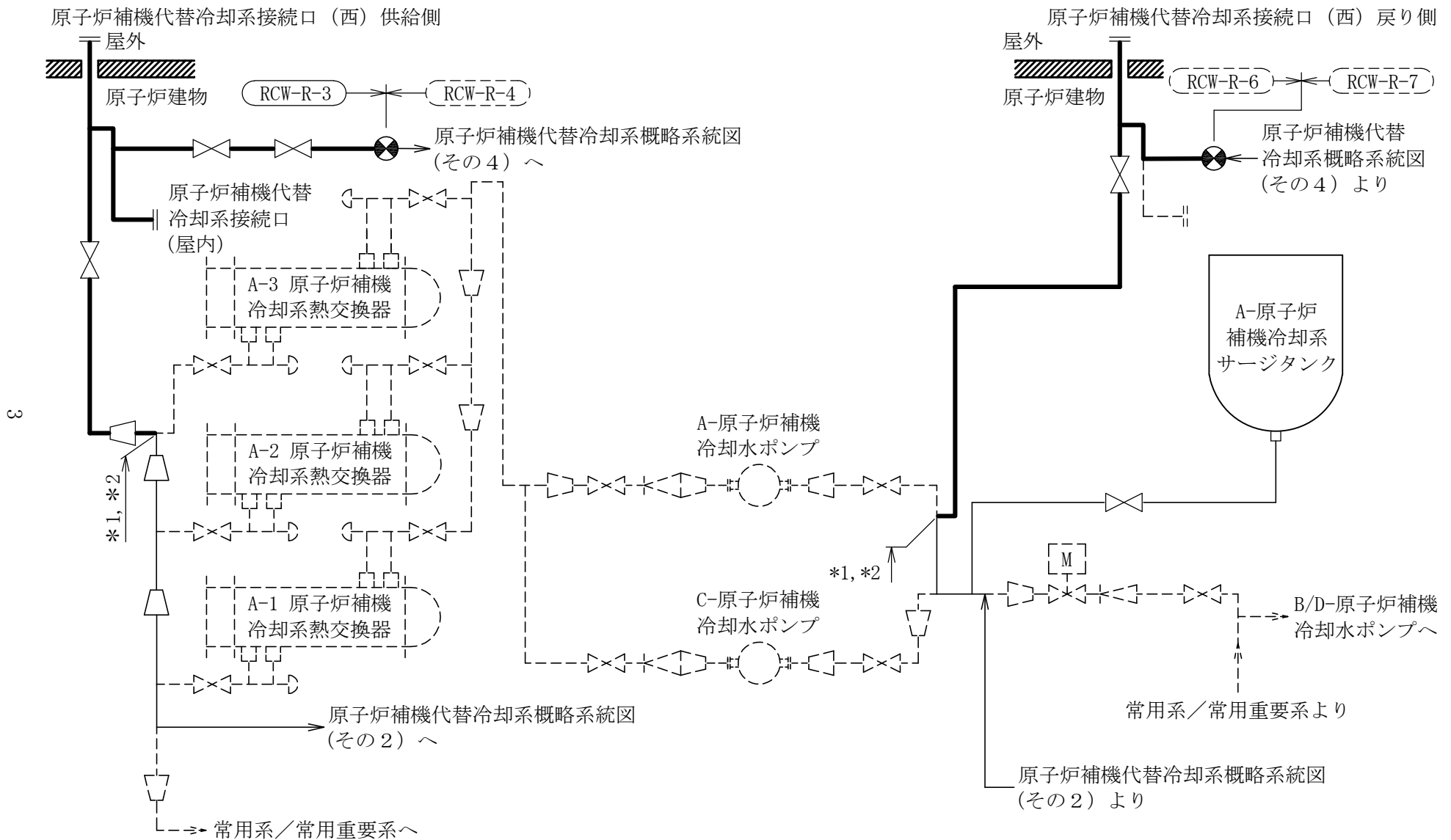
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

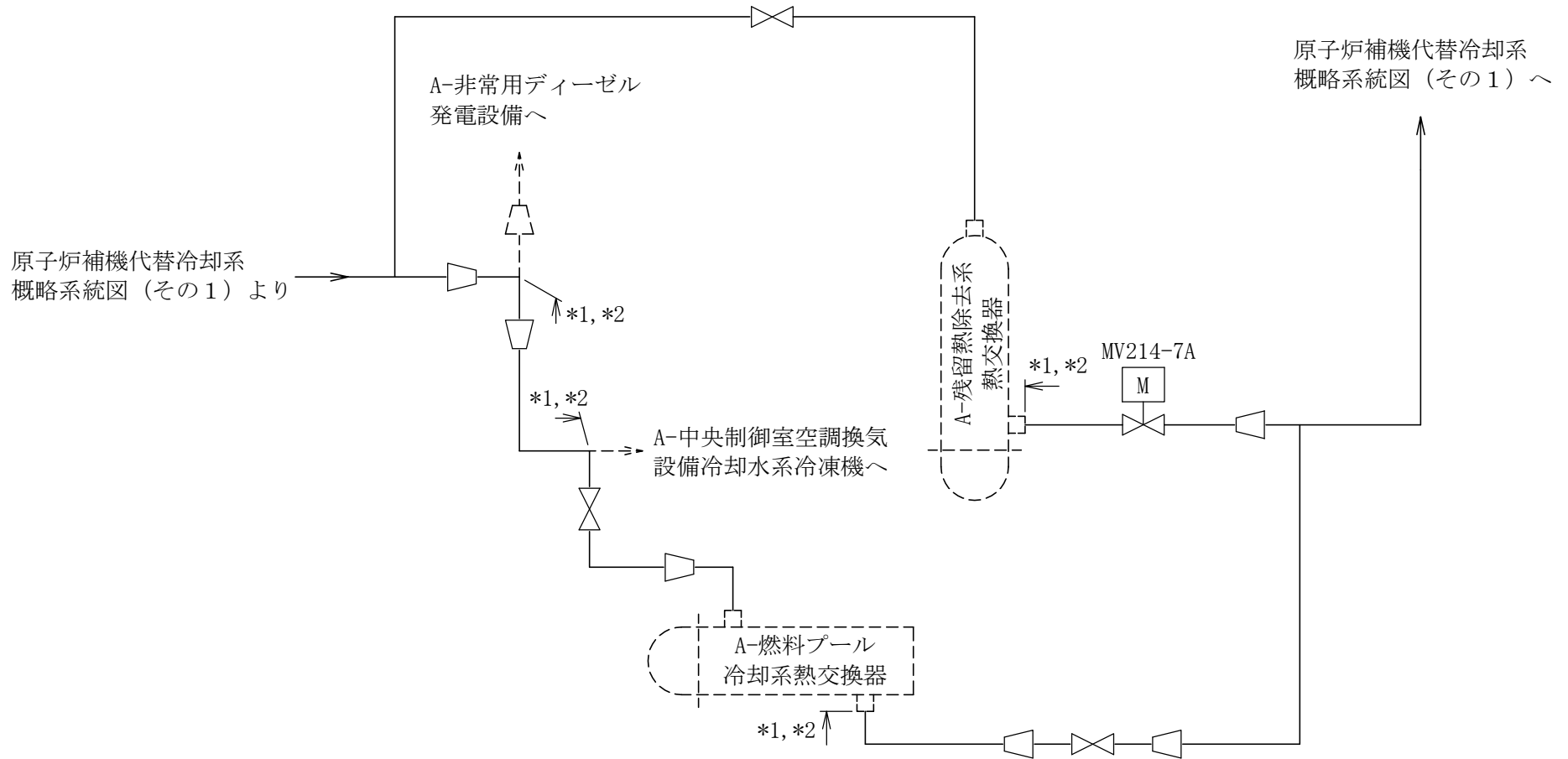
概略系統図記号凡例

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>



注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その1)

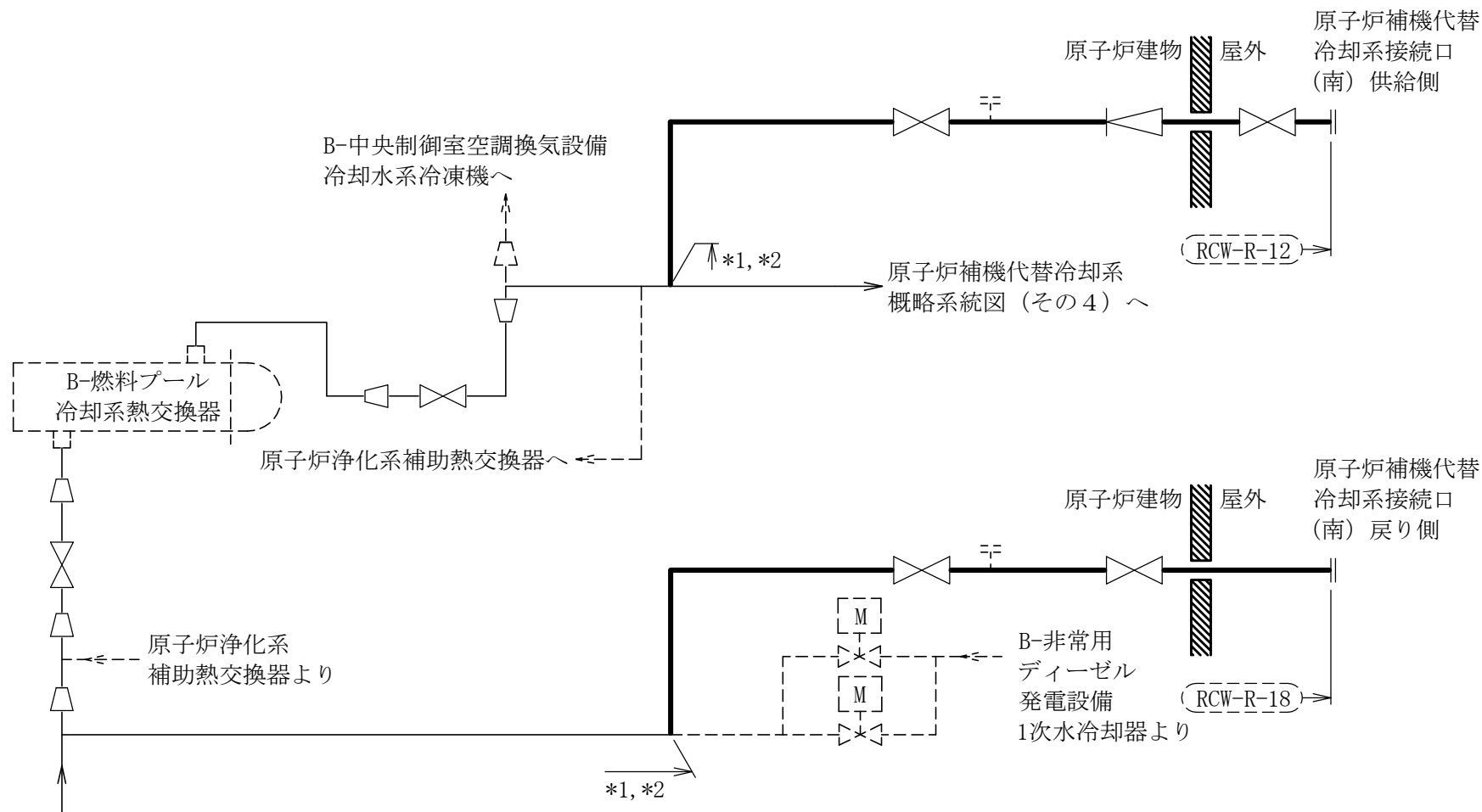


4

注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

原子炉補機代替冷却系概略系統図 (その2)

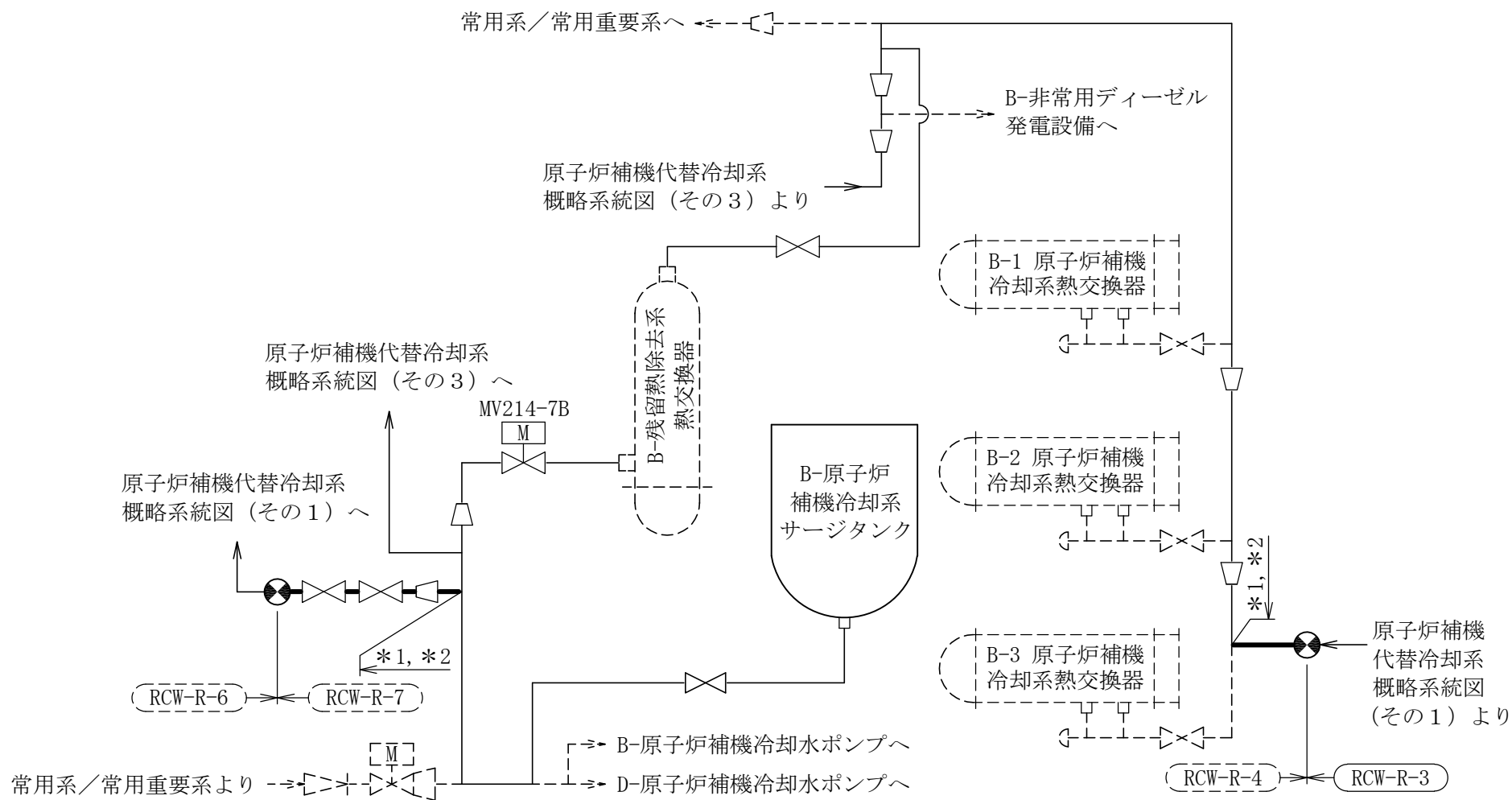
5



原子炉補機代替冷却系
概略系統図(その4)より

注記*1: 原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
*2: 計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス: SA2
原子炉補機代替冷却系概略系統図(その3)



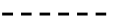


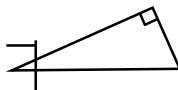
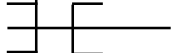

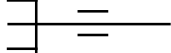


注記*1：原子炉補機冷却系との兼用範囲である。
 *2：計算結果は原子炉補機冷却系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 原子炉補機代替冷却系概略系統図（その4）

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	

∞

鳥瞰図

RCW-R-3(SA) (1/3)

6

鳥瞰図

RCW-R-3(SA) (2/3)

10

鳥瞰図

RCW-R-3(SA) (3/3)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 RCW-R-3

管 番 号	対応する評価点	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	17~401	1.37	85	406.4	12.7	STPT410
2	402~406, 407~434F 416~515F, 5012~607 608~610, 611~619A	1.37	85	267.4	9.3	STPT410

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCW-R-3

質量	対応する評価点
	17～401
	402～406, 611～619A

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RCW-R-3

質量	対応する評価点
	434F, 515F
	506F

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCW-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	406~407, 607~608		610~611

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCW-R-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
406~407				607~608			
610~611							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCW-R-3

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
408						
411						
418						
431						
504						
513						
609						
619A						

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	85	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
RCW-R-3	419	$S_{pr m}^{*1}$	42	154
RCW-R-3	419	$S_{pr m}^{*2}$	44	185

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
1	RCW-R-3	設計・建設規格	419	42	154	3.66	○	419	44	185	4.20	○
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	RCW-R-4	設計・建設規格	197	32	154	4.81	—	197	34	185	5.44	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	RCW-R-6	設計・建設規格	436	32	154	4.81	—	436	34	185	5.44	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	RCW-R-7	設計・建設規格	197	24	154	6.41	—	197	26	185	7.11	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	RCW-R-12	設計・建設規格	162	40	154	3.85	—	162	42	185	4.40	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	RCW-R-18	設計・建設規格	1282	32	154	4.81	—	1282	33	185	5.60	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-4 計測制御系統施設の強度に関する説明書

VI-3-3-4-4 制御用空気設備の強度計算書

VI-3-3-4-4-1 逃がし安全弁窒素ガス供給系の強度計算書

VI-3-3-4-4-1-2 管の強度計算書
(逃がし安全弁窒素ガス供給系)

VI-3-3-4-4-1-2-2 管の応力計算書
(逃がし安全弁窒素ガス供給系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有 無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
ADS-PD-3SP	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	SA-2	有	1.77	171	2.20	200	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
ADS-PD-4SP	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	SA-2	有	1.77	171	2.20	200	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
ADS-R-1SP	新設	—	—	—	—	SA-2	SA-2	—	—	—	14.70	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	SA-2	無	14.70	66	14.70	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
ADS-R-2SP	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	SA-2	—	—	—	14.70	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
ADS-R-2SP	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	SA-2	無	14.70	66	14.70	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準と 対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
ADS-R-3SP	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.77	171	1.77	200	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

重大事故等対処設備

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	8
3. 計算条件	21
3.1 計算条件	21
3.2 材料及び許容応力	28
4. 評価結果	30
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	32

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




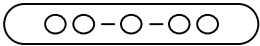
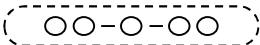

(1) 管

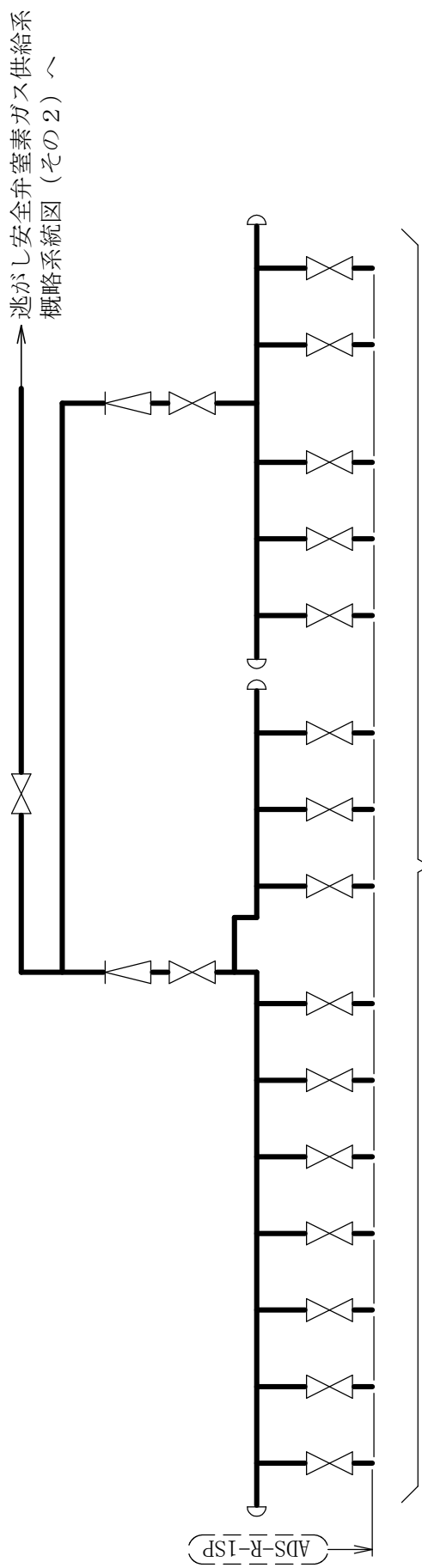
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全5モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

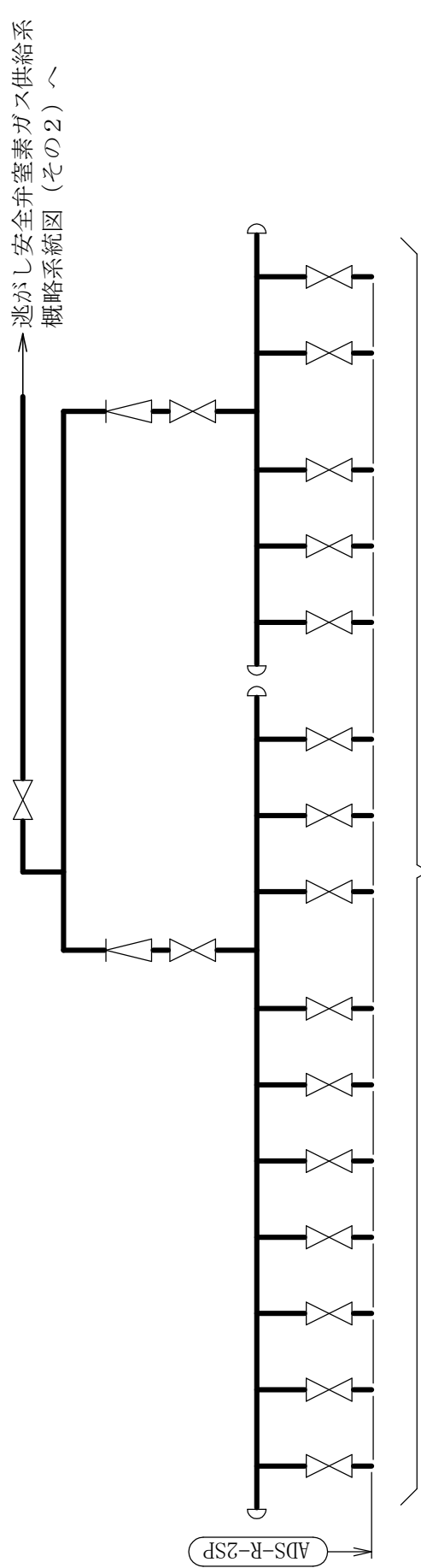
2.1 概略系統図

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>

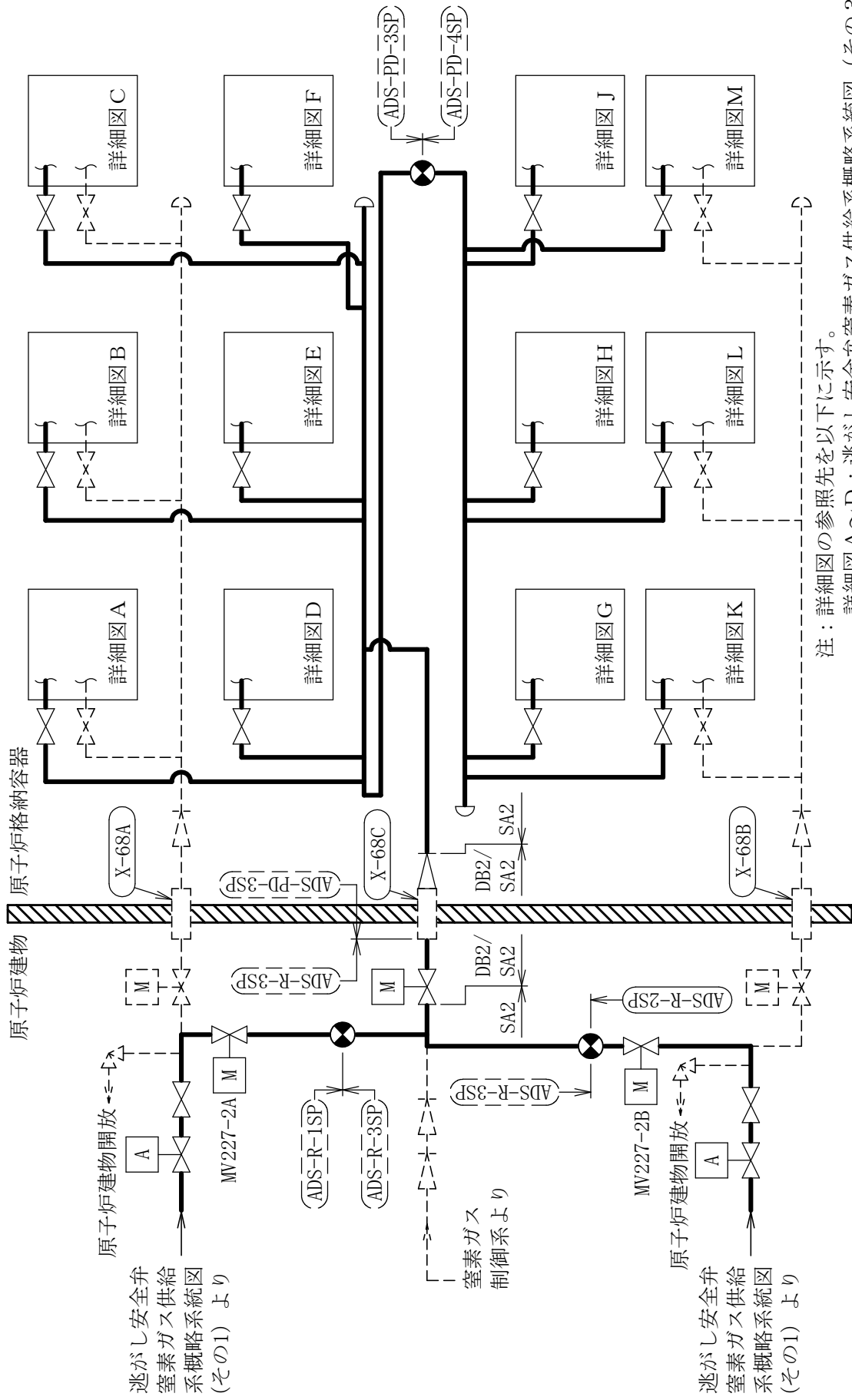


A-窒素ガスボンベ連結管接続口
A-逃がし安全弁窒素ガス供給装置

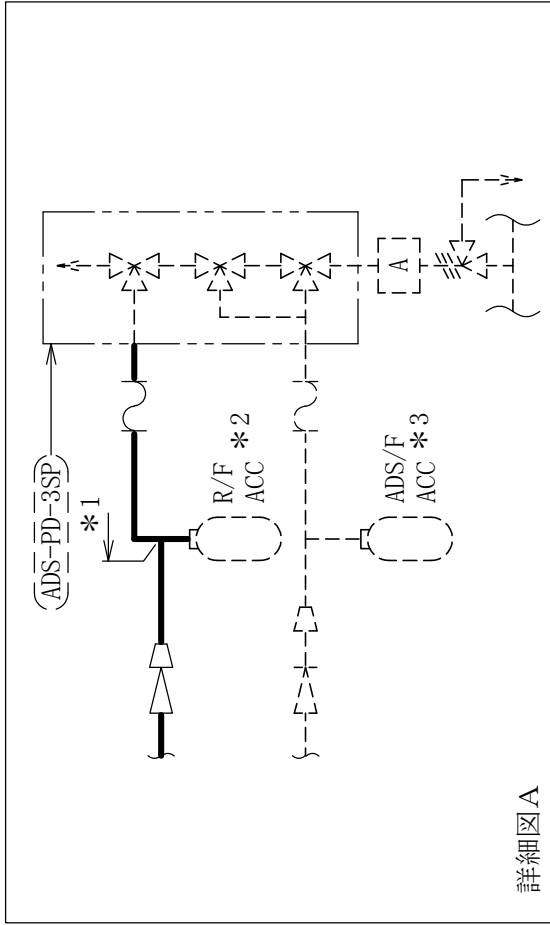


B-窒素ガスボンベ連結管接続口
B-逃がし安全弁窒素ガス供給装置

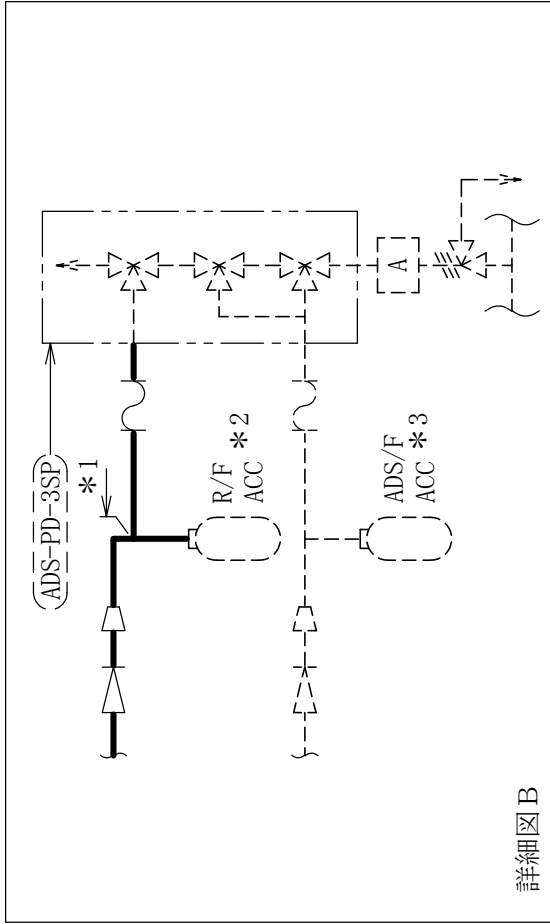
[注] 太線範囲の管クラス : SA2
逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図 (その1)



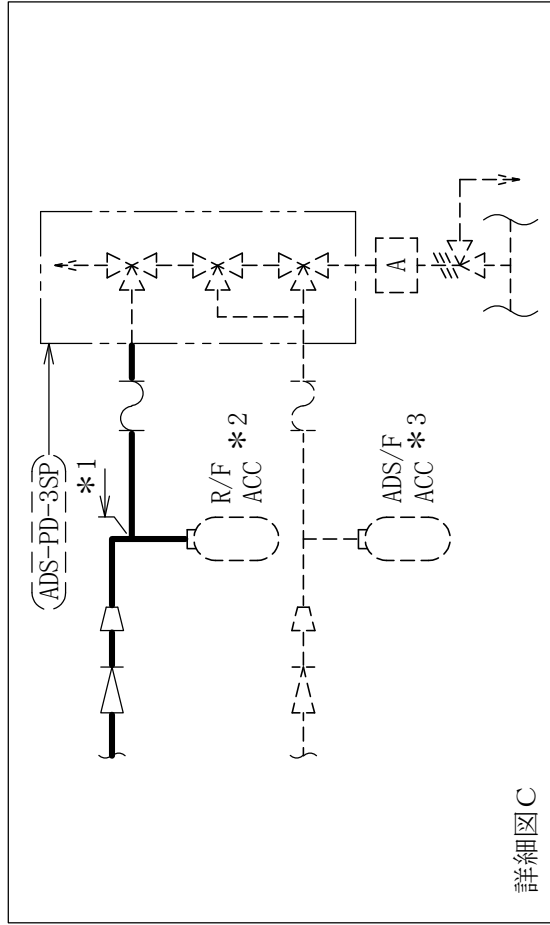
[注] 太線範囲の管クラス：SA2



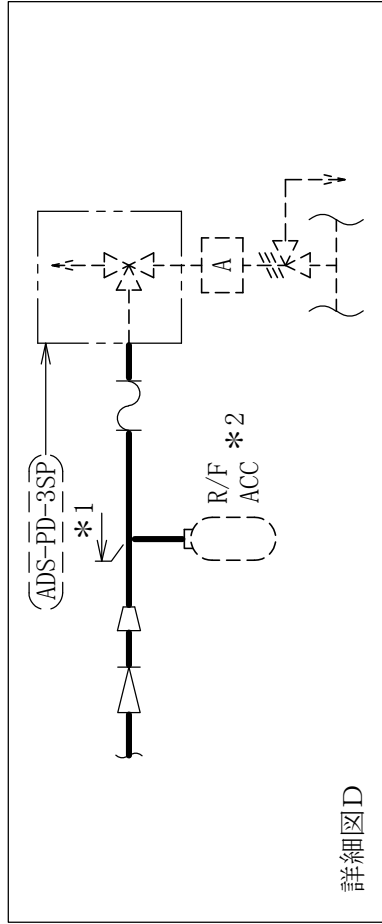
詳細図A



詳細図B



詳細図C



詳細図D

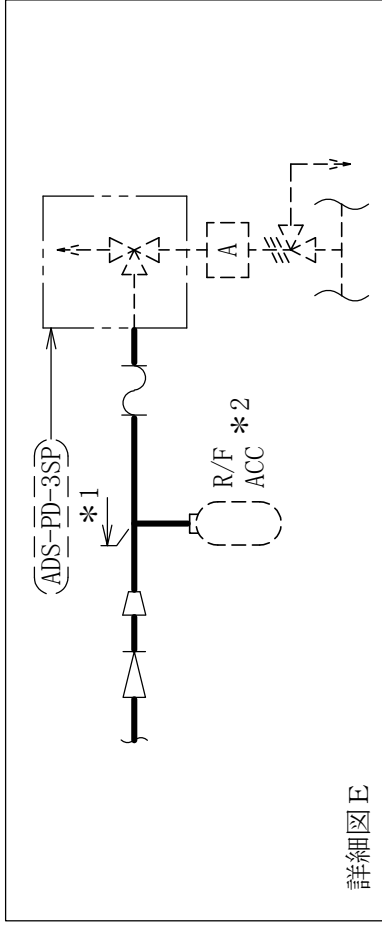
注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。

*2：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。

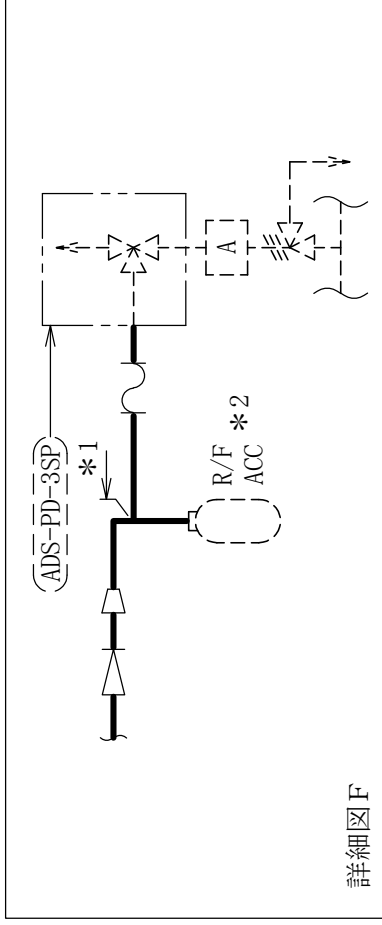
*3：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2

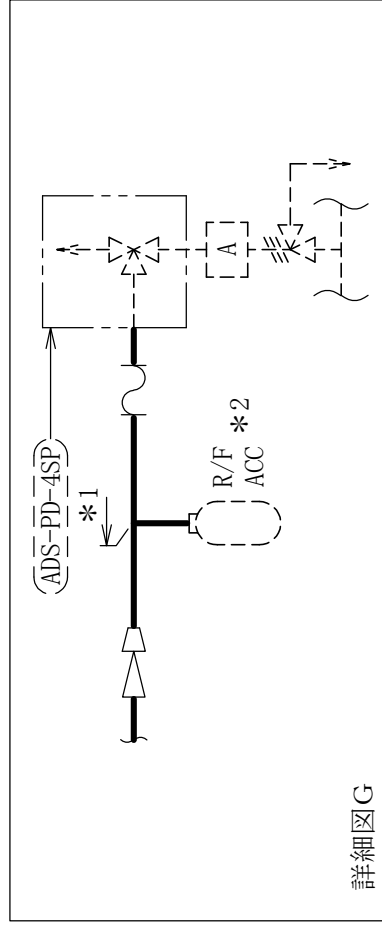
逃がし安全弁窒素ガス供給系概略系統図（その3）



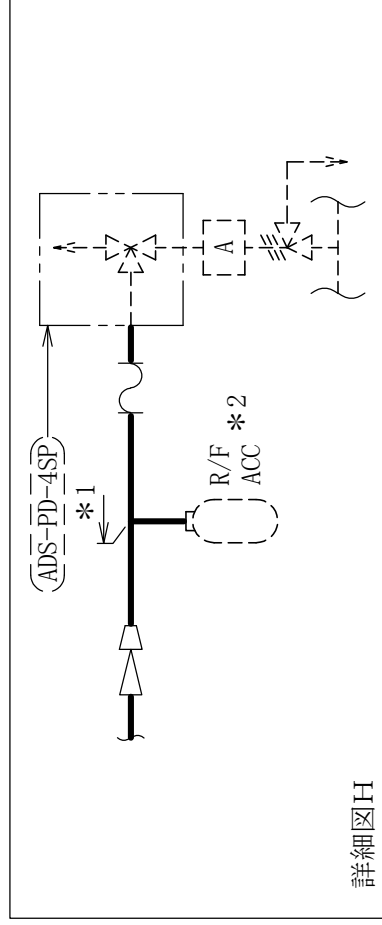
詳細図 E



詳細図 F

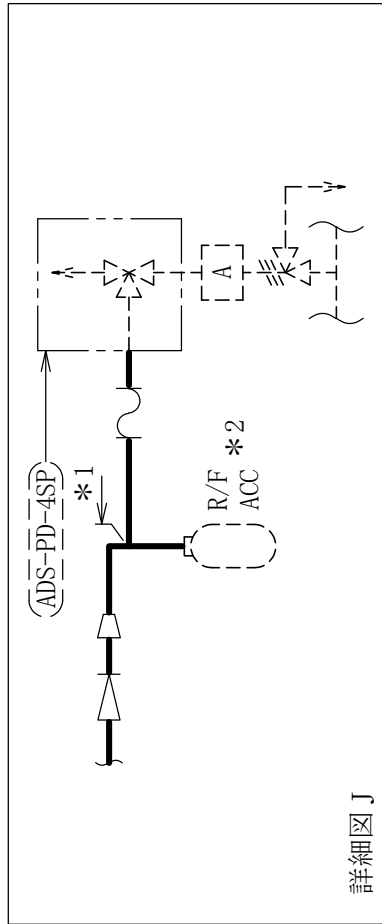
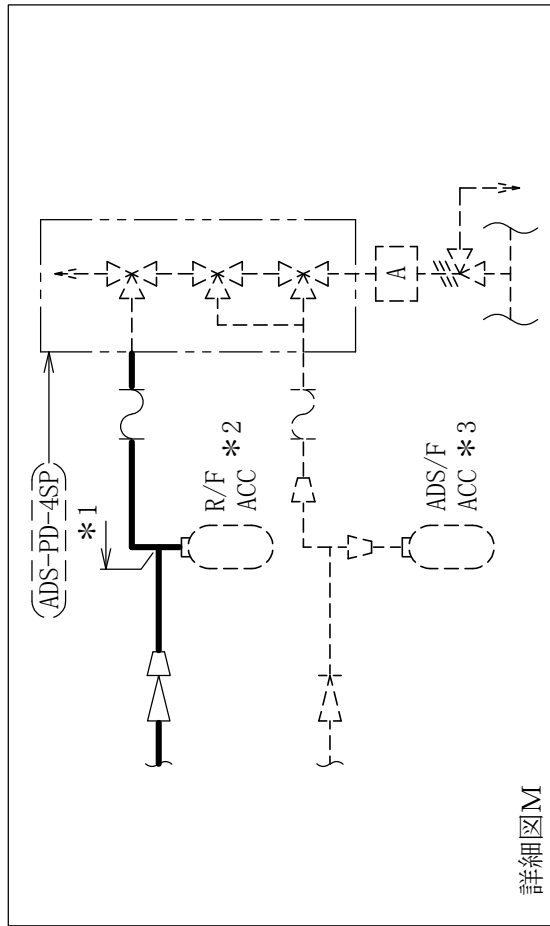
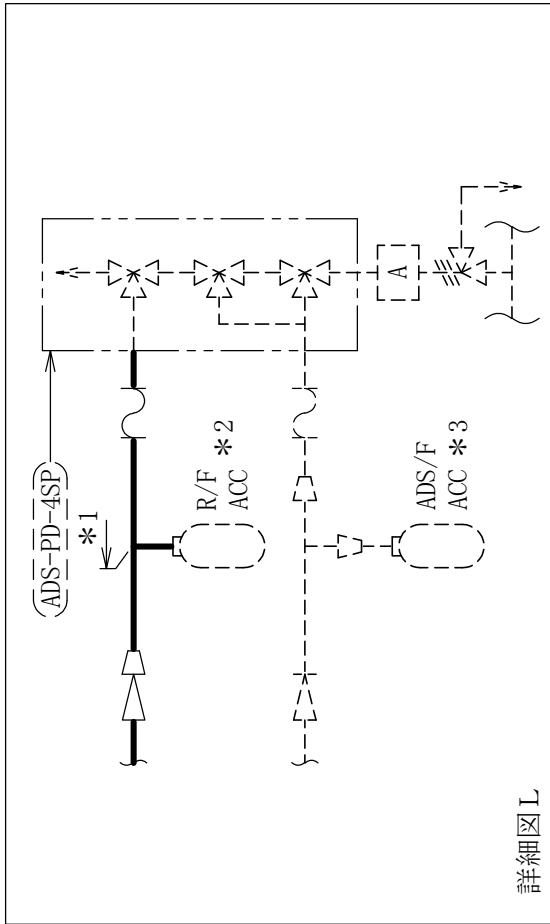
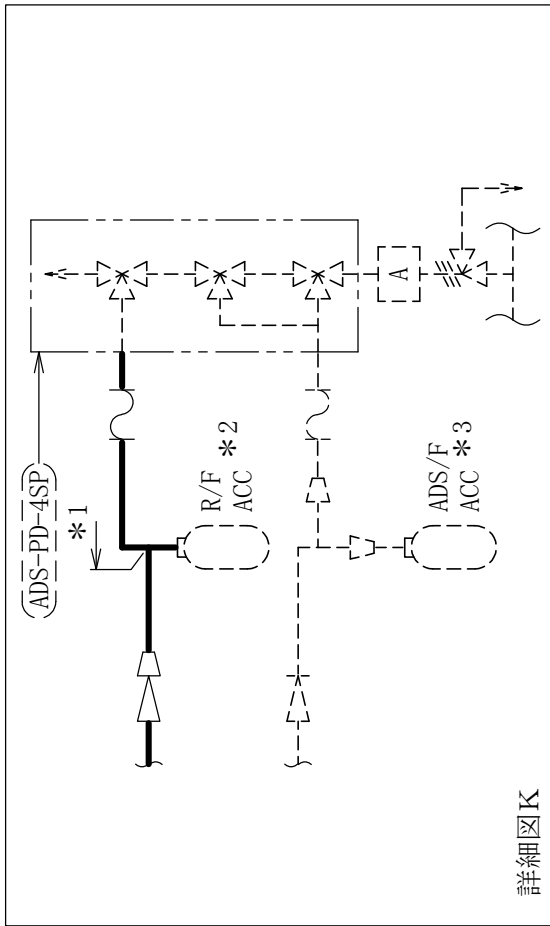


詳細図 G



詳細図 H



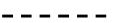


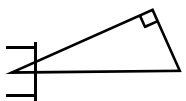
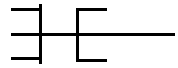

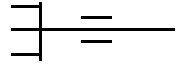
注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。
 *2：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。

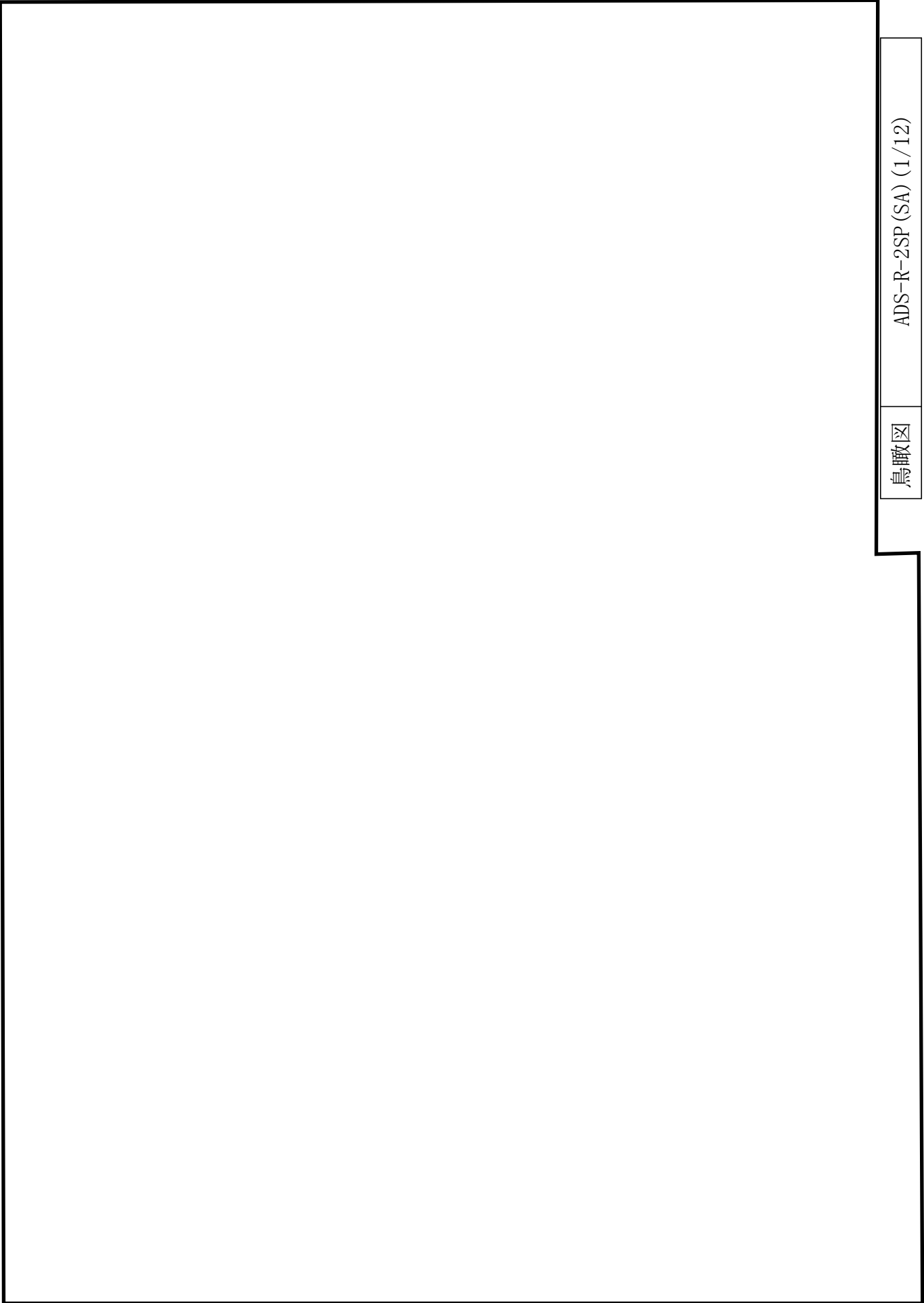


注記*1：主蒸気系との兼用範囲である。
 *2：逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータを示す。
 *3：逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを示す。

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナツバについても同様とする。)
	スナツバ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	



S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2 (重) R0

鳥瞰図

ADS-R-2SP (SA) (2/12)

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2 (重) R0

鳥瞰図

ADS-R-2SP (SA) (3/12)

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2 (重) R0

鳥瞰図

ADS-R-2SP (SA) (4/12)

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2 (重) R0

鳥瞰図

ADS-R-2SP (SA) (5/12)

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2 (重) R0

鳥瞰図

ADS-R-2SP (SA) (6/12)

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2 (重) R0

鳥瞰図

ADS-R-2SP (SA) (7/12)

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2 (重) R0

鳥瞰図

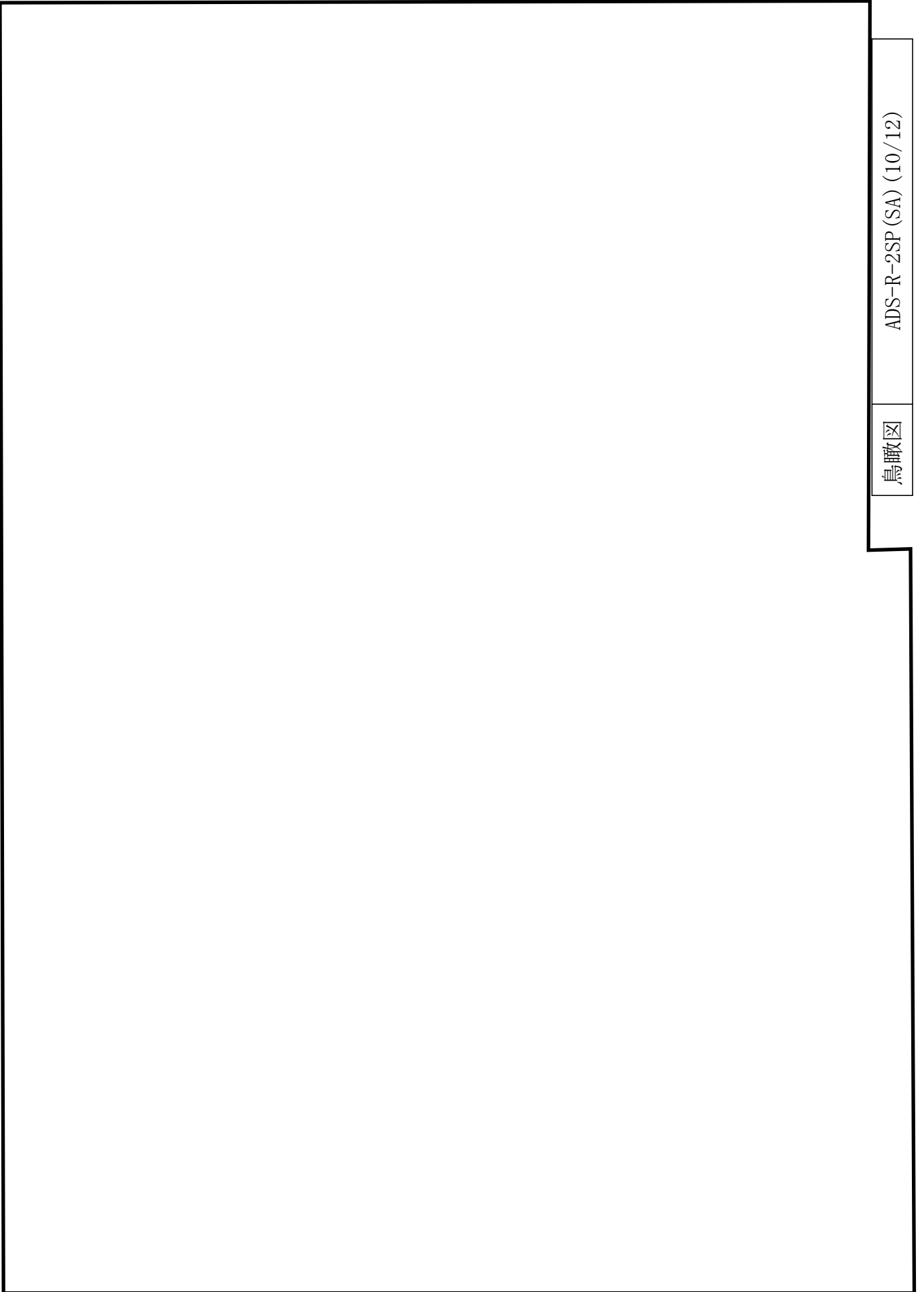
ADS-R-2SP (SA) (8/12)

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2 (重) R0

鳥瞰図

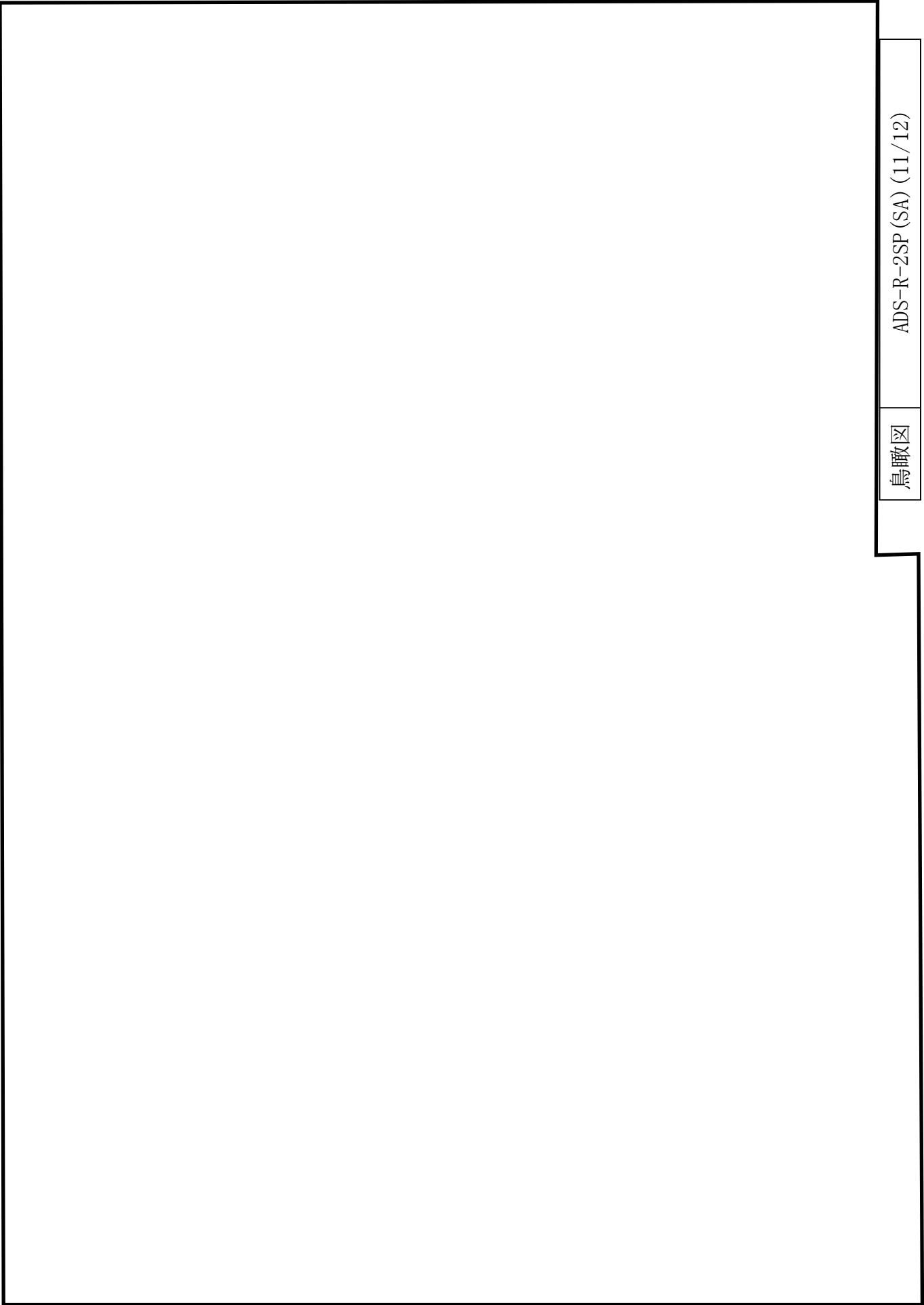
ADS-R-2SP (SA) (9/12)

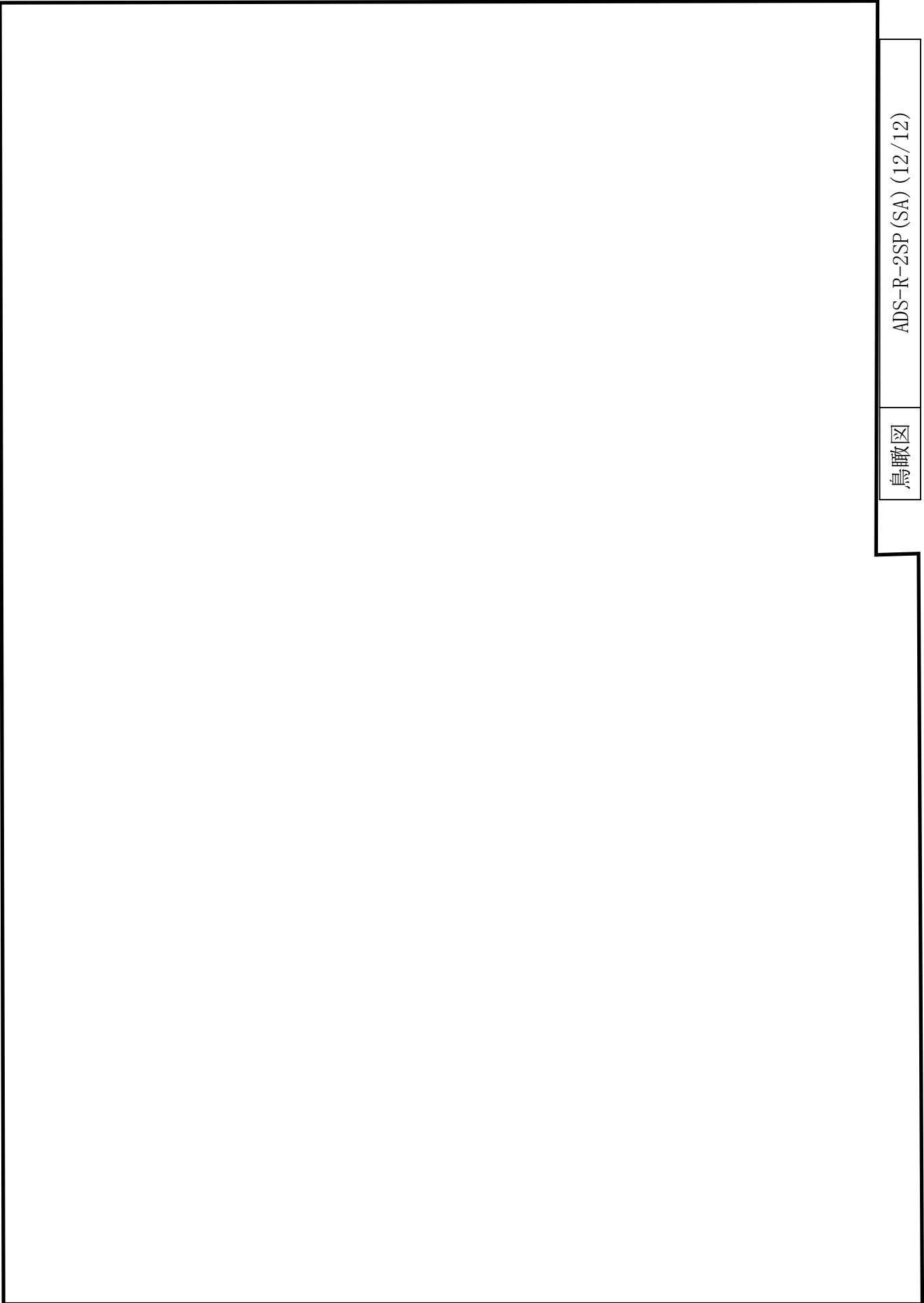
S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2 (重) R0



鳥瞰図

ADS-R-2SP (SA) (10/12)





鳥瞰図

ADS-R-2SP (SA) (12/12)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 ADS-R-2SP

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1A~96W, 101W~104 104~262W	1.77	66	60.5	3.9	SUS304TP
2	266W~273W, 278W~370W 371W~401W, 402W~406W 407W~421, 413~440 373~457W, 458W~463W 464W~481, 467~514	14.70	66	60.5	5.5	SUS304TP
3	416~442W, 420~445W 432~448W, 435~451W 439~454W, 473~483W 476~486W, 480~489W 494~516W, 497~519W 500~522W, 503~525W 506~528W, 509~531W 513~534W	14.70	66	34.0	4.5	SUS304TP

計算条件

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 ADS-R-2SP

管 番 号	対応する評価点	最高 使用 圧力 (MPa)	最高 使用 温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
4	443W～4431, 446W～4461 449W～4491, 452W～4521 455W～4551, 484W～4841 487W～4871, 490W～4901 517W～5171, 520W～5201 523W～5231, 526W～5261 529W～5291, 532W～5321 535W～5351	14.70	66	19.6	4.0	SUS304

弁部の質量

鳥 瞰 図 ADS-R-2SP

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	96W, 101W		97
	98		100
	262W, 266W		263
	265		273W, 278W
	274		275
	276		370W~371W, 406W~407W
	463W~464W		401W~402W, 457W~458W
	442W~443W, 445W~446W		448W~449W, 451W~452W
	454W~455W, 483W~484W		486W~487W, 489W~490W
	516W~517W, 519W~520W		522W~523W, 525W~526W
	528W~529W, 531W~532W		534W~535W

弁部の寸法

鳥 瞰 図 ADS-R-2SP

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
96W~97				97~98			
98~99				99~100			
97~101W				262W~263			
263~264				264~265			
263~266W				273W~274			
274~275				275~276			
276~277				274~278W			
370W~371W				401W~402W			
406W~407W				442W~443W			
445W~446W				448W~449W			
451W~452W				454W~455W			
457W~458W				463W~464W			
483W~484W				486W~487W			
489W~490W				516W~517W			
519W~520W				522W~523W			
525W~526W				528W~529W			
531W~532W				534W~535W			

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ADS-R-2SP

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
1A						
8						
** 8 **						
15						
24						
27						
35						
43						
59						
69						
75						
89						
97						
99						
102						
133						
141						
150						
** 150 **						
154						
163						
171						
177						
183						
189						
195						
208						
219						
226						

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ADS-R-2SP

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
233						
242						
247						
250						
253						
257						
261						
264						
267						
2691						
2701						
2721						
274						
277						
279						
282						
288						
295						
2970						
** 2970 **						
307						
3131						
316						
329						
335						
341						
346						
354						
357						
359						

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ADS-R-2SP

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
369						
375						
382						
388						
390						
396						
403						
408						
4110						
418						
437						
461						
465						
4651						
470						
478						
492						
4980						
511						

S2 補 VI-3-3-4-4-1-2-2(重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	—	—	126
SUS304	66	—	—	—	126

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。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	—	—	126
SUS304	66	—	—	—	126

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管又は重大事故等クラス2管であってクラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
ADS-R-2SP	266W	$S_{pr m}^{*1}$	92	189
ADS-R-2SP	266W	$S_{pr m}^{*2}$	99	226

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管又は重大事故等クラス2管であってクラス2管

告示第501号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
ADS-R-2SP	266W	$S_{pr m}^{*1}$	69	126
ADS-R-2SP	266W	$S_{pr m}^{*2}$	69	151

注記*1：告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。なお、保守的な評価となる告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

*2：告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管又は重大事故等クラス2管であってクラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
1	ADS-PD-3SP	設計・建設規格	76W	26	166	6.38	—	76W	28	199	7.10	—
		告示第501号	74	20	111	5.55	—	74	20	133	6.65	—
2	ADS-PD-4SP	設計・建設規格	54W	27	166	6.14	—	54W	28	199	7.10	—
		告示第501号	12A	22	111	5.04	—	12A	22	133	6.04	—
3	ADS-R-1SP	設計・建設規格	60W	89	189	2.12	—	60W	96	226	2.35	—
		告示第501号	59	68	126	1.85	—	59	68	151	2.22	—
4	ADS-R-2SP	設計・建設規格	266W	92	189	2.05	—	266W	99	226	2.28	—
		告示第501号	266W	69	126	1.82	○	266W	69	151	2.18	○
5	ADS-R-3SP	設計・建設規格	17W	27	189	7.00	—	17W	28	226	8.07	—
		告示第501号	439A	23	126	5.47	—	439A	23	151	6.56	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
 *2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-7 原子炉格納施設の強度に関する説明書

VI-3-3-7-1 原子炉格納容器の強度計算書

VI-3-3-7-1-17 配管貫通部の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
2.4 記号の説明	4
3. 評価部位	5
4. 構造強度評価	8
4.1 構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.3 計算方法	13
4.4 計算条件	20
4.5 応力の評価	20
5. 評価結果	21
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	21
6. 参照図書	23
7. 引用文献	23

1. 概要

本計算書は、配管貫通部の強度計算書である。

配管貫通部は、設計基準対象施設の配管貫通部を重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

表2-1に示す貫通部形式のうち、形式1は管口径が大きく反力の大きい配管類の貫通部に用いている。この形式の貫通部は、原子炉格納容器外側で原子炉建物にアンカされ、ベローズによって原子炉建物と原子炉格納容器の相対変位を吸収する構造となっている。このため、貫通部への反力は極めて小さい。したがって、貫通部の強度評価は省略する。

形式2及び形式3の貫通部は配管の反力が直接作用する。したがって、貫通部の構造強度評価を実施する。本計算書では、VI-2-9-2-11「配管貫通部の耐震性についての計算書」と同様に、ドライウェル及びサプレッションチェンバそれぞれにおいて、口径が大きく、荷重の大きくなるX-81及びX-241を代表貫通部として強度評価を実施する。

小口径の配管は、貫通部に加わる反力は小さいため、貫通部の強度評価は省略する。

以下、重大事故等クラス2容器として、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、配管貫通部の構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、昭和59年9月17日付け59資庁第8283号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い構造強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

配管貫通部の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>配管貫通部は、原子炉格納容器（ドライウエル又はサプレッションチェンバ）に支持される。</p>	<p>配管貫通部は、鋼製のスリーブが原子炉格納容器に溶接支持される構造である。 形式1にベローズ、形式1と形式2に端板を備える。</p>	<p>The diagram illustrates the structural design of a pressure vessel with penetrations. It shows a cross-section of the vessel with two penetrations labeled X-241 and X-81. The vessel is supported by a suppression chamber (サプレッションチェンバ) and a drywell (ドライウエル). Three detailed views of the penetration support are shown: Form 1 (with bellows and sleeve), Form 2 (with sleeve and end plate), and Form 3 (with sleeve). A detailed view of the penetration is also provided.</p>

2.2 評価方針

配管貫通部の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

配管貫通部の構造強度評価フローを図2-1に示す。

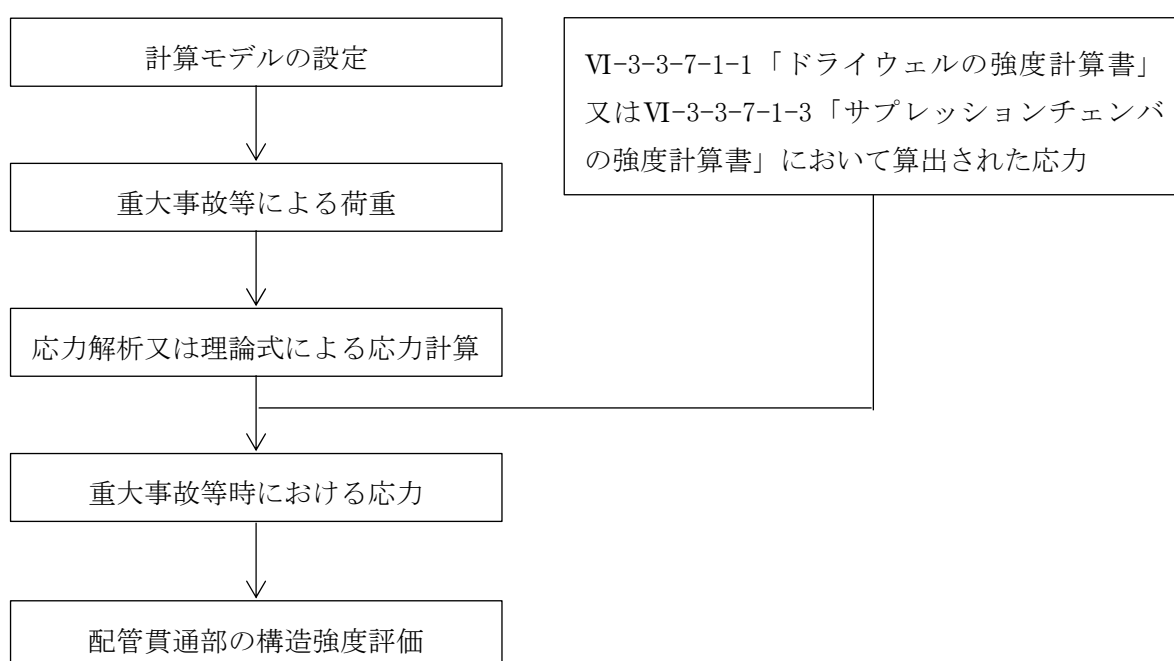


図2-1 配管貫通部の構造強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

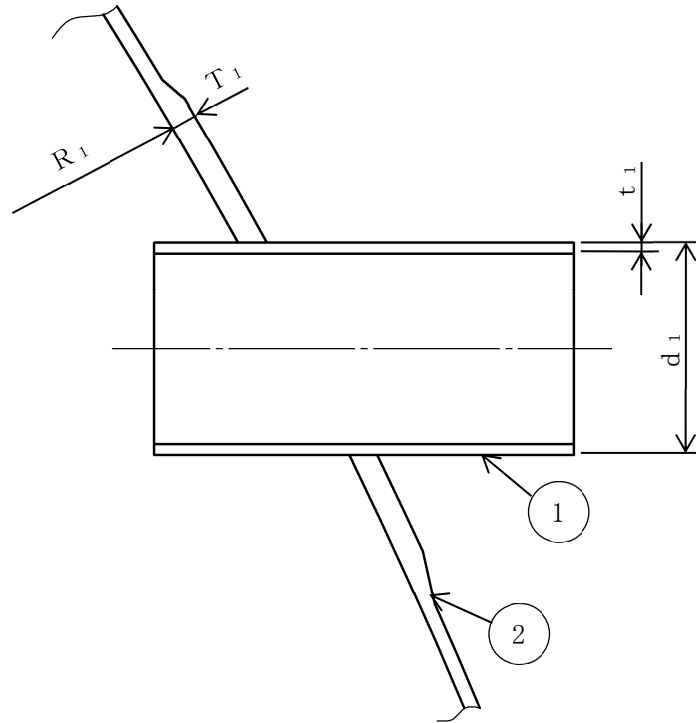
- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
d_i	直径 ($i = 1, 2$)	mm
M_C	モーメント	N・mm
M_L	モーメント	N・mm
M_{SA}	機械的荷重 (SA後機械的荷重)	—
P	軸力	N
P_{SA}	圧力 (SA後圧力)	—, kPa
R_i	半径 ($i = 1, 2$)	mm
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
$S_y(RT)$	40°Cにおける設計降伏点	MPa
T_i	厚さ ($i = 1, 2$)	mm
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C
t_i	厚さ ($i = 1, 2$)	mm

3. 評価部位

代表とした配管貫通部 X-81 及び X-241 の形状及び主要寸法を図 3-1 及び表 3-1 に、使用材料及び使用部位を表 3-2 に示す。

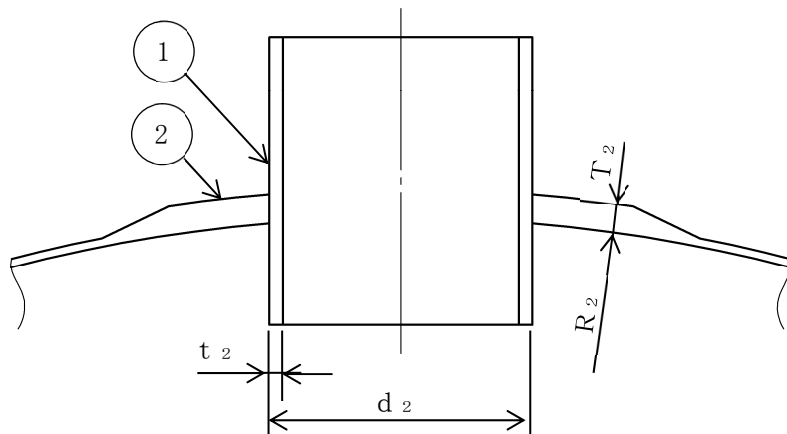


①スリーブ ②補強板

図 3-1(1) 配管貫通部 X-81 の形状及び主要寸法

表 3-1(1) 配管貫通部 X-81 の主要寸法 (単位: mm)

貫通部 番号	形式	d_1	t_1	T_1	R_1
X-81	3				



①スリーブ ②補強板

図 3-1(2) 配管貫通部 X-241 の形状及び主要寸法

表 3-1(2) 配管貫通部 X-241 の主要寸法 (単位: mm)

貫通部 番号	形式	d_2	t_2	T_2	R_2
X-241	3				

表 3-2 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
補強板	SPV50	SPV490 相当
スリーブ	STS42	STS410 相当

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 配管貫通部の構造強度評価として、配管貫通部に作用する自重、圧力荷重及び水力的動荷重を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い構造強度評価を行う。
- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

配管貫通部の荷重の組合せ及び供用状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

詳細な荷重の組合せは、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

配管貫通部の許容応力はVI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき、表 4-2 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

配管貫通部の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		供用状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	配管貫通部	重大事故等クラス2容器	$D + P_{SA} + M_{SA}$	(V (S) -1) (V (S) -2)	重大事故等時*2

注記*1：（ ）内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

*2：重大事故等時として供用状態Dの許容限界を用いる。

表4-2 重大事故等クラス2容器の許容応力

応力分類 供用 状態	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力
重大事故 等時*	$2/3 \cdot S_u$	$1.5 \times 2/3 \cdot S_u$

注記*：重大事故等時として供用状態Dの許容限界を用いる。

表4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	貫通部番号	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
			周囲環境 温度					
補強板	X-81	SPV50*1	周囲環境 温度	200	—	—	545	—
補強板	X-241	SPV50*1	周囲環境 温度	200	—	—	545	—
スリーブ	X-81	STS42*2	周囲環境 温度	200	—	—	404	—
スリーブ	X-241	STS42*2	周囲環境 温度	200	—	—	404	—

注記*1：SPV490 相当を示す。

*2：STS410 相当を示す。

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」より、以下のとおりとする。

内圧 P_{SA}	853kPa (SA後)
温度 T_{SA}	200℃ (SA後)

(2) 死荷重

a. ドライウエル

ドライウエルの自重による鉛直荷重は、VI-3-3-7-1-1「ドライウエルの強度計算書」に示すとおりである。

b. サプレッションチェンバ

サプレッションチェンバの自重による鉛直荷重は、VI-3-3-7-1-3「サプレッションチェンバの強度計算書」に示すとおりである。

(3) 水力的動荷重

a. 逃がし安全弁作動時の荷重

逃がし安全弁作動時の荷重は、VI-3-3-7-1-3「サプレッションチェンバの強度計算書」に示すとおりである。

最大正圧 kPa
 最大負圧 kPa

b. チャギング荷重

チャギング荷重は、VI-3-3-7-1-3「サプレッションチェンバの強度計算書」に示すとおりである。

最大正圧 kPa
 最大負圧 kPa

(4) 配管荷重

図 3-1 の配管貫通部に作用する配管荷重による設計荷重のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。配管貫通部の荷重作用方向を図 4-1 に示す。

表 4-4 配管貫通部の設計荷重 (重大事故等対処設備)

貫通部番号	評価圧力 (kPa)		許容応力状態	死荷重		
	内圧	外圧		軸力 (N)	モーメント (N・mm)	
				P	Mc	ML
X-81	853	—	重大事故等時			
X-241	853	—	重大事故等時			

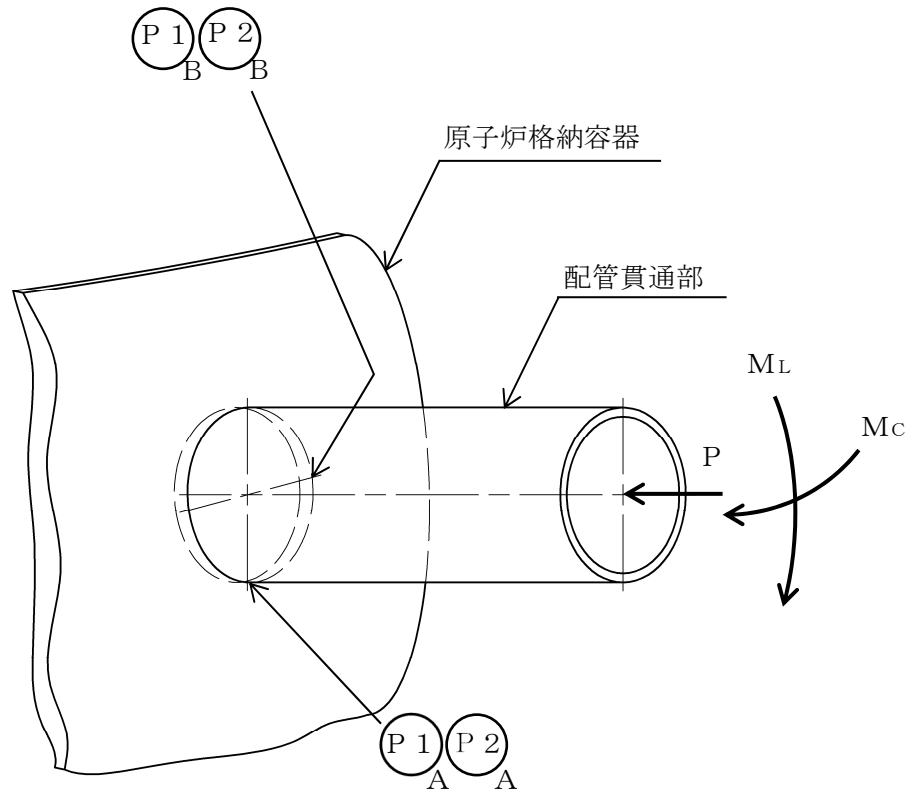


図 4-1 配管貫通部の荷重作用方向

4.3 計算方法

4.3.1 応力評価点

配管貫通部の応力評価点は、配管貫通部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-5 及び図 4-2 に示す。

表 4-5 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	X-81 原子炉格納容器とスリーブとの結合部 (P 1 - A , P 1 - B)
P 2	X-241 原子炉格納容器とスリーブとの結合部 (P 2 - A , P 2 - B)
P 3	X-81 スリーブ (P 3 - A , P 3 - B)
P 4	X-241 スリーブ (P 4 - A , P 4 - B)

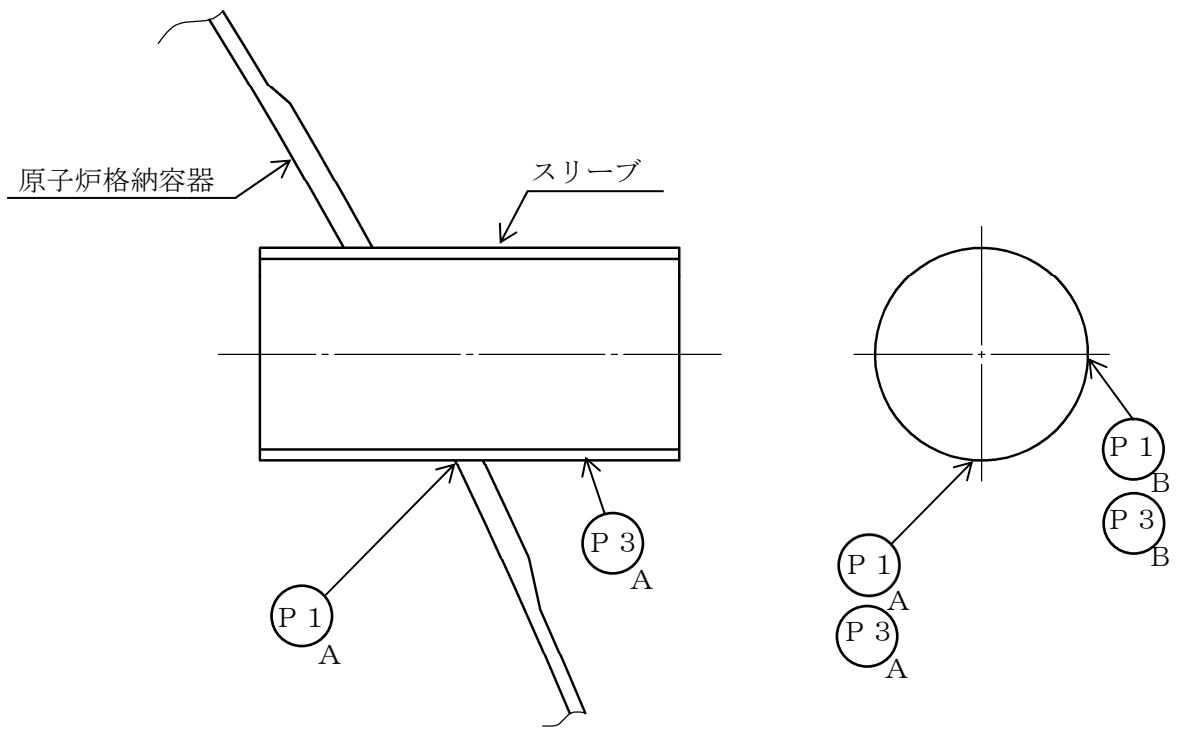


図 4-2(1) 配管貫通部 X-81 の応力評価点

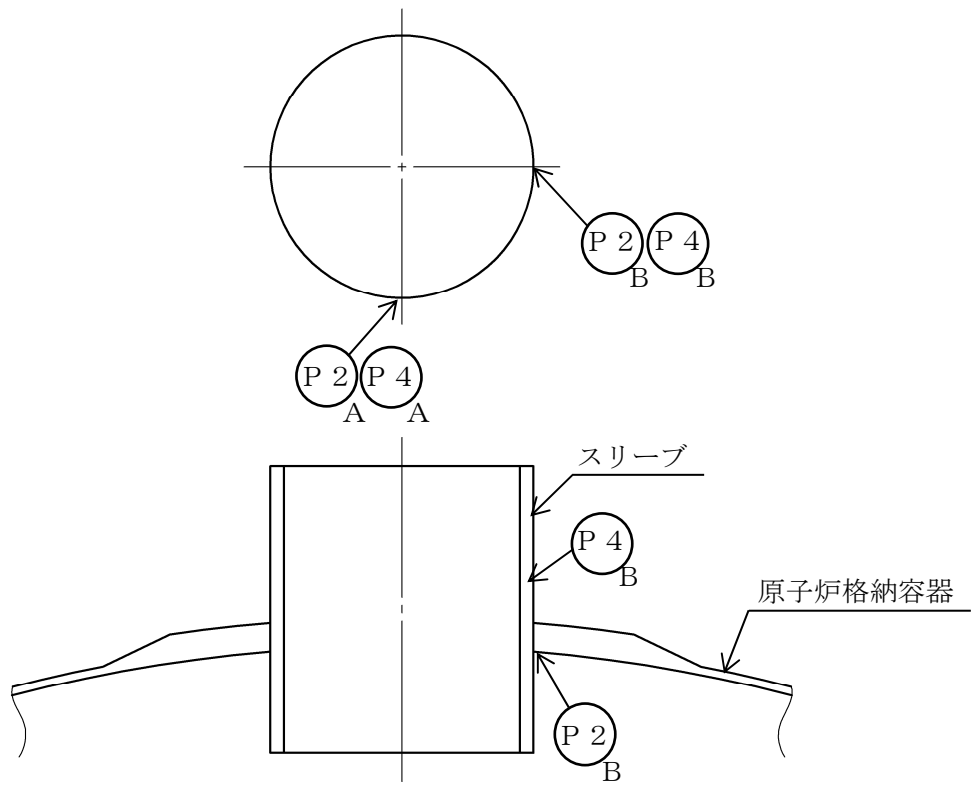


図 4-2(2) 配管貫通部 X-241 の応力評価点

4.3.2 応力計算方法

配管貫通部の応力計算方法について以下に示す。

(1) 重大事故対処設備としての応力計算

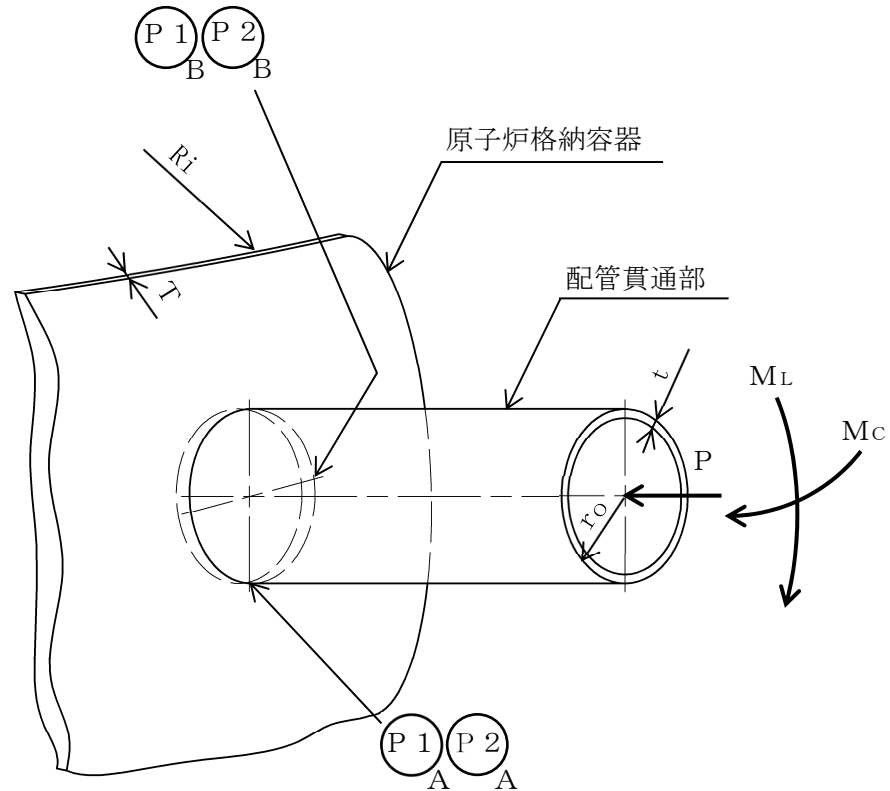
応力計算方法は既工認から変更は無く，参照図書(1)に示すとおりである。

a. 応力評価点 P 1，P 2 に生じる応力

応力評価点 P 1，P 2 の応力は，配管貫通部に作用する荷重（表 4-4）による応力と，VI-3-3-7-1-1「ドライウェルの強度計算書」又はVI-3-3-7-1-3「サプレッションチェンバの強度計算書」において算出された応力を組み合わせることで算出する。なお，配管貫通部に作用する荷重による応力は，引用文献(1)に示す方法により計算するものとし，以下に計算方法を示す。ここで使用する記号は全て引用文献(1)に従う。

(a) 計算モデル

応力計算に用いる計算モデルを，図 4-3 に示す。



R_i : 貫通部中心までの原子炉格納容器内半径 = (X-81), (X-241)

r_o : スリーブ外半径 = (X-81), (X-241)

T : 原子炉格納容器厚さ = (X-81), (X-241)

t : スリーブ厚さ = (X-81), (X-241)

(単位 : mm)

図 4-3 計算モデル

(b) パラメータ

応力計算に用いるパラメータを、以下に示す。

イ. X-81 のパラメータ

X-81 のシェルパラメータは以下のとおりとする。

$$R_m = R_i + \frac{T}{2} = \boxed{} \text{ mm}$$

$$U = \frac{r_o}{\sqrt{R_m \cdot T}} = \boxed{}$$

X-81 のアタッチメントパラメータは以下のとおりとする。

$$r_m = r_o - \frac{t}{2} = \boxed{}$$

$$\Upsilon = \frac{r_m}{t} = \boxed{}$$

$$\rho = \frac{T}{t} = \boxed{}$$

ロ. X-241 のパラメータ

X-241 のシェルパラメータは以下のとおりとする。

$$R_m = R_i + \frac{T}{2} = \boxed{} \text{ mm}$$

$$\gamma = \frac{R_m}{T} = \boxed{}$$

X-241 のアタッチメントパラメータは以下のとおりとする。

$$\beta = \frac{0.875 \cdot r_o}{R_m} = \boxed{}$$

(c) 応力計算

単位荷重による応力を以下に示す。

応力評価点 P 1, P 2 に生じる応力は, 以下に示す単位荷重による応力と配管貫通部に作用する荷重 (表 4-4) により算出する。

イ. 応力評価点 P 1 に生じる応力 (X-81)

単位軸方向荷重 P による応力を表 4-6 に示す。

$$P = 1.000 \times 10^3 \text{N}$$

表 4-6 単位軸方向荷重 P による応力 (X-81)

方向	応力評価点	図の番号	図からの読取値	応力計算 (MPa)

単位モーメント荷重 M_c による応力を表 4-7 に示す。

$$M_c = 1.000 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}$$

表 4-7 単位モーメント荷重 M_c による応力 (X-81)

方向	応力評価点	図の番号	図からの読取値	応力計算 (MPa)

単位モーメント荷重 M_L による応力を表 4-8 に示す。

$$M_L = 1.000 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

表 4-8 単位モーメント荷重 M_L による応力(X-81)

方向	応力評価点	図の番号	図からの読取値	応力計算 (MPa)

ロ. 応力評価点 P 2 に生じる応力(X-241)

単位軸方向荷重 P による応力を表 4-9 に示す。

$$P = 1.000 \times 10^3 \text{ N}$$

表 4-9 単位軸方向荷重 P による応力(X-241)

方向	応力評価点	図の番号	図からの読取値	応力計算 (MPa)

単位モーメント荷重 M_C による応力を表 4-10 に示す。

$$M_C = 1.000 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

表 4-10 単位モーメント荷重 M_C による応力(X-241)

方向	応力 評価点	図の番号	図からの読取値	応力計算 (MPa)

単位モーメント荷重 M_L による応力を表 4-11 に示す。

$$M_L = 1.000 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

表 4-11 単位モーメント荷重 M_L による応力(X-241)

方向	応力 評価点	図の番号	図からの読取値	応力計算 (MPa)

b. 応力評価点 P 3, P 4 に生じる応力

応力評価点 P 3, P 4 の応力は、配管貫通部に作用する荷重 (表 4-4) とスリーブの断面性能により算出する。

4.4 計算条件

応力計算に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.5 応力の評価

「4.3 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

配管貫通部の重大事故等時の状態を考慮した場合の構造強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の組合せ*	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
配管貫通部	P 1 - A	X-81 原子炉格納容器 とスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	374	545	○	(V (S) -1)	
	P 1 - B	X-81 原子炉格納容器 とスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	372	545	○	(V (S) -1)	
	P 2 - A	X-241 原子炉格納容器 とスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	251	545	○	(V (S) -1)	
	P 2 - B	X-241 原子炉格納容器 とスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	249	545	○	(V (S) -1)	
	P 3 - A	X-81 スリーブ	一次一般膜応力	8	269	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	8	404	○	(V (S) -1)	
	P 3 - B	X-81 スリーブ	一次一般膜応力	8	269	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	8	404	○	(V (S) -1)	
	P 4 - A	X-241 スリーブ	一次一般膜応力	8	269	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	8	404	○	(V (S) -1)	
	P 4 - B	X-241 スリーブ	一次一般膜応力	8	269	○	(V (S) -1)	
			一次膜応力+一次曲げ応力	8	404	○	(V (S) -1)	

注記* : () 内はVI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-3 の荷重の組合せの No. を示す。

6. 参照図書

- (1) 島根原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-5-8 「原子炉格納容器貫通部の強度計算書」

7. 引用文献

- (1) Wichman, K.R. et al.: Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, March 1979 revision of WRC bulletin 107 / August 1965.

VI-3-3-7-2 圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書

VI-3-3-7-2-2 原子炉格納容器安全設備の強度計算書

VI-3-3-7-2-2-2 格納容器代替スプレイ系の強度計算書

VI-3-3-7-2-2-2-1 管の強度計算書
(格納容器代替スプレイ系)

VI-3-3-7-2-2-2-1-2 管の応力計算書
(格納容器代替スプレイ系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件 圧力 (MPa)	DB 条件 温度 (°C)	SA 条件 圧力 (MPa)						SA 条件 温度 (°C)
RHR-R-11	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	無	3.92	185	無	3.92	185	3.92	185	—	—	SA-2

重大事故等対処設備

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	5
3. 計算条件	9
3.1 計算条件	9
3.2 材料及び許容応力	14
4. 評価結果	15
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	16

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




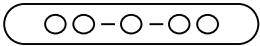
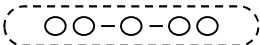

(1) 管

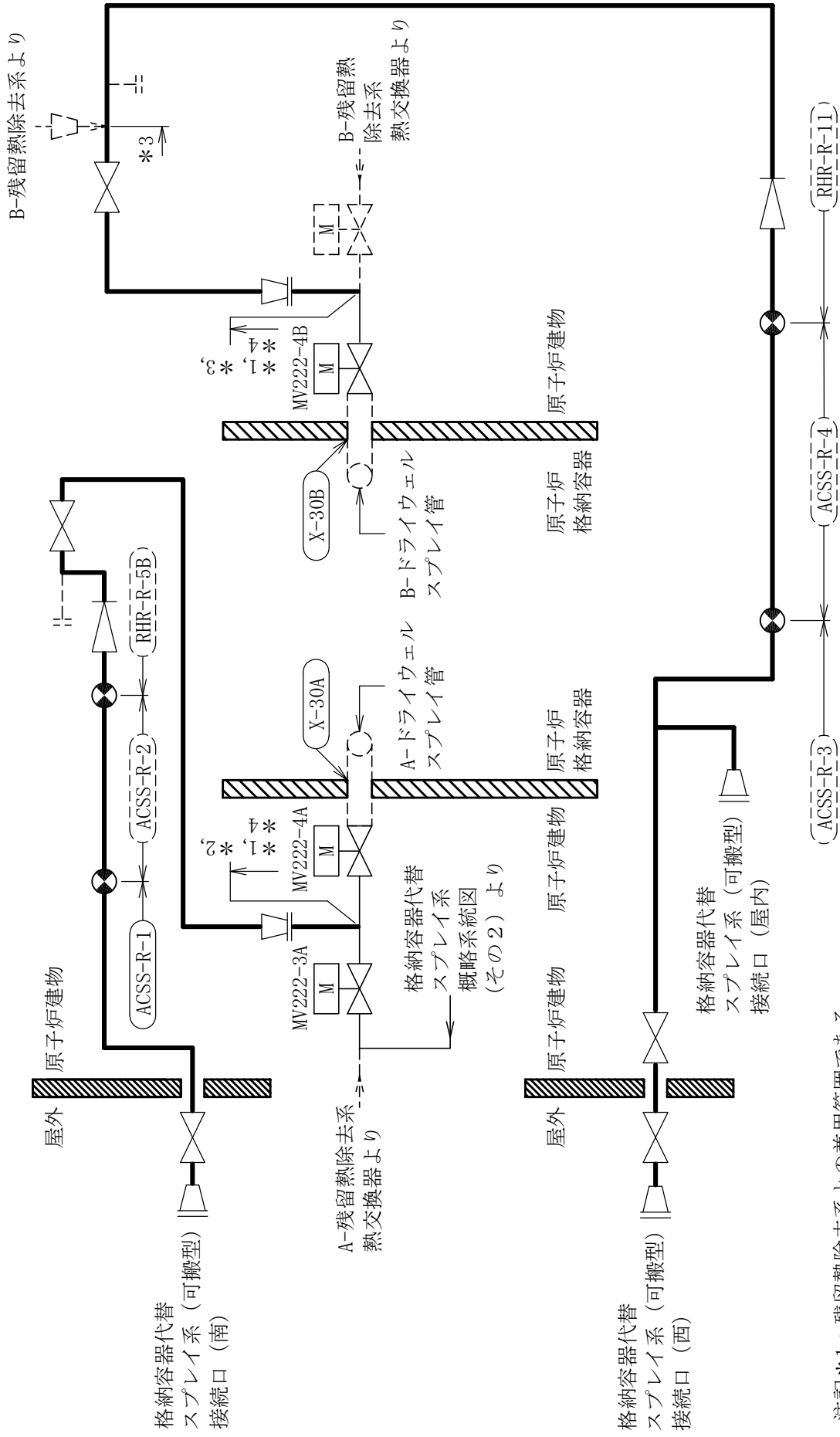
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>



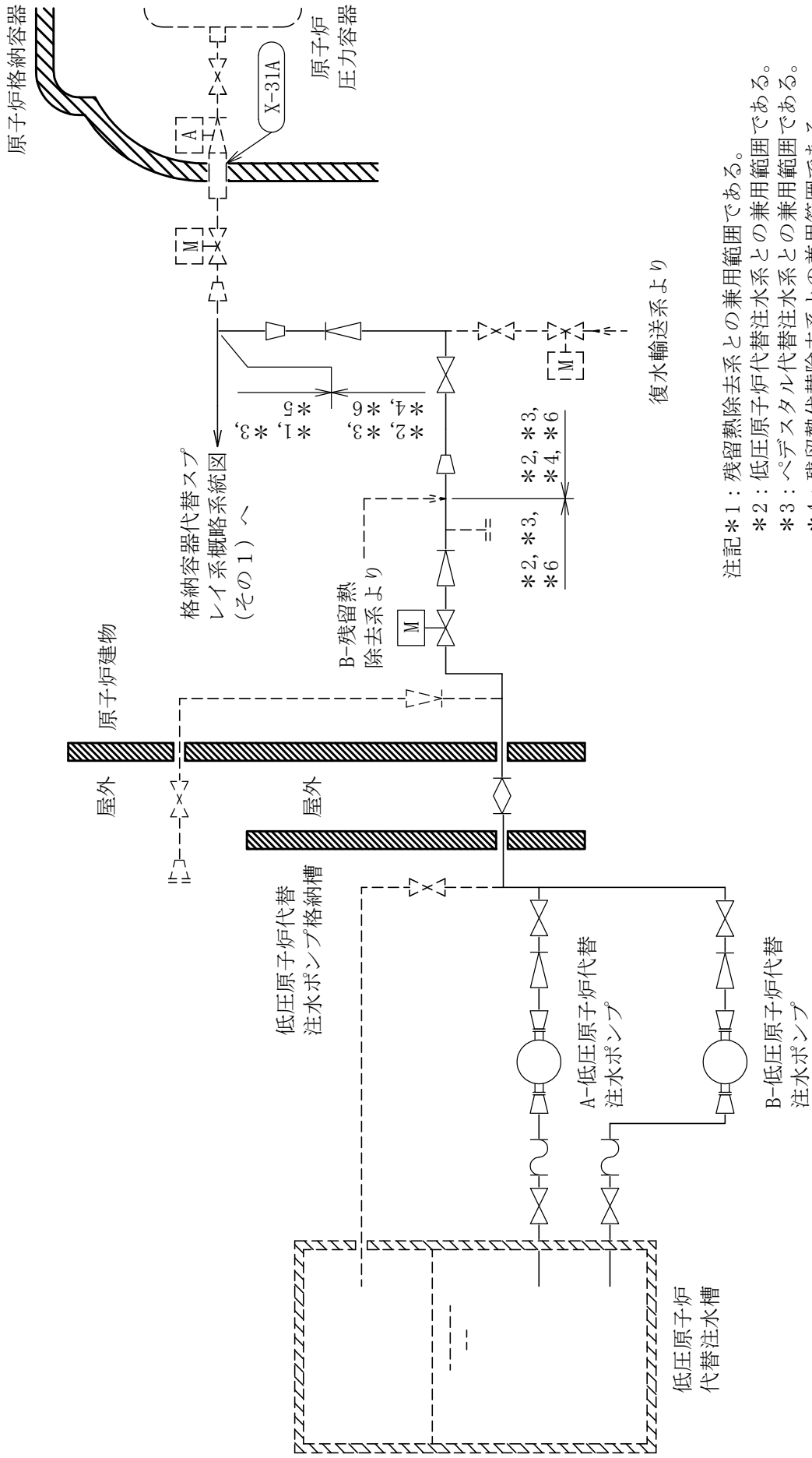
注記*1：残留熱除去系との兼用範囲である。

*2：ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。

*3：残留熱代替除去系との兼用範囲である。

*4：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス：SA2
格納容器代替スプレイ系概略系統図 (その1)



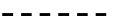


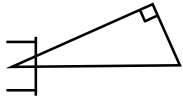
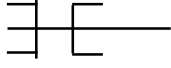

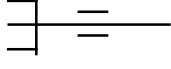


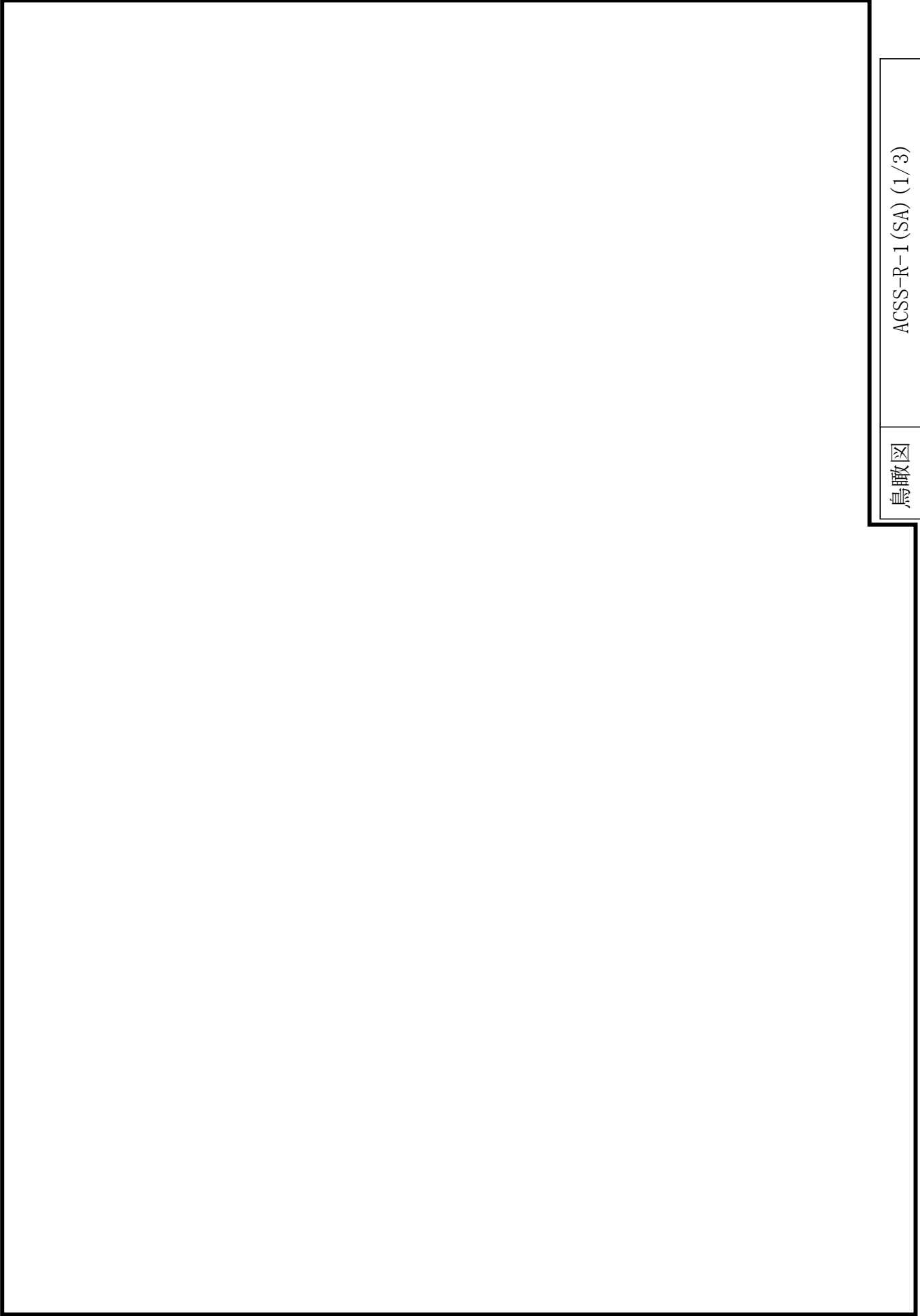
- 注記 *1 : 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2 : 低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3 : ペデスタル代替注水系との兼用範囲である。
 *4 : 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5 : 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *6 : 計算結果は低圧原子炉代替注水系に含めて示す。

格納容器代替スプレイ系概略系統図 (その2)

2.2 鳥瞰図

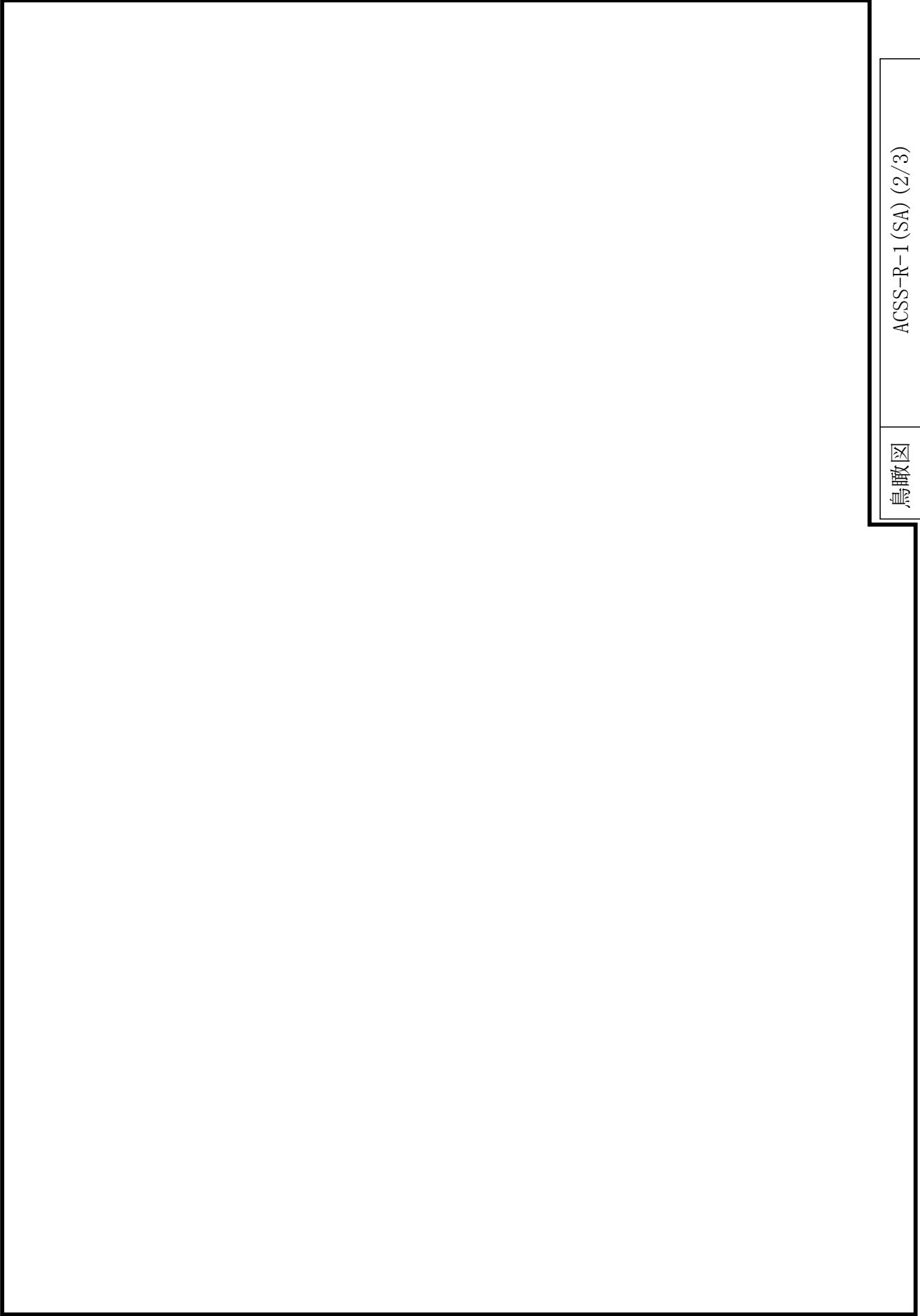
鳥瞰図記号凡例

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	



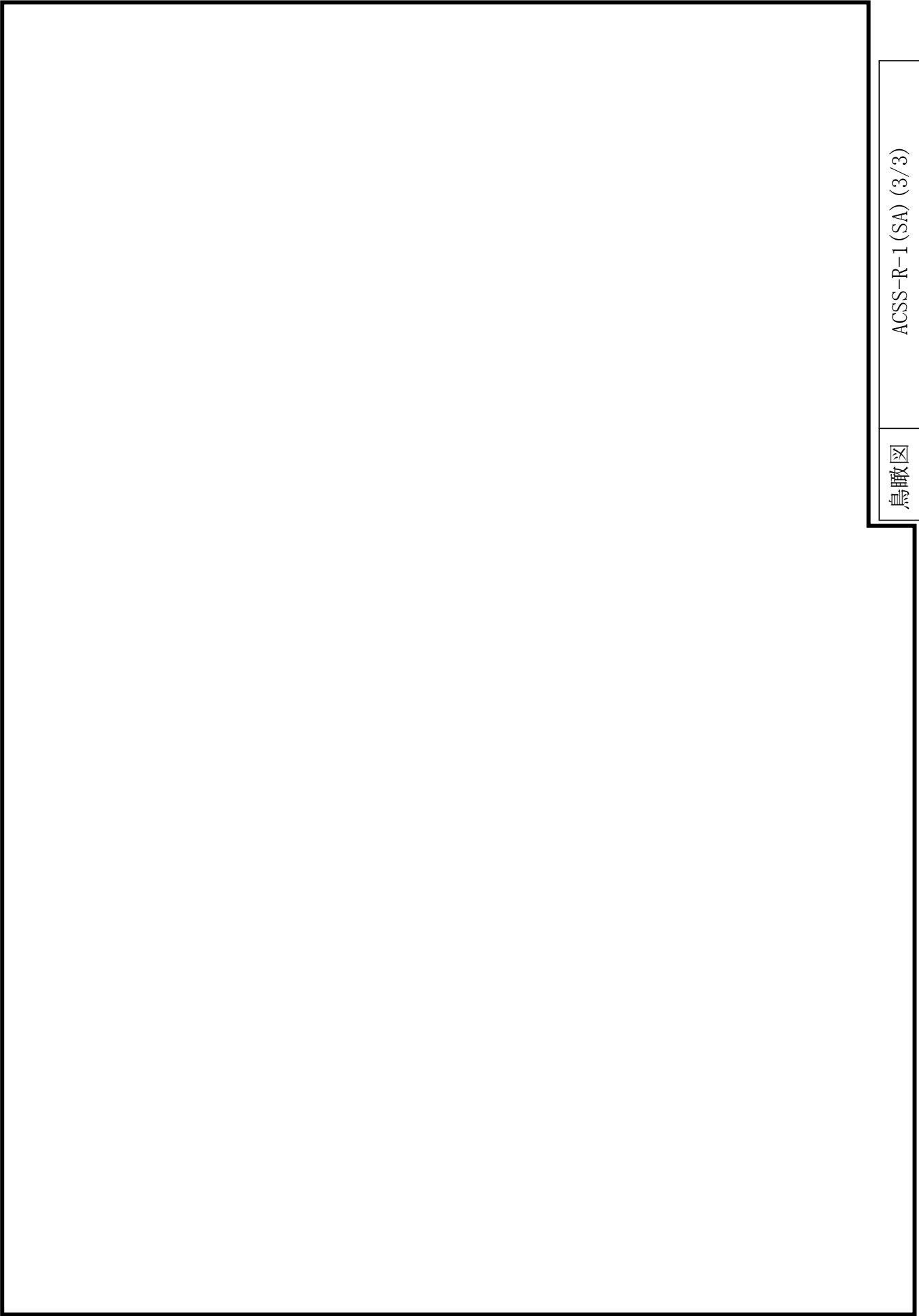
鳥瞰図

ACSS-R-1 (SA) (1/3)



鳥瞰図

ACSS-R-1 (SA) (2/3)



鳥瞰図

ACSS-R-1 (SA) (3/3)

3. 計算条件

3.1 計算条件



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 ACSS-R-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1F~2	2.45	66	165.2	7.1	SUS304TP
2	3~6, 7~98A	2.45	66	114.3	6.0	SUS304TP

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 ACSS-R-1

質量	対応する評価点
	1F
	651F

弁部の質量

鳥 瞰 図 ACSS-R-1

質量	対応する評価点
	6~7

弁部の寸法

鳥 瞰 図 ACSS-R-1

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
6~7			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ACSS-R-1

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
5						
13						
21						
25						
31						
40						
44						
47						
50						
53						
63						
68						
72						
79						
83						
89						
91						
95						
98A						

S2 補 VI-3-3-7-2-2-1-2 (重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	—	—	126

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{p r m}^{*1}$ $S_{p r m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
ACSS-R-1	10	$S_{p r m}^{*1}$	54	189
ACSS-R-1	10	$S_{p r m}^{*2}$	57	226

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1)*1					一次応力(2)*2				
			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
1	ACSS-R-1	設計・建設規格	10	54	189	3.50	○	10	57	226	3.96	○
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	ACSS-R-2	設計・建設規格	33	29	189	6.51	—	33	30	226	7.53	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	ACSS-R-3	設計・建設規格	47	39	189	4.84	—	47	41	226	5.51	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	ACSS-R-4	設計・建設規格	84	38	189	4.97	—	84	39	226	5.79	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	RHR-R-5B	設計・建設規格	119	32	168	5.25	—	119	33	201	6.09	—
		告示第501号	101	18	103	5.72	—	101	18	123	6.83	—
6	RHR-R-11	設計・建設規格	719	38	168	4.42	—	719	40	201	5.02	—
		告示第501号	700	18	103	5.72	—	700	18	123	6.83	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-7-2-2-3 ペデスタル代替注水系の強度計算書

VI-3-3-7-2-2-3-1 管の強度計算書
(ペデスタル代替注水系)

VI-3-3-7-2-2-3-1-2 管の応力計算書
(ペDESTAL代替注水系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
MUW-PD-1	既設	無	有	Non	Non	SA-2	有	0.93	40	0.93	200	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
APFS-R-1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
APFS-R-2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
APFS-R-3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
APFS-R-4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

重大事故等対処設備

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	6
3. 計算条件	11
3.1 計算条件	11
3.2 材料及び許容応力	16
4. 評価結果	17
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	18

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




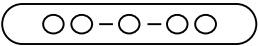


(1) 管

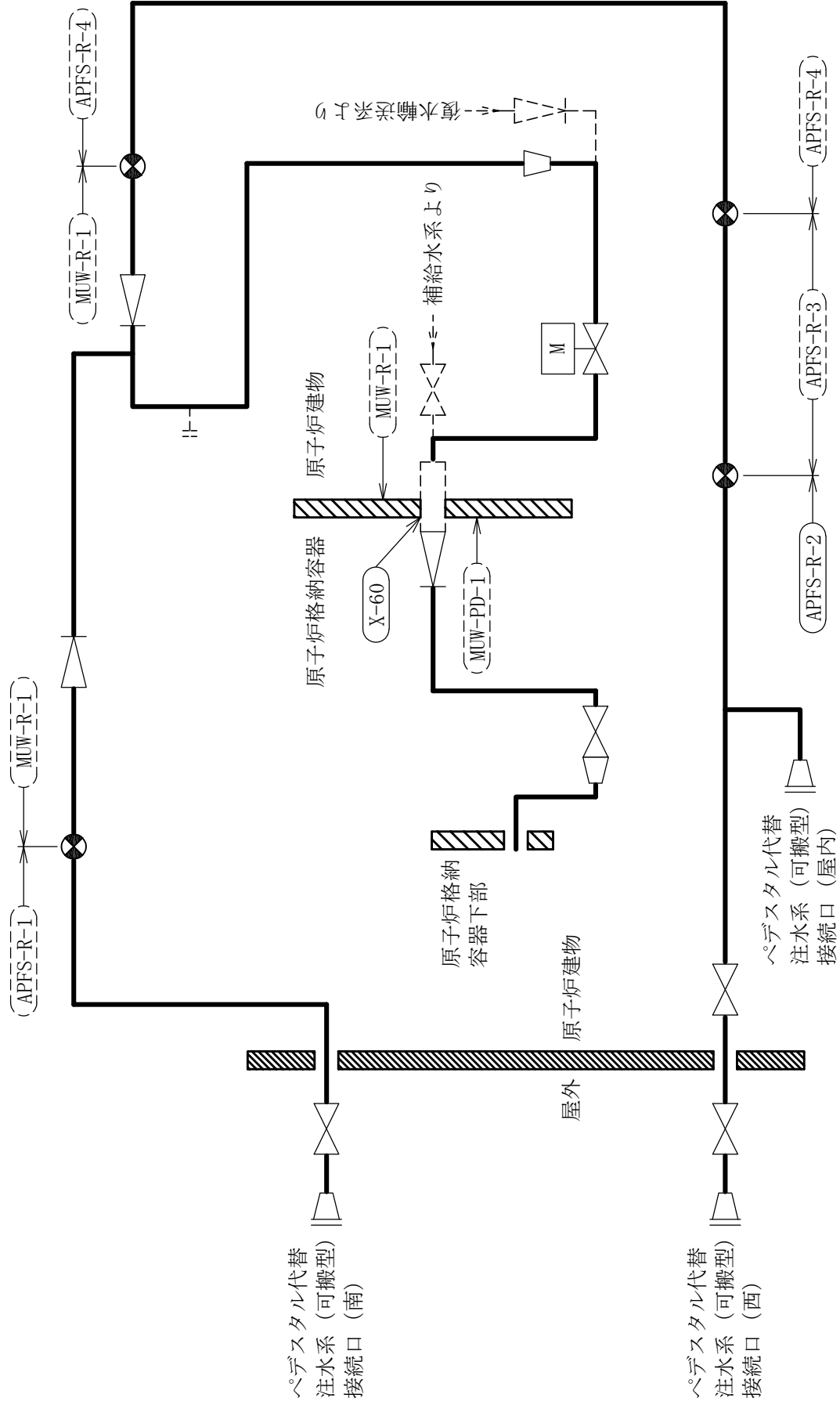
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

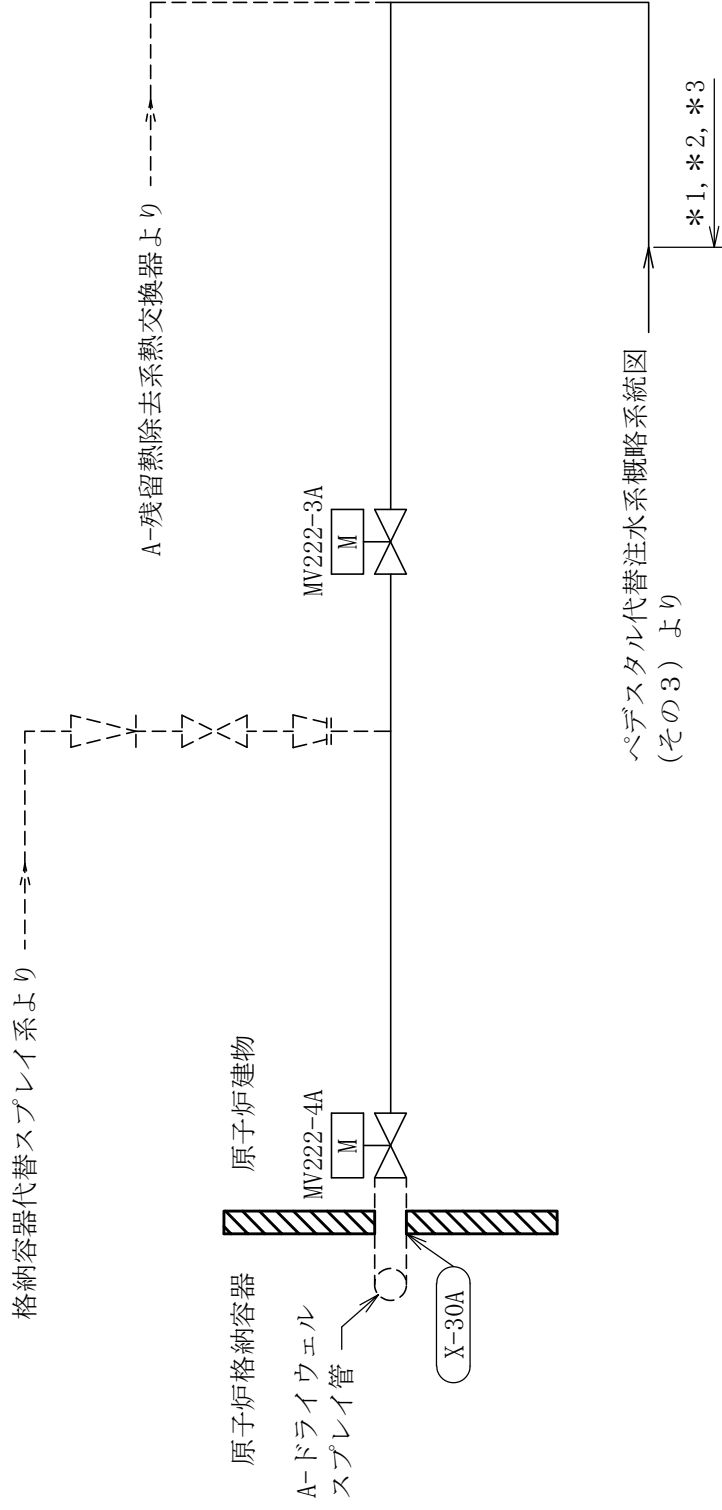
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

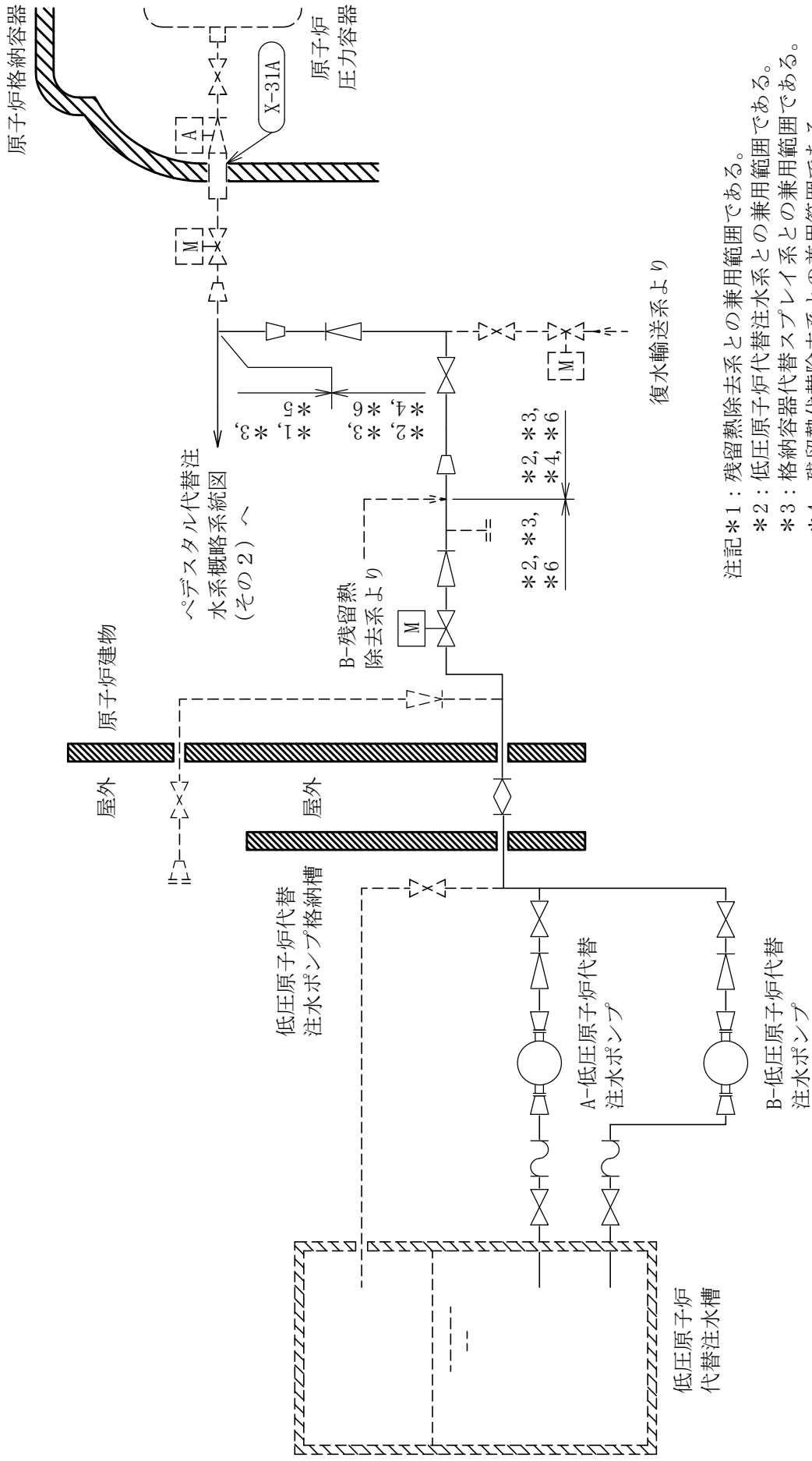
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>



[注] 太線範囲の管クラス：SA2
 ペDESTAL代替注水系概略系統図 (その1)



注記*1：残留熱除去系の兼用範囲である。
 *2：格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *3：計算結果は残留熱除去系に含めて示す。



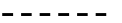


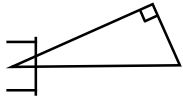
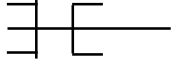

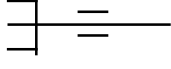


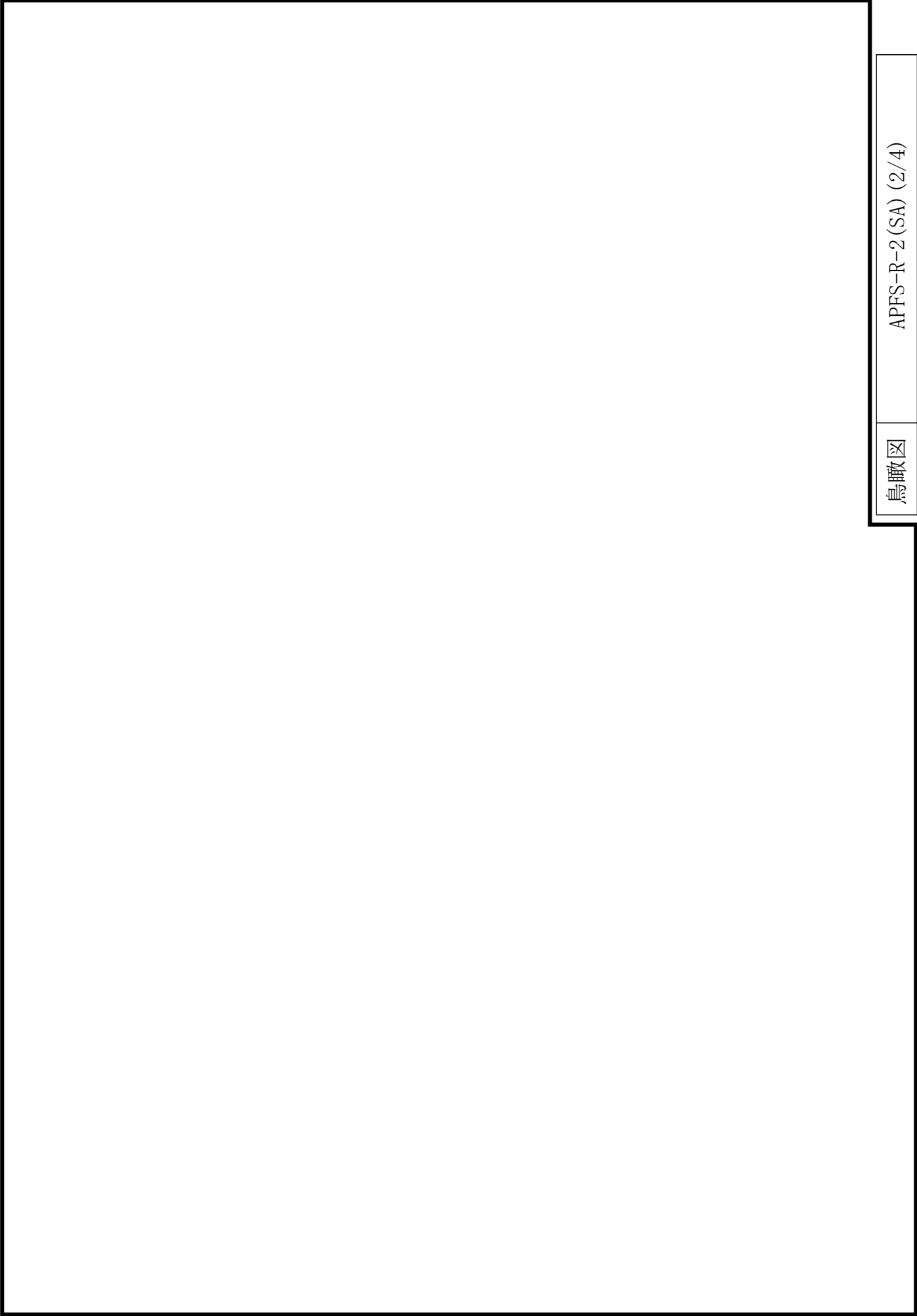
- 注記 *1 : 残留熱除去系との兼用範囲である。
 *2 : 低圧原子炉代替注水系との兼用範囲である。
 *3 : 格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
 *4 : 残留熱代替除去系との兼用範囲である。
 *5 : 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
 *6 : 計算結果は低圧原子炉代替注水系に含めて示す。

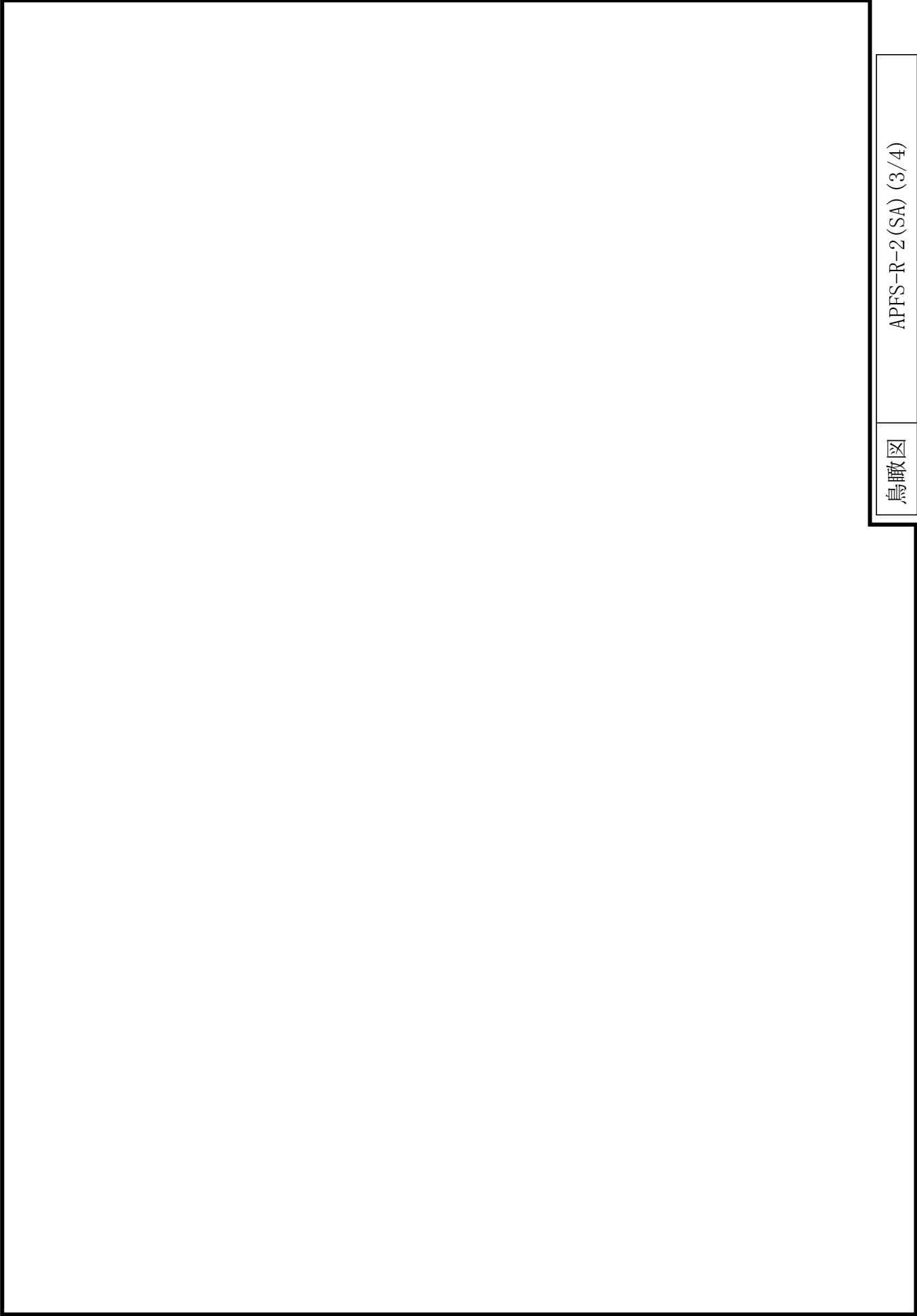
ペDESTアル代替注水系概略系統図 (その3)

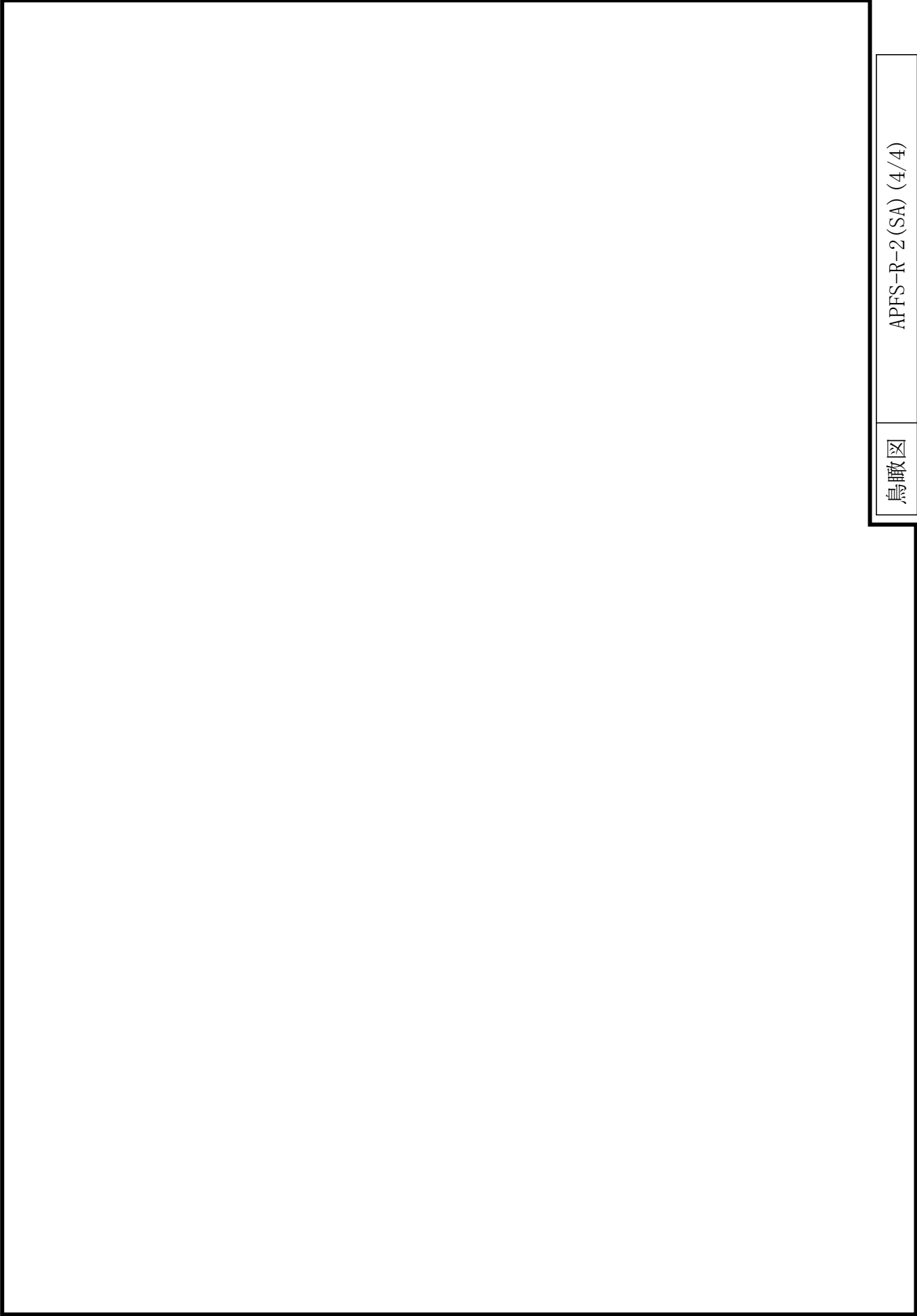
2.2 鳥瞰図

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	







3. 計算条件

3.1 計算条件

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 APFS-R-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1F~2, 145~146F	2.45	66	165.2	7.1	SUS304TP
2	3~7, 8~827 828~112A, 829~144	2.45	66	114.3	6.0	SUS304TP

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 APFS-R-2

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	1F, 146F

弁部の質量

鳥 瞰 図 APFS-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="text"/>	7~8	<input type="text"/>	827~828

弁部の寸法

鳥 瞰 図 APFS-R-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
7~8				827~828			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 APFS-R-2

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
4						
6001						
11						
16						
26						
39						
43						
46						
54						
62						
69						
74						
822						
8261						
93						
102						
112A						
1130						
120						
127						
138						
142						

S2 補 VI-3-3-7-2-2-3-1-2 (重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	—	—	126

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
APFS-R-2	140	$S_{pr m}^{*1}$	56	189
APFS-R-2	140	$S_{pr m}^{*2}$	59	226

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A										
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}					
			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	
1	MUW-PD-1	設計・建設規格	19	17	166	9.76	—	19	18	199	11.05	—	
		告示第501号	51	16	111	6.93	—	51	16	133	8.31	—	
2	APFS-R-1	設計・建設規格	36	44	189	4.29	—	36	46	226	4.91	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	APFS-R-2	設計・建設規格	140	56	189	3.37	○	140	59	226	3.83	○	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	APFS-R-3	設計・建設規格	49	39	189	4.84	—	49	42	226	5.38	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	APFS-R-4	設計・建設規格	95	27	189	7.00	—	95	28	226	8.07	—	
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	MUW-R-1	設計・建設規格	122	36	189	5.25	—	122	39	226	5.79	—	
		告示第501号	48	17	111	6.52	—	48	17	133	7.82	—	

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-7-2-2-4 残留熱代替除去系の強度計算書

VI-3-3-7-2-2-4-3 管の強度計算書
(残留熱代替除去系)

VI-3-3-7-2-2-4-3-2 管の応力計算書
(残留熱代替除去系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
RHAR-R-1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RHAR-R-2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.50	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RHAR-R-3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.50	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
FLSR-R-1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RHR-R-2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RHR-R-9	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.50	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.92	185	3.92	185	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 におけ る評価 結果の 有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
RHR-R-11	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
RHR-R-19	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.92	185	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

重大事故等対処設備

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	6
3. 計算条件	8
3.1 計算条件	8
3.2 材料及び許容応力	13
4. 評価結果	14
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	15

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




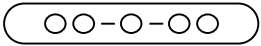
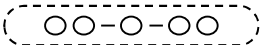

(1) 管

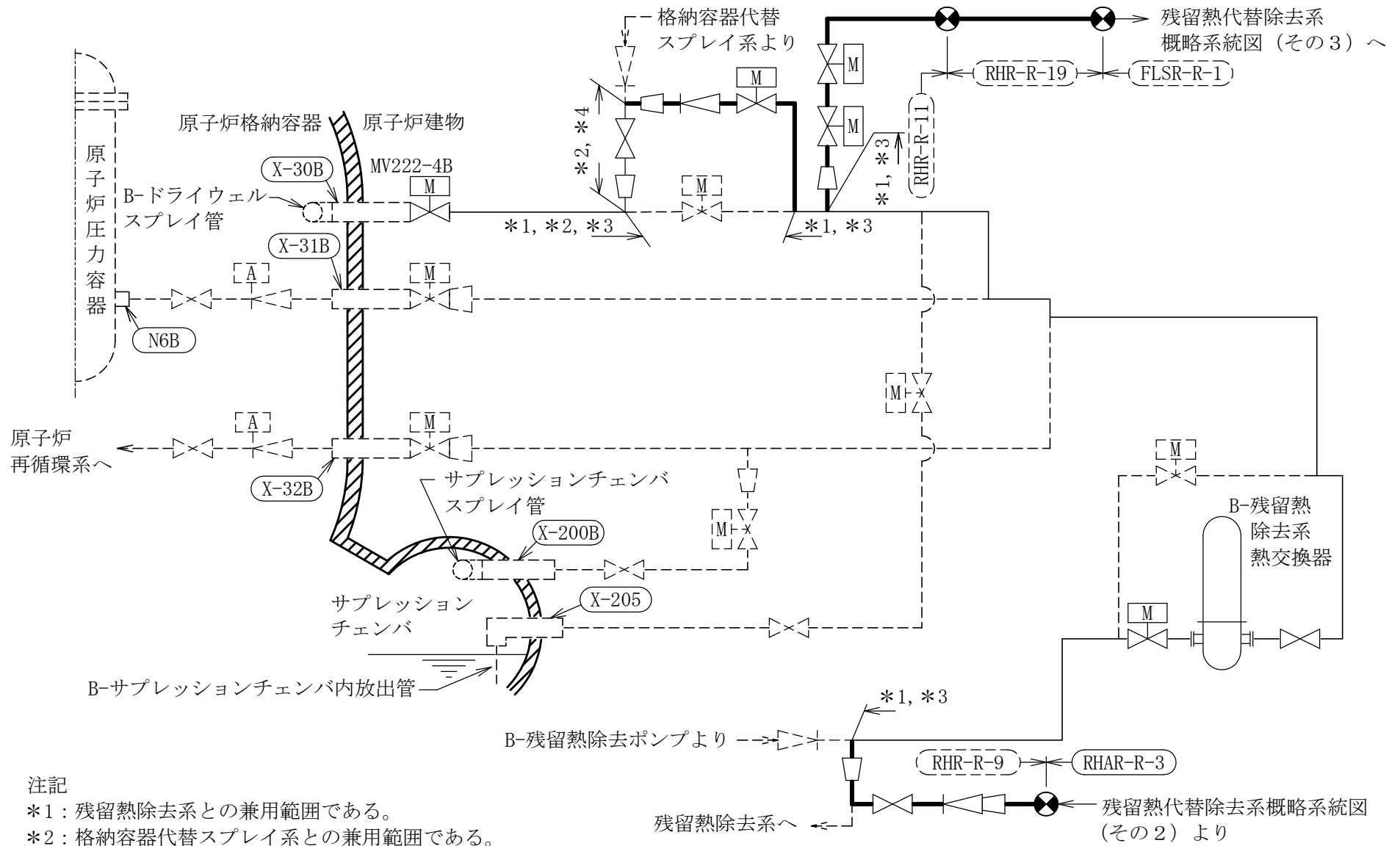
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全8モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

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
 (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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス]	
DB1	クラス 1 管
DB2	クラス 2 管
SA2	重大事故等クラス 2 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

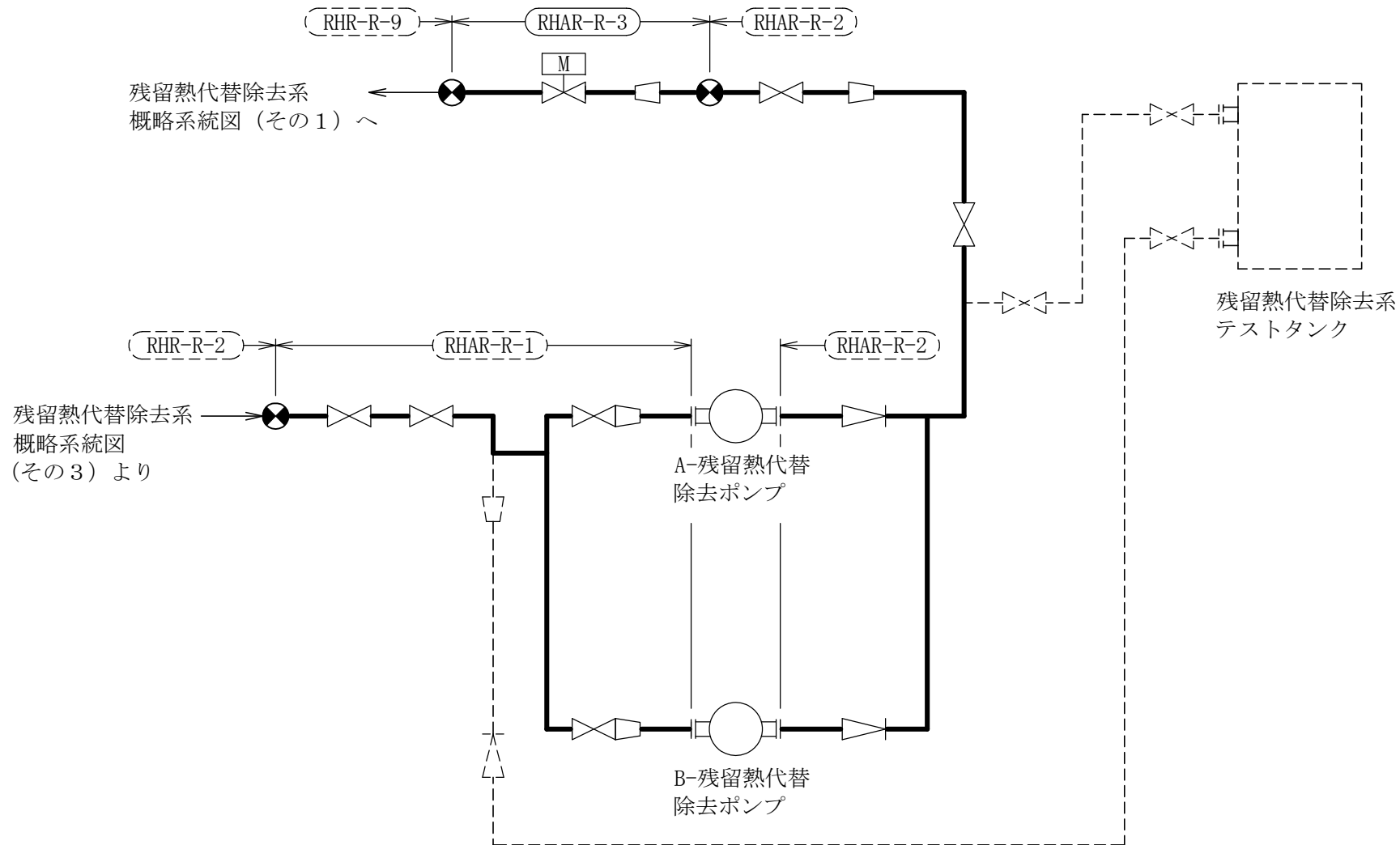


3

注記

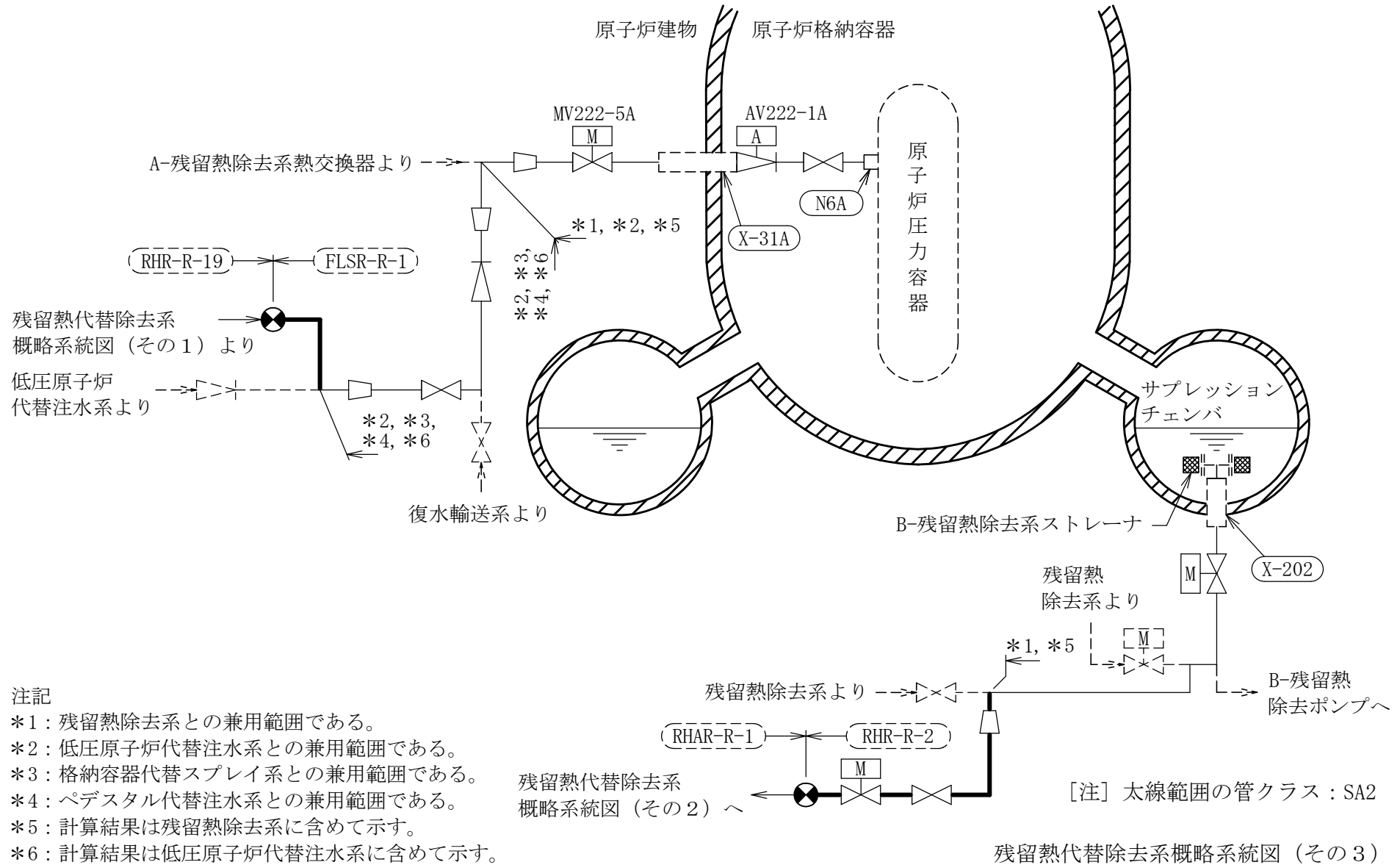
- *1: 残留熱除去系との兼用範囲である。
- *2: 格納容器代替スプレイ系との兼用範囲である。
- *3: 計算結果は残留熱除去系に含めて示す。
- *4: 計算結果は格納容器代替スプレイ系に含めて示す。

[注] 太線範囲の管クラス: SA2 残留熱代替除去系概略系統図(その1)





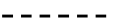


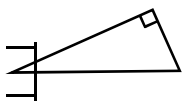
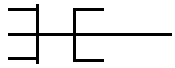

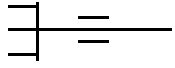
[注] 太線範囲の管クラス : SA2

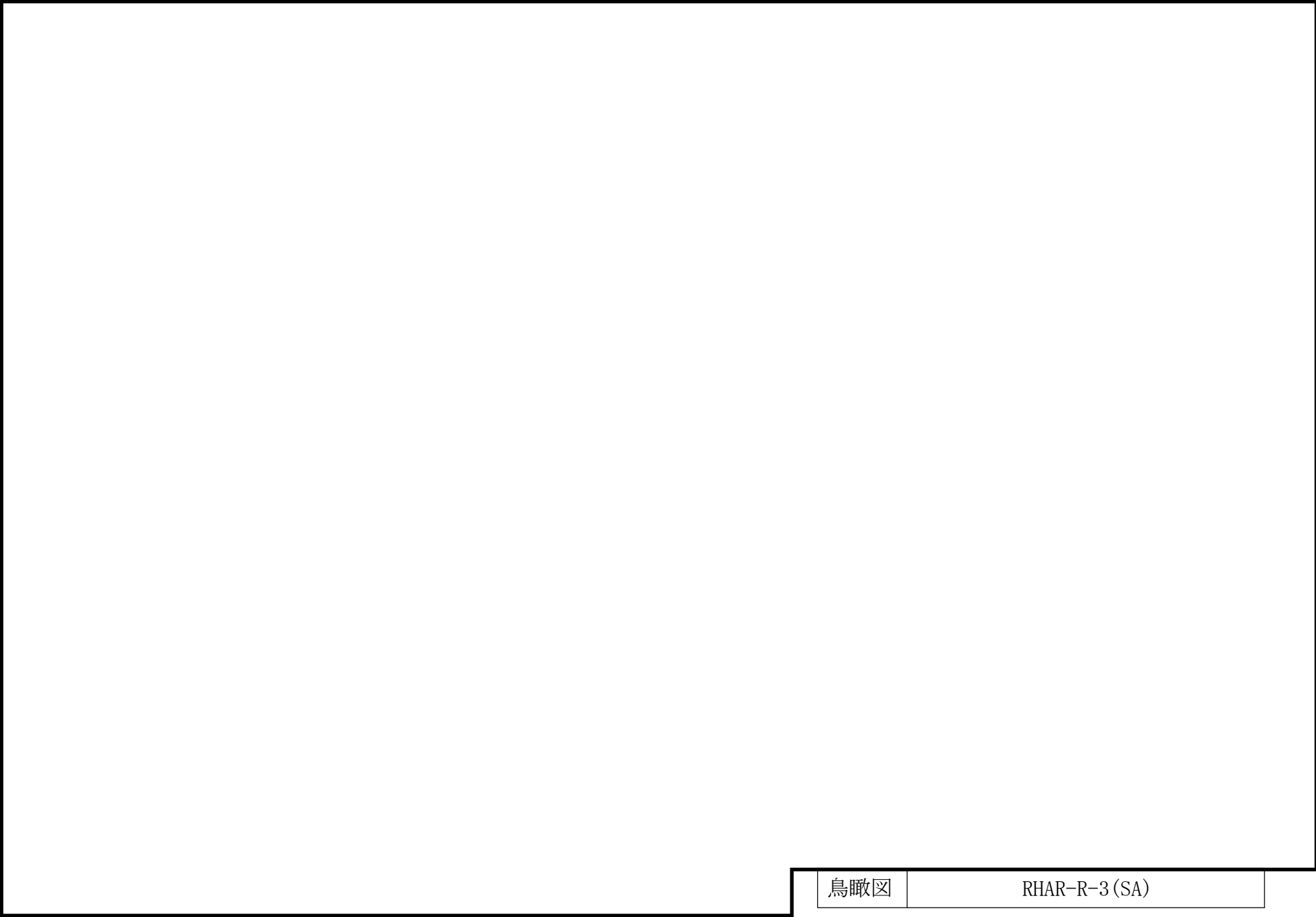
残留熱代替除去系概略系統図 (その2)



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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	



鳥瞰図

RHAR-R-3(SA)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 RHAR-R-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1A~2	2.50	185	216.3	8.2	STPT410
2	3~54, 56~69A	2.50	185	165.2	7.1	STPT410

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RHAR-R-3

質量	対 応 す る 評 価 点
<input type="checkbox"/>	1A~2
<input type="checkbox"/>	3~54, 56~69A

弁部の質量

鳥 瞰 図 RHAR-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	54, 56	<input type="checkbox"/>	55
<input type="checkbox"/>	5501	<input type="checkbox"/>	5504

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RHAR-R-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
54～55				55～5501			
5501～5502				5502～5503			
5503～5504				55～56			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHAR-R-3

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
1A						
7						
15						
22						
31						
35						
44						
50						
5502						
5503						
57						
66						
69A						

S2 補 VI-3-3-7-2-2-4-3-2 (重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	185	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 $S_{p r m}^{*1}$ $S_{p r m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
RHAR-R-3	38	$S_{p r m}^{*1}$	48	154
RHAR-R-3	38	$S_{p r m}^{*2}$	52	185

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
1	RHAR-R-1	設計・建設規格	28	42	154	3.66	—	28	45	185	4.11	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	RHAR-R-2	設計・建設規格	60	46	154	3.34	—	60	50	185	3.70	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	RHAR-R-3	設計・建設規格	38	48	154	3.20	○	38	52	185	3.55	○
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	FLSR-R-1	設計・建設規格	402	34	168	4.94	—	402	36	201	5.58	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	RHR-R-2	設計・建設規格	725	27	154	5.70	—	725	29	185	6.37	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	RHR-R-9	設計・建設規格	109	45	154	3.42	—	109	47	185	3.93	—
		告示第501号	88	24	103	4.29	—	88	24	123	5.12	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管 モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
7	RHR-R-11	設計・建設規格	921	46	154	3.34	—	921	47	185	3.93	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	RHR-R-19	設計・建設規格	106	45	154	3.42	—	106	47	185	3.93	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-7-3 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備
並びに格納容器再循環設備の強度計算書

VI-3-3-7-3-2 窒素ガス代替注入系の強度計算書

VI-3-3-7-3-2-1 管の強度計算書
(窒素ガス代替注入系)

VI-3-3-7-3-2-1-2 管の応力計算書
(窒素ガス代替注入系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)
ANI-R-1SP	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
ANI-R-2SP	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
ANI-R-3SP	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	200	—	設計・建設規格	—	SA-2
ANI-R-4SP	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.853	200	—	設計・建設規格	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	設計・建設規格	—	SA-2
ANI-R-5SP	新設	—	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.93	66	—	設計・建設規格	—	SA-2

重大事故等対処設備

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 計算条件	7
3.2 材料及び許容応力	12
4. 評価結果	13
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	14

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




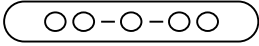


(1) 管

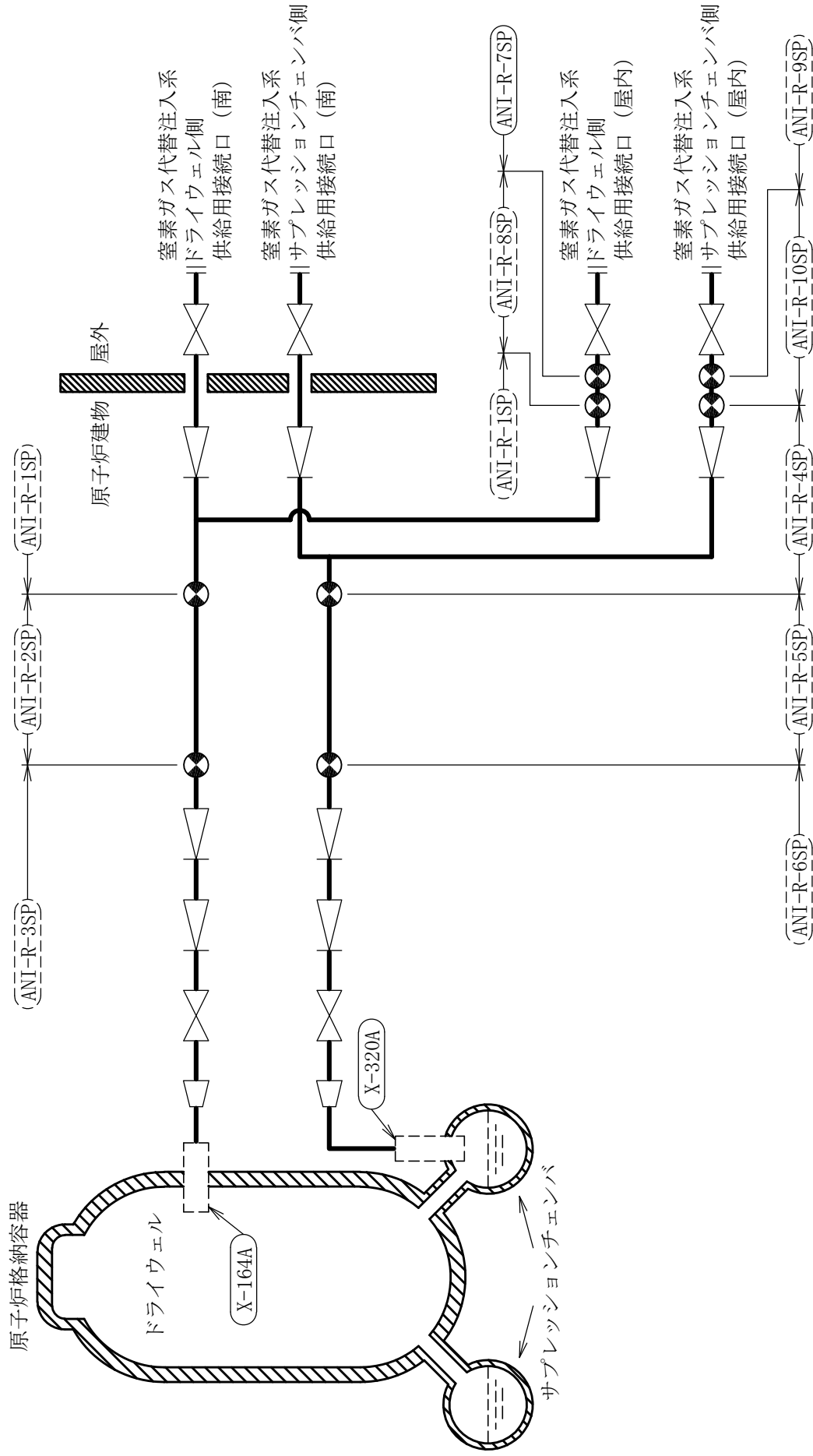
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全10モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

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



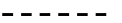


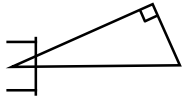
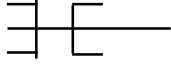

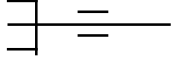
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>

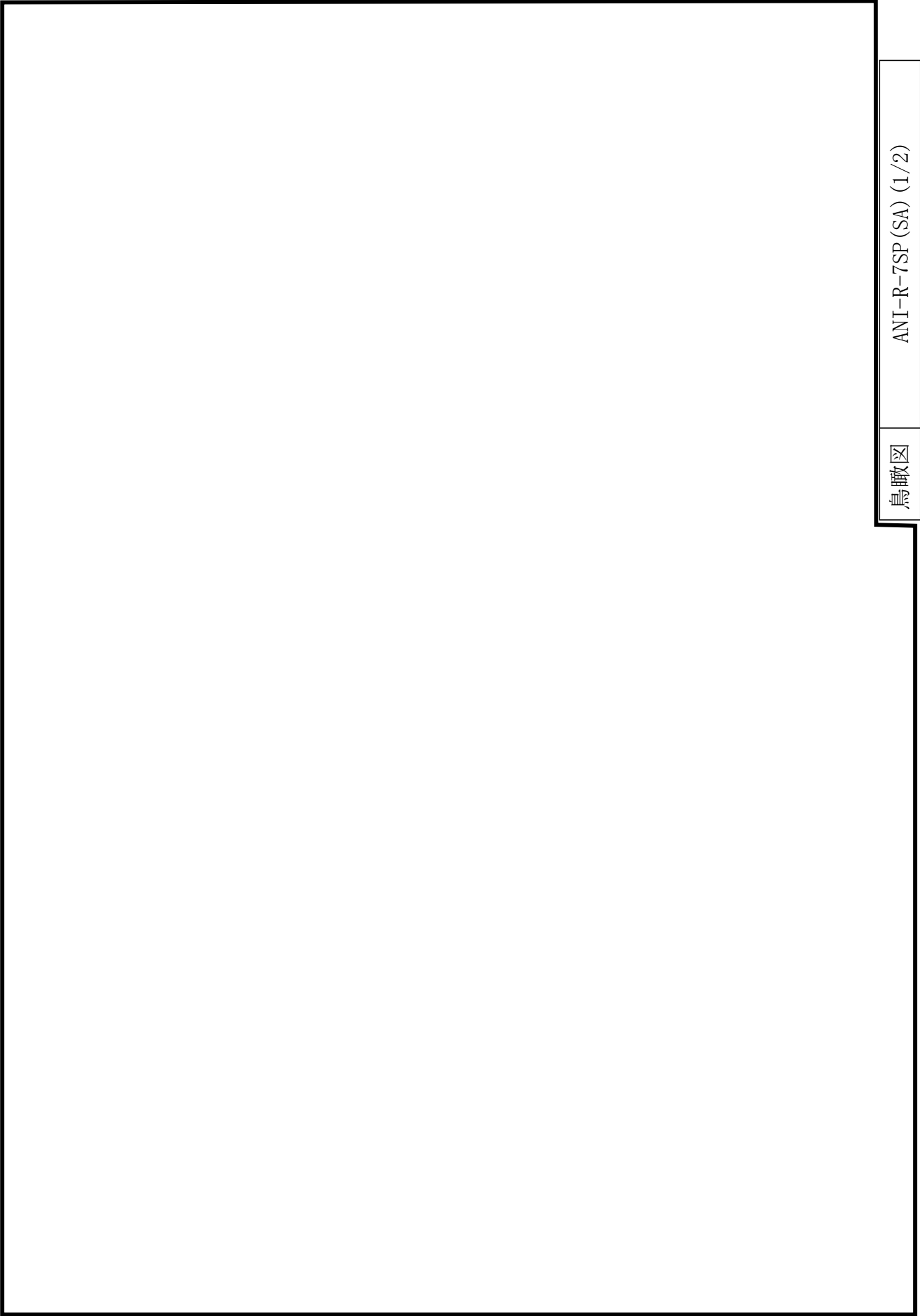


[注] 太線範囲の管クラス：SA2
窒素ガス代替注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

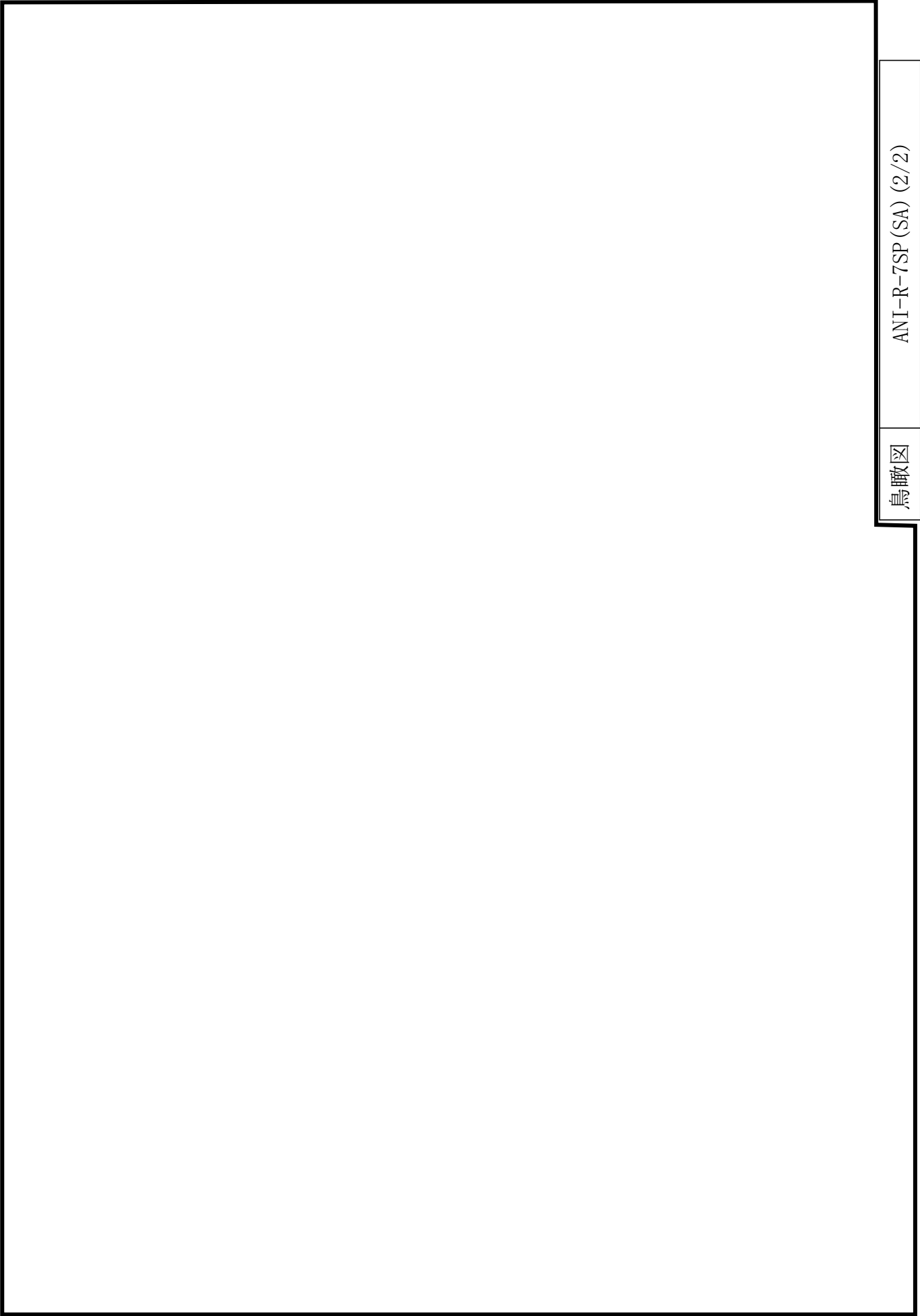
鳥瞰図記号凡例

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」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本系の管であって計算書作成対象範囲外の管及び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。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	



鳥瞰図

ANI-R-7SP (SA) (1/2)



鳥瞰図

ANI-R-7SP (SA) (2/2)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 ANI-R-7SP

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1F~5W, 6W~75A	0.93	66	60.5	5.5	STPT410

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 ANI-R-7SP

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	1F

弁部の質量

鳥 瞰 図 ANI-R-7SP

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	5W~6W

弁部の寸法

鳥 瞰 図 ANI-R-7SP

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
5W~6W			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ANI-R-7SP

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
4						
8						
12						
17						
21						
26						
31						
35						
39						
44						
48						
56						
62						
71						
75A						

S2 補 VI-3-3-7-3-2-1-2 (重) R0

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	66	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス2管

設計・建設規格 PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
ANI-R-7SP	13W	$S_{pr m}^{*1}$	34	154
ANI-R-7SP	13W	$S_{pr m}^{*2}$	35	185

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
1	ANI-R-1SP	設計・建設規格	20W	18	189	10.50	—	20W	20	226	11.30	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	ANI-R-2SP	設計・建設規格	96W	16	154	9.62	—	96W	17	185	10.88	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	ANI-R-3SP	設計・建設規格	7W	14	154	11.00	—	7W	14	185	13.21	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	ANI-R-4SP	設計・建設規格	10W	18	189	10.50	—	10W	20	226	11.30	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	ANI-R-5SP	設計・建設規格	87W	30	154	5.13	—	87W	30	185	6.16	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	ANI-R-6SP	設計・建設規格	13W	16	154	9.62	—	13W	17	185	10.88	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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（重大事故等クラス2管）

No.	配管モデル	適用規格	供用状態E 許容応力状態V _A									
			一次応力(1) ^{*1}					一次応力(2) ^{*2}				
			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
7	ANI-R-7SP	設計・建設規格	13W	34	154	4.52	○	13W	35	185	5.28	○
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	ANI-R-8SP	設計・建設規格	208	16	154	9.62	—	208	16	185	11.56	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	ANI-R-9SP	設計・建設規格	13W	33	154	4.66	—	13W	33	185	5.60	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	ANI-R-10SP	設計・建設規格	214	16	154	9.62	—	214	16	185	11.56	—
		告示第501号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)及び告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)及び告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

VI-3-3-7-4 原子炉格納容器調気設備の強度計算書

VI-3-3-7-4-1 窒素ガス制御系の強度計算書

VI-3-3-7-4-1-2 管の強度計算書
(窒素ガス制御系)

VI-3-3-7-4-1-2-2 管の応力計算書
(窒素ガス制御系)

まえがき

本計算書は、VI-3-1-3「クラス2機器の強度計算の基本方針」及びにVI-3-2-4「クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

配管モデル	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における評価 結果の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価 区分	評価 クラス		
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)	
SGT-R-1	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	—	—	0.427	171	0.853	200	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2*

注記*：計算結果は「VI-3-3-7-3-1-1-2 管の応力計算書（非常用ガス処理系）」にて示す。

設計基準対象施設

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	17
3.1 計算条件	17
3.2 材料及び許容応力	19
4. 評価結果	20
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	21

1. 概要

本計算書は、VI-3-1-3「クラス2機器の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-4「クラス2管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。




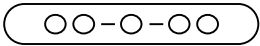
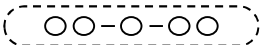

(1) 管

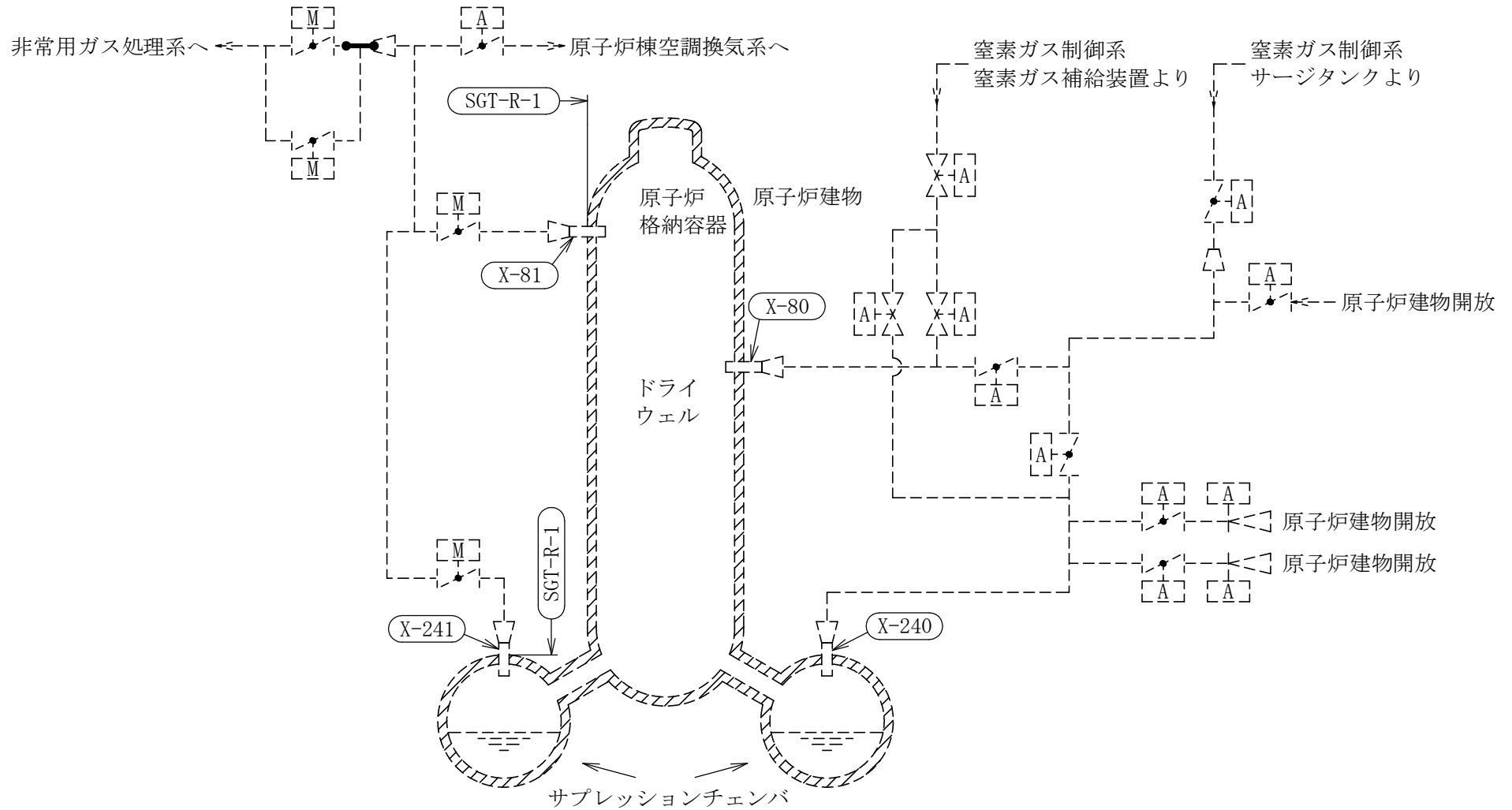
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全1モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果についても記載する。

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



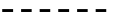


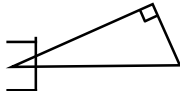
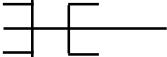

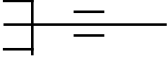
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管、又は工事計画記載範囲の管のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
<p>[管クラス]</p> <p>DB1</p> <p>DB2</p> <p>SA2</p> <p>DB1/SA2</p> <p>DB2/SA2</p>	<p>クラス1管</p> <p>クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス1管</p> <p>重大事故等クラス2管であってクラス2管</p>

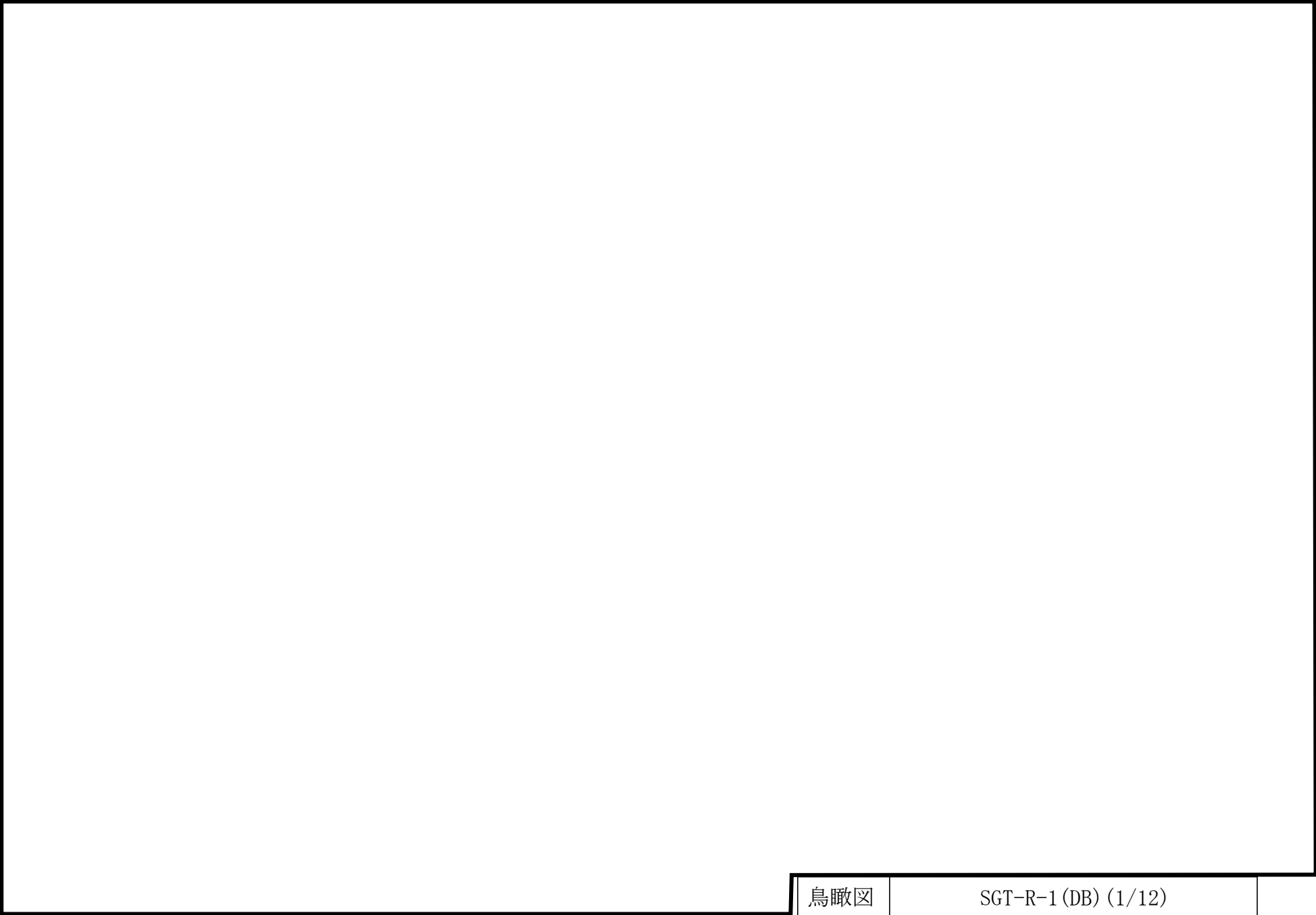


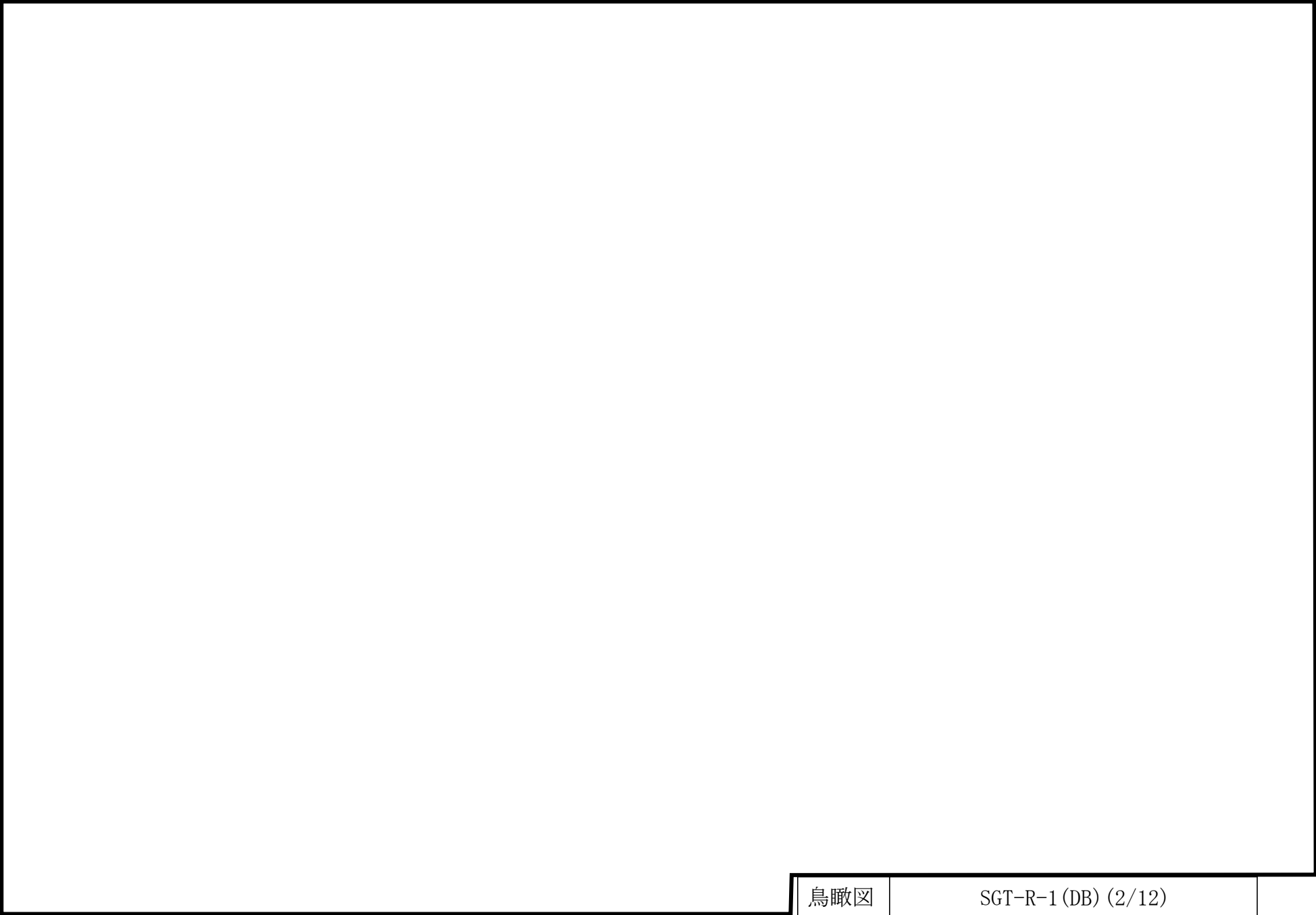
窒素ガス制御系概略系統図

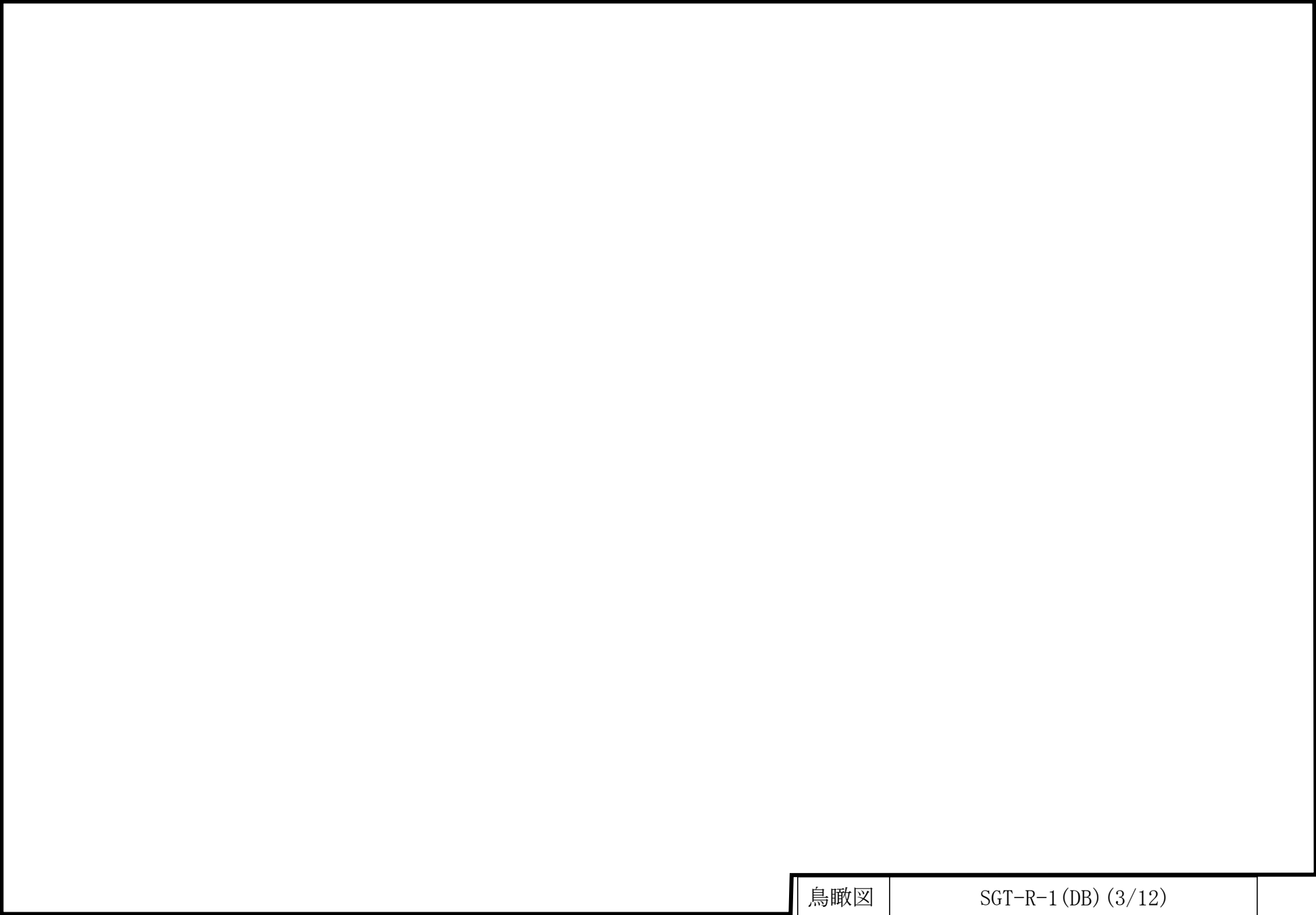
2.2 鳥瞰図

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 (設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」, 重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本システム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本系の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他システム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。スナッパについても同様とする。)
	スナッパ
	ハンガ
	リジットハンガ
注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。	



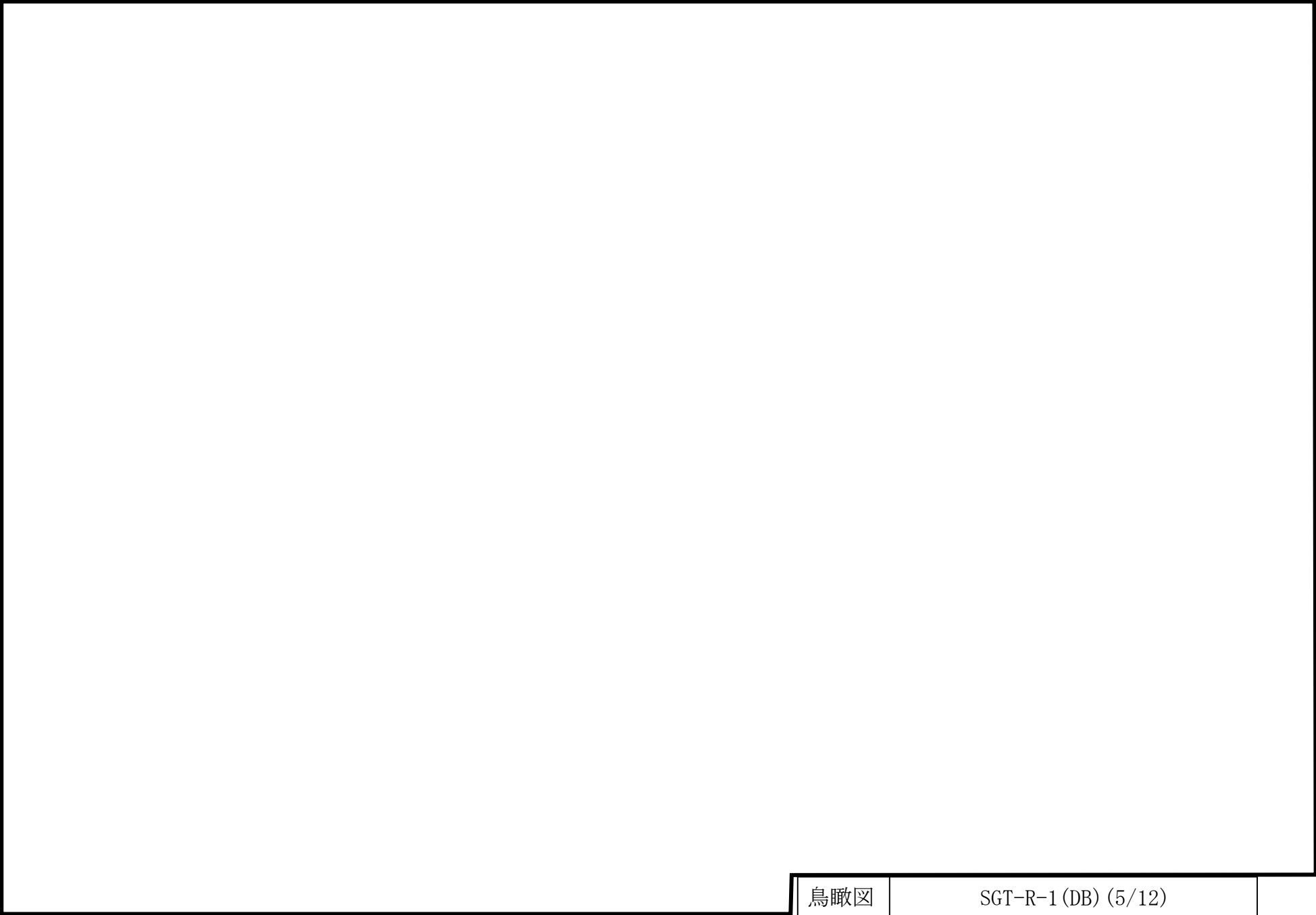


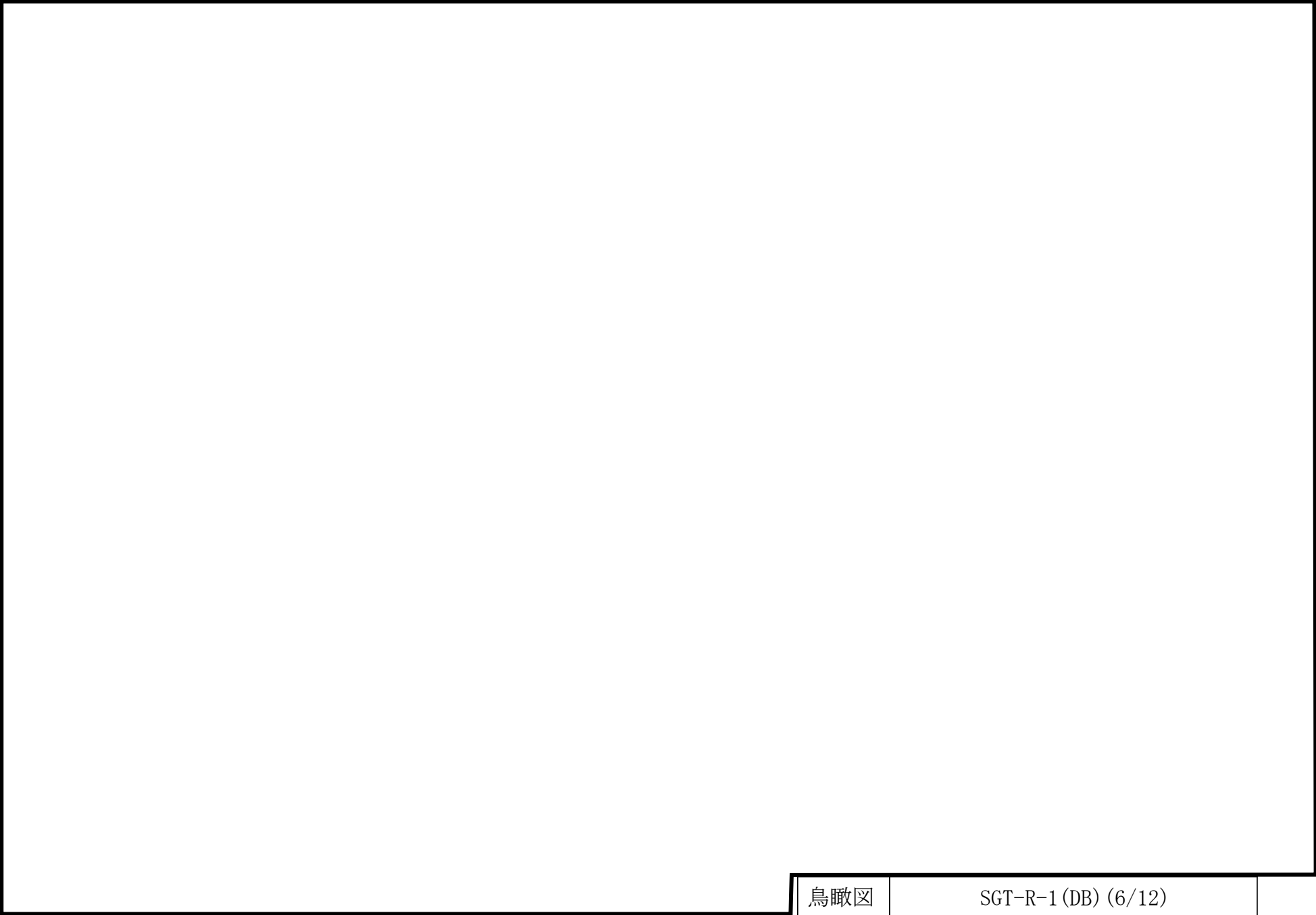


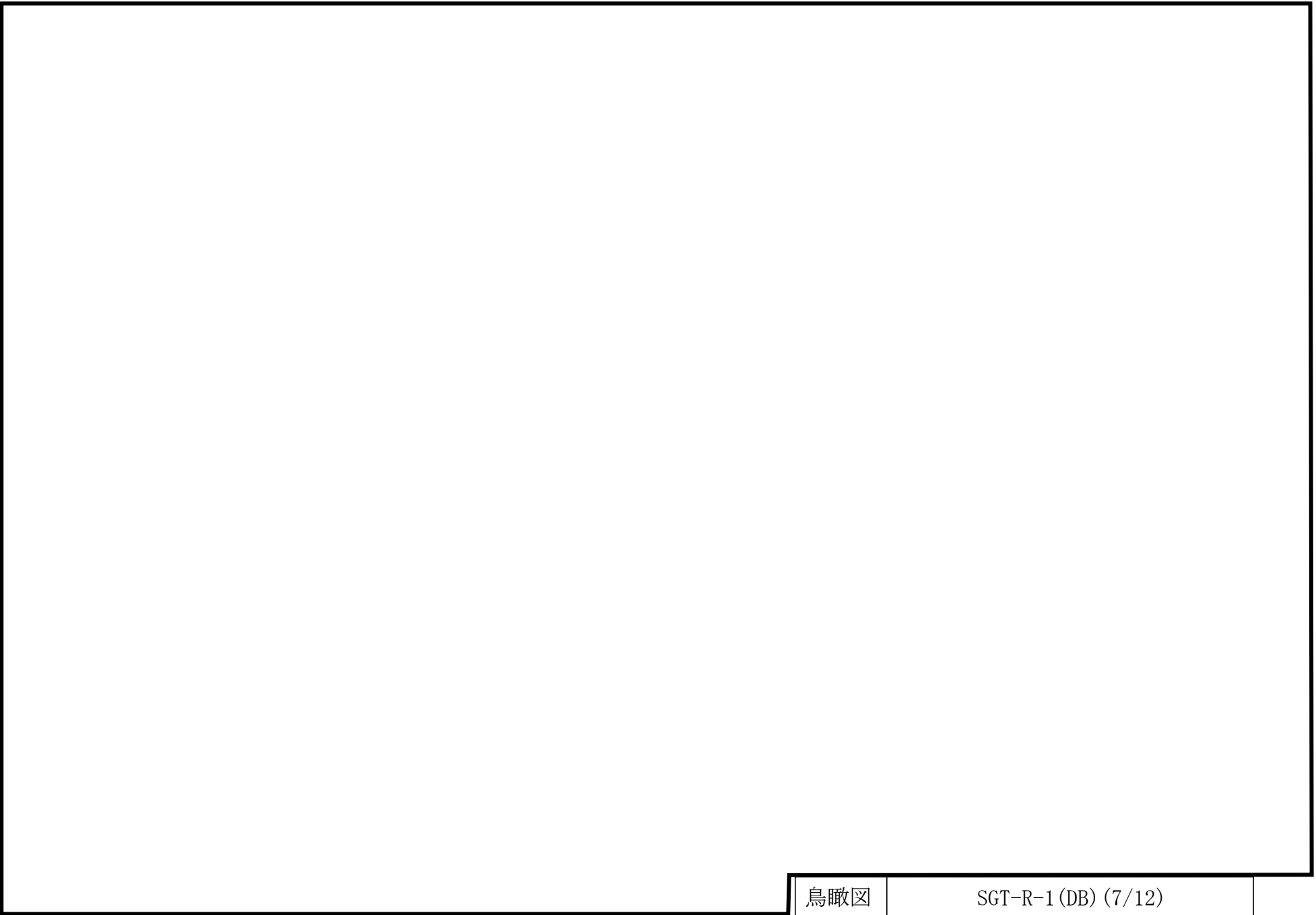
∞

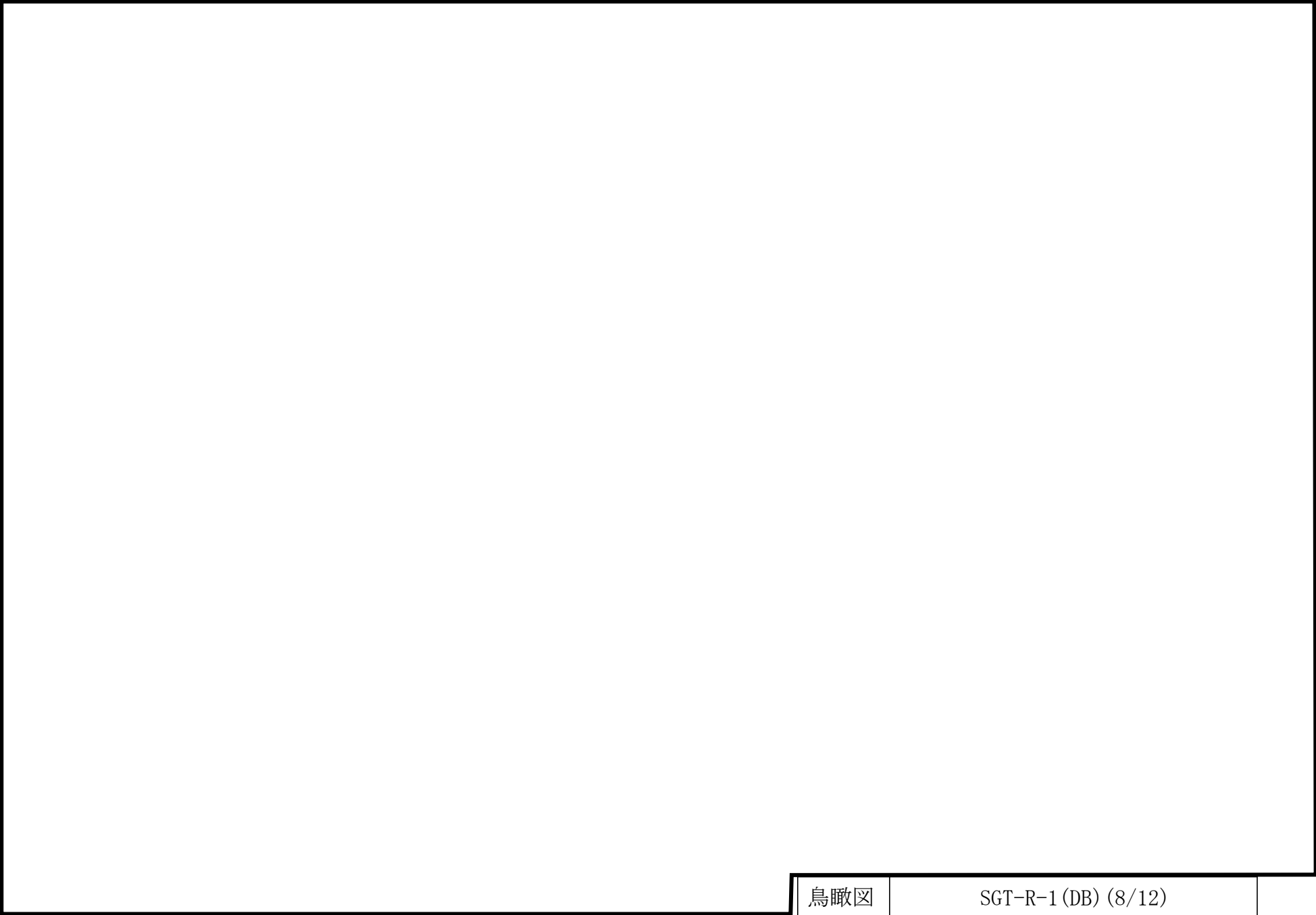
鳥瞰図

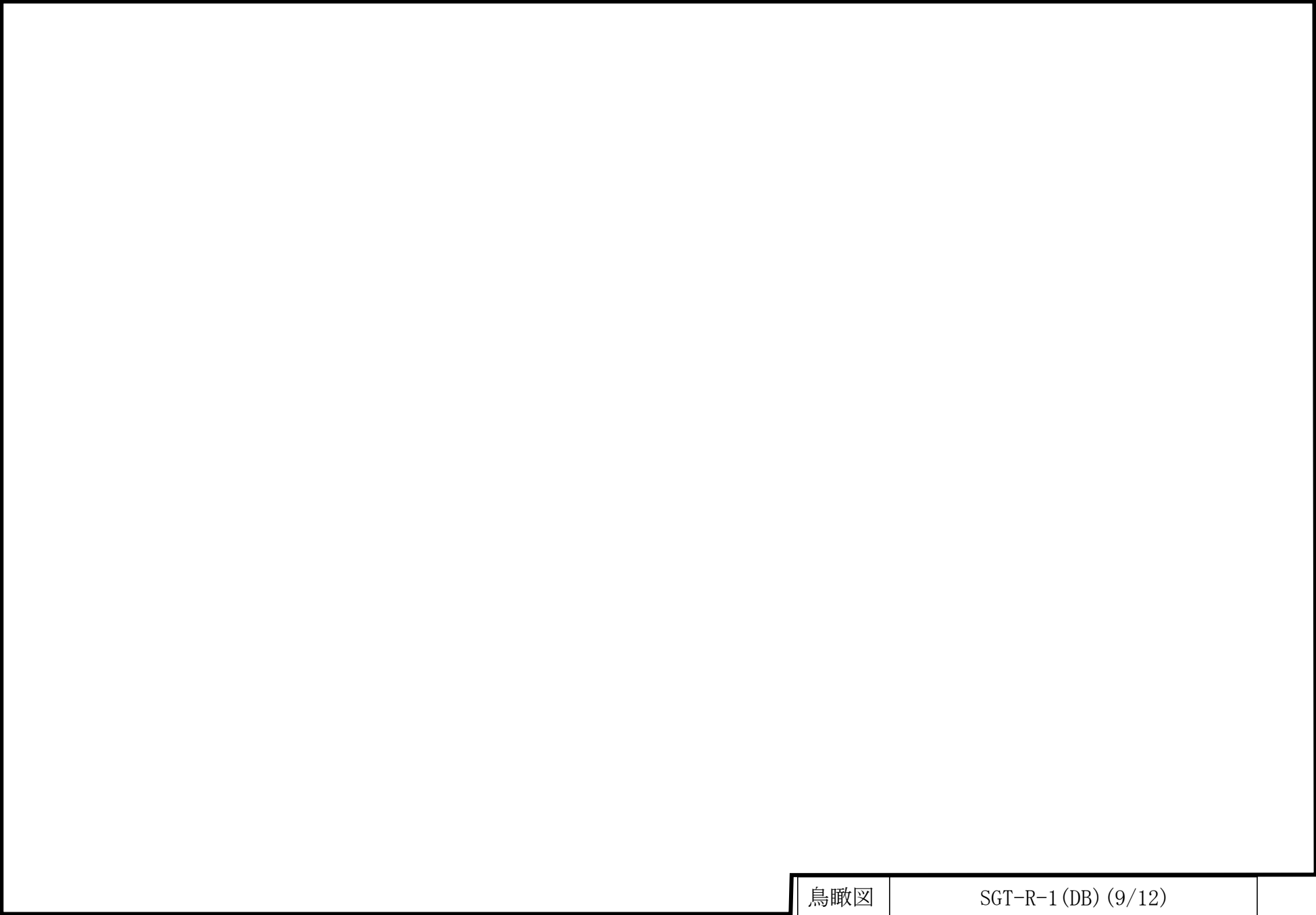
SGT-R-1 (DB) (4/12)

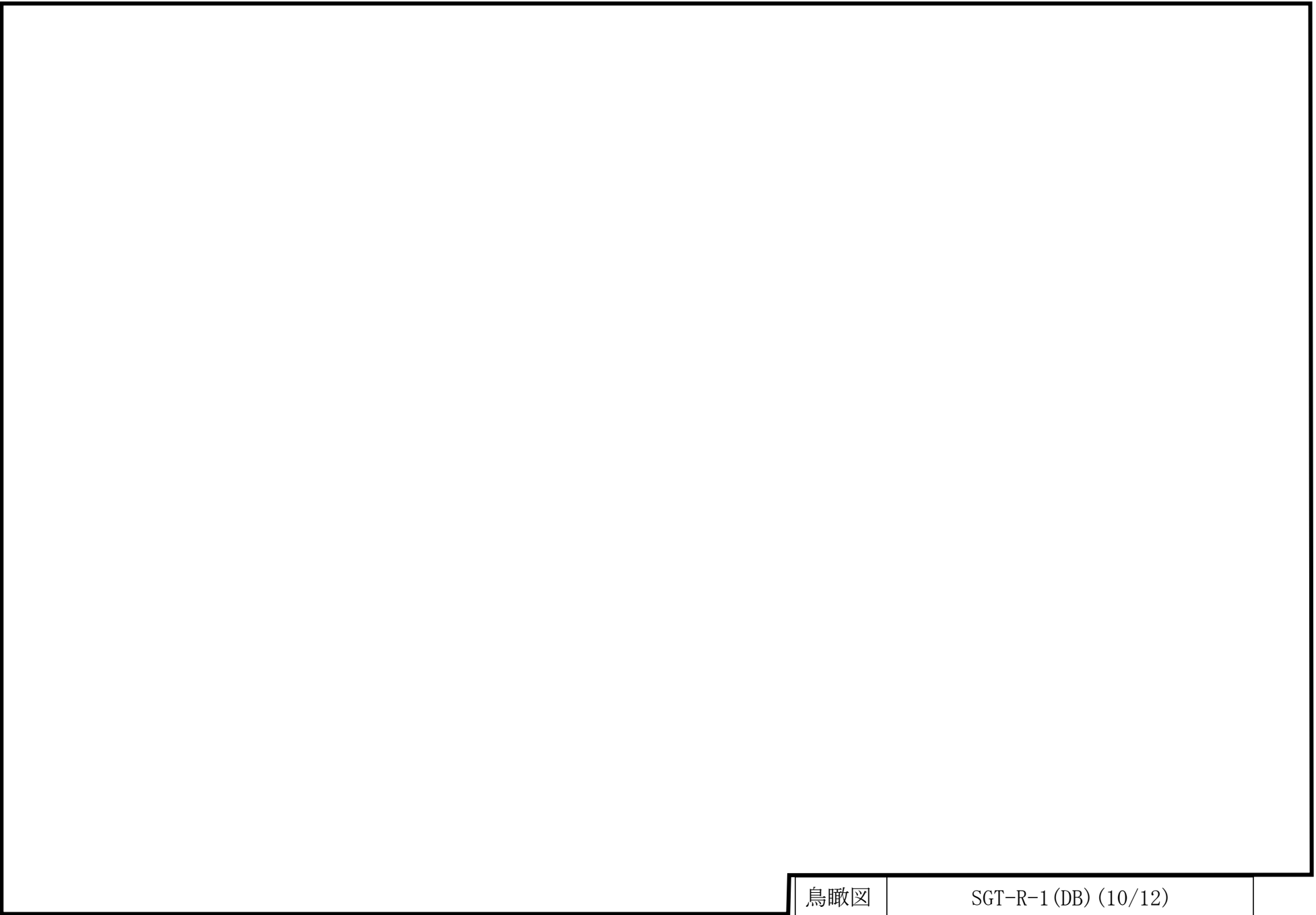


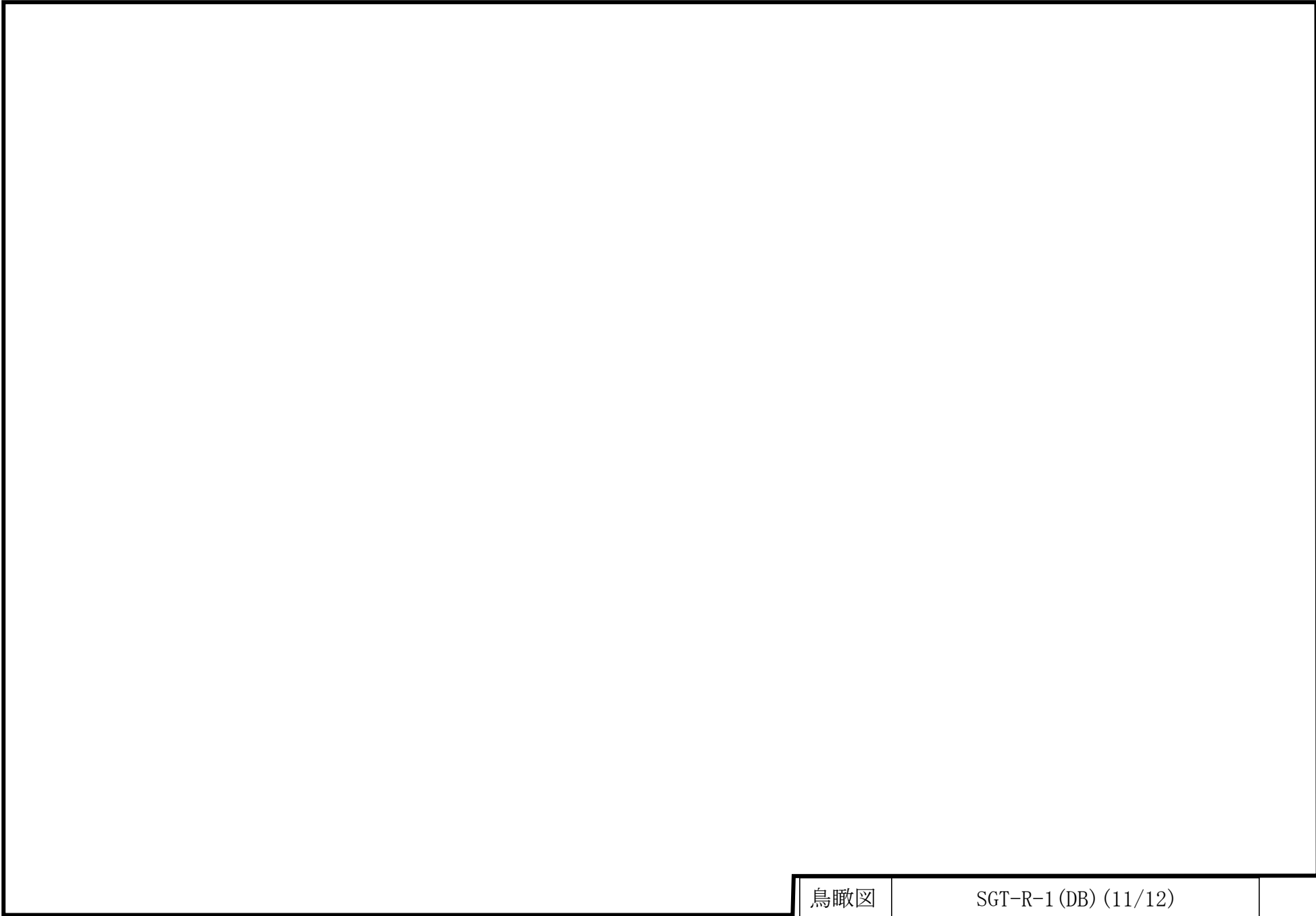


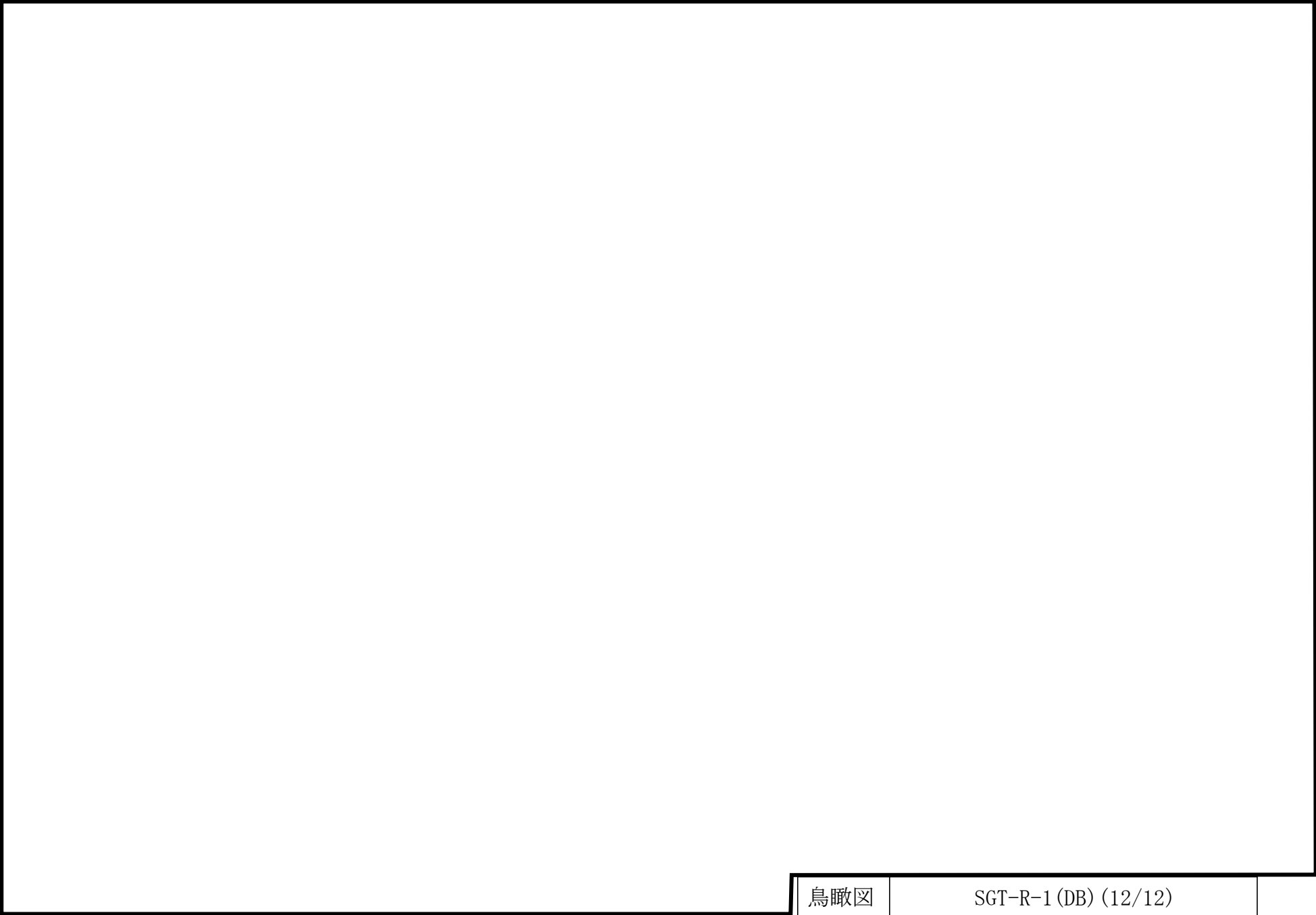












鳥瞰図

SGT-R-1 (DB) (12/12)

3. 計算条件

3.1 計算条件

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 SGT-R-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	108~1082	0.427	171	406.4	9.5	STPT410

配管の付加質量

鳥 瞰 図 SGT-R-1

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	108～1082

3.2 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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	171	—	—	—	103

4. 評価結果

下表に示すごとく最大応力はすべて許容応力以下である。

クラス 2 管

設計・建設規格 PPC-3500の規定に基づく評価

鳥瞰図	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)	
				計算応力 $S_{pr m(1)}^{*1}$ $S_{pr m(2)}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$	計算応力 $S_n(a)^{*3}$ $S_n(b)^{*4}$	許容応力 $S_a(c)^{*5}$ $S_a(d)^{*6}$
SGT-R-1	(A, B)	1081	$S_{pr m(1)}^{*1}$	77	154	—	—
SGT-R-1	(A, B)	1081	$S_n(a)^{*3}$	—	—	52	257
SGT-R-1	(A, B)	1081	$S_{pr m(2)}^{*2}$	77	185	—	—
SGT-R-1	(A, B)	1081	$S_n(b)^{*4}$	—	—	53	278

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

*3：設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4：設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*5：設計・建設規格 PPC-3530(1)c.に基づき計算した許容応力を示す。

*6：設計・建設規格 PPC-3530(1)d.に基づき計算した許容応力を示す。

5. 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、応力分類ごと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管)

No.	配管モデル	設計条件									
		一次応力 ($S_{pr m(1)}$)*1					一次応力 ($S_{pr m(2)}$)*2				
		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
1	SGT-R-1	1081	77	154	2.00	○	1081	77	185	2.40	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

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、応力分類ごと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管)

No.	配管モデル	供用状態A, B									
		一次+二次応力($S_n(a)$)*1					一次+二次応力($S_n(b)$)*2				
		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
1	SGT-R-1	1081	52	257	4.94	○	1081	53	278	5.24	○

注記*1：設計・建設規格 PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次+二次応力を示す。

VI-3-3-8 その他発電用原子炉の附属施設の強度に関する説明書

VI-3-3-8-1 非常用電源設備の強度に関する説明書

VI-3-3-8-1-1 非常用発電装置の強度計算書

VI-3-3-8-1-1-4 可搬式窒素供給装置用発電設備の強度計算書

VI-3-3-8-1-1-4-1 冷却水ポンプの強度計算書

(可搬式窒素供給装置用発電設備)

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（非常用発電装置（可搬型））（冷却水ポンプ）

I. 非常用発電装置（可搬型）の使用目的及び使用環境，使用条件

種類	使用目的及び使用環境	容量 (kVA/個)
非常用発電装置 （可搬型）	窒素供給装置専用の非常用発電装置 （可搬型）である。使用環境として、 屋外で使用する。	220

II. メーカー規格及び基準に規定されている事項（メーカー仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	容量 (kVA/個)	メーカー許容値 (°C)	規格及び基準に基づく試験
内燃機関：いすゞ BH-6UZ1X 発電機：DCA-220LSI	災害時等に使用する発電機として、 定格出力以内に必要な負荷に対し電力 を供給するために使用される。使用 環境として、屋外で使用するこ とを想定している。	220	潤滑油温度：120 冷却水温度：105 排気温度：500	温度試験にて、定格負荷状態にお ける機械の各部の温度上昇がメー カ許容値以下であることを確認。

III. 確認項目

(a) : 規格及び基準が妥当であることの確認（IとIIの使用目的及び使用環境の比較）

可搬式窒素供給装置用発電設備は、重大事故等時に屋外で非常用発電装置（可搬型）として使用される。一方、本メーカー規格及び基準は、災害時等に発電機として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり、屋外で使用することを想定している。重大事故等時における可搬式窒素供給装置用発電設備の使用目的及び使用環境は、本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-3) : 使用条件に対する強度の確認（IIとJEM-1398に規定される温度試験との比較，IとIIの使用条件の比較）

可搬式窒素供給装置用発電設備は、JEM-1398（ディーゼルエンジン駆動可搬形交流発電装置—温度試験）で規定されている温度試験を実施し、定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカー許容値以下であることを試験成績書等により確認できる。メーカー許容値は、メーカーにて実績等により十分に検証された可搬式窒素供給装置用発電設備各部の機能が保証される温度上昇限度である。

可搬式窒素供給装置用発電設備の容量は、メーカー仕様で定める容量（220kVA/個）の範囲内である。

IV. 評価結果

上記の可搬式窒素供給装置用発電設備は、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、内燃機関、燃料タンク及び冷却水ポンプを含めた一体構造品の完成品として、重大事故等時における所要負荷において十分な強度を有している。

VI-3-3-8-3 補機駆動用燃料設備の強度に関する説明書

VI-3-3-8-3-1 燃料設備の強度についての計算書

VI-3-3-8-3-1-3 大型送水ポンプ車付燃料タンクの強度計算書
(原子炉補機代替冷却系)

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカー規格及び基準）
(大型送水ポンプ車付燃料タンク)

大型送水ポンプ車付燃料タンクは、大型送水ポンプ車の附属機器であり、一体構造品の完成品として一般産業品の規格及び基準により強度評価を実施している。VI-3-3-3-6-3-3「大型送水ポンプ車の強度計算書（原子炉補機代替冷却系）」に示すとおり、大型送水ポンプ車付燃料タンクは、一般産業品としてメーカー規格及び基準に適合し、重大事故等時における使用条件において要求される強度を有している。

VI-3-別添 1 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 1-13 波及的影響を及ぼす可能性がある施設の強度計算書

VI-3-別添 1-13-5 復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	4
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格・基準等	7
3. 強度評価方法	8
3.1 評価対象部位	8
3.2 荷重及び荷重の組合せ	8
3.2.1 荷重の設定	8
3.2.2 荷重の組合せ	11
3.3 許容限界	12
3.4 評価方法	13
4. 評価条件	14
5. 強度評価結果	15

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、波及的影響を及ぼす可能性がある施設である復水貯蔵タンク遮蔽壁が、設計竜巻荷重及びその他考慮すべき荷重に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、竜巻より防護すべき施設の安全機能を損なわないように、竜巻より防護すべき施設を内包するB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽に対して、機械的な波及的影響を及ぼさないことを確認するものである。

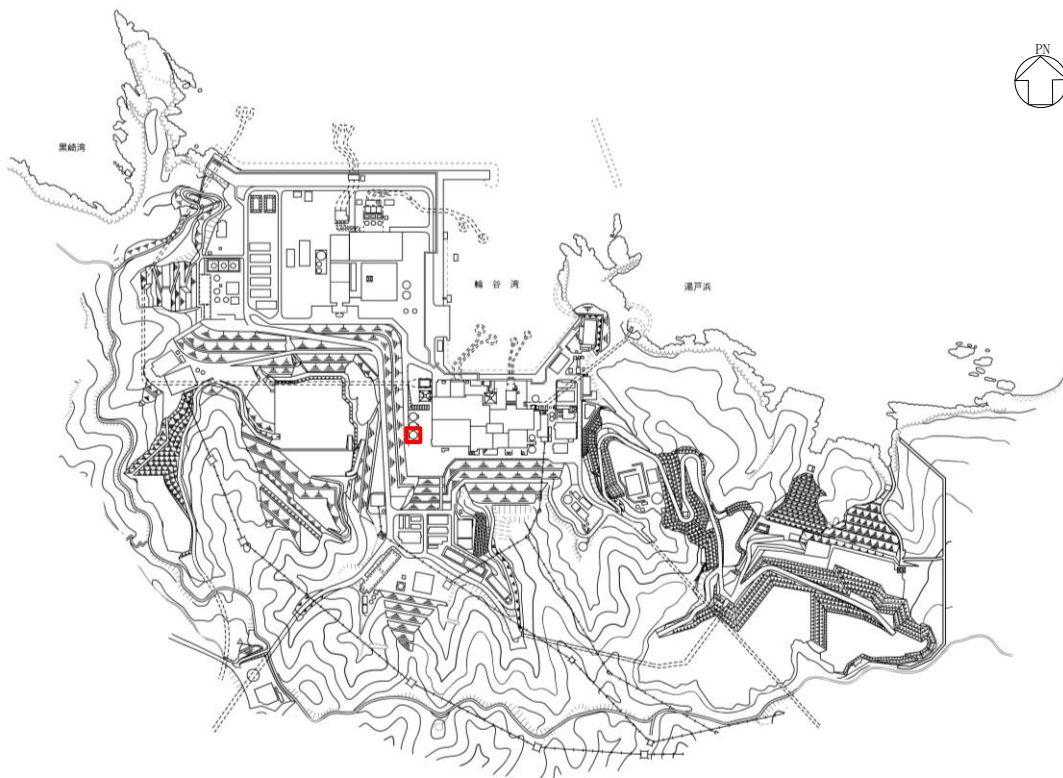
2. 基本方針

VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえ、復水貯蔵タンク遮蔽壁の「2.1 位置」, 「2.2 構造概要」, 「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格・基準等」を示す。

2.1 位置

復水貯蔵タンク遮蔽壁は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、屋外に設置する。

復水貯蔵タンク遮蔽壁の設置位置を図 2-1 に示す。



□ 復水貯蔵タンク遮蔽壁

図 2-1(1) 復水貯蔵タンク遮蔽壁の配置図

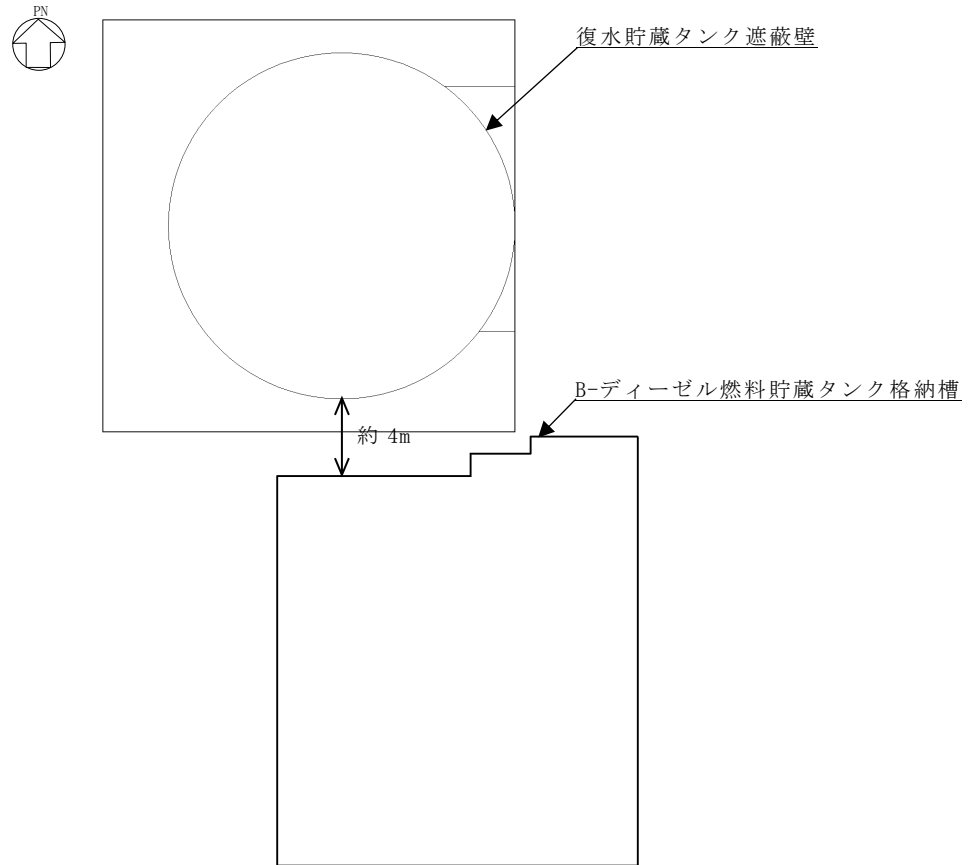


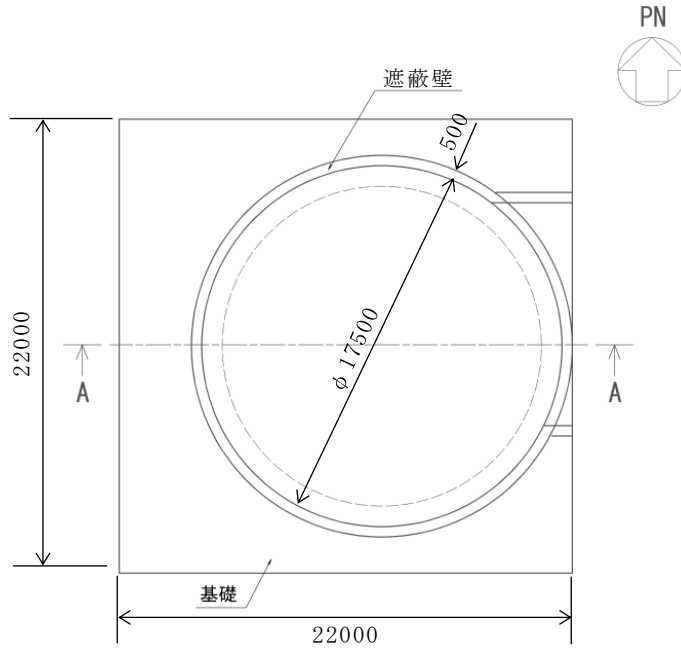
図 2-1(2) 復水貯蔵タンク 遮蔽壁の配置図 (詳細図)

2.2 構造概要

復水貯蔵タンク遮蔽壁は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画とする。

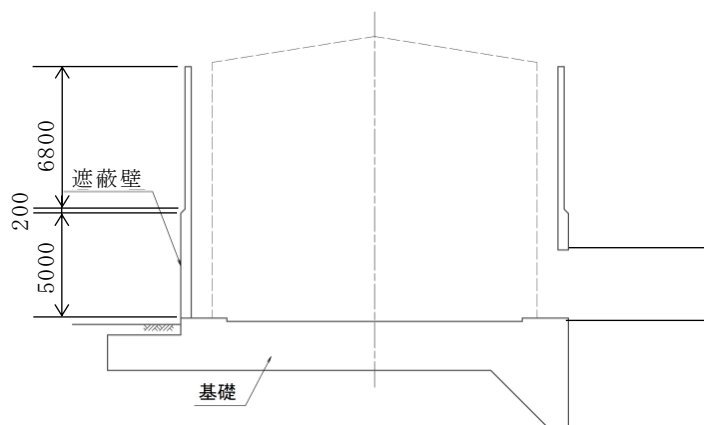
復水貯蔵タンク遮蔽壁は、鉄筋コンクリート造であり、荷重は遮蔽壁に作用し、基礎へ伝達する構造である。

復水貯蔵タンク遮蔽壁の概要図を図 2-2 に示す。



(単位：mm)

図 2-2(1) 復水貯蔵タンク遮蔽壁の概要図(平面図)



(単位：mm)

図 2-2(2) 復水貯蔵タンク遮蔽壁の概要図(A-A断面図)

2.3 評価方針

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」を踏まえ、復水貯蔵タンク遮蔽壁が竜巻より防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、設計竜巻荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。

復水貯蔵タンク遮蔽壁は、その構造躯体である遮蔽壁を評価対象部位とする。具体的には、復水貯蔵タンク遮蔽壁の構造強度評価については、復水貯蔵タンク遮蔽壁の構造を踏まえ、設計荷重が復水貯蔵タンク遮蔽壁に作用した場合に、遮蔽壁に作用する応力が「3.3 許容限界」に示す許容値を下回ることを確認する。

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価フローを図 2-3 に示す。

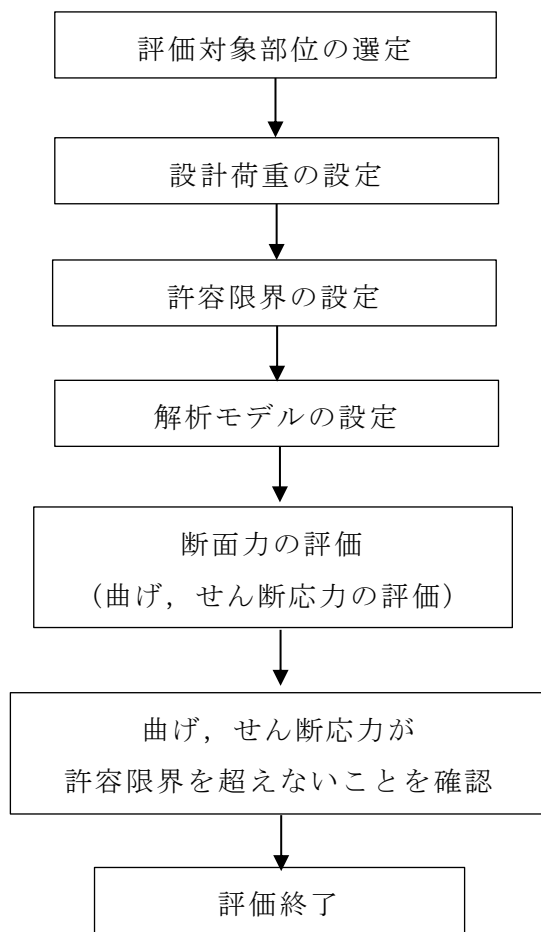


図 2-3 強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価に用いる規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ コンクリート標準示方書 構造性能照査編（土木学会，2002年制定）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005年制定）
- ・ 建築物荷重指針・同解説（（社）日本建築学会，2004年改定）

3. 強度評価方法

3.1 評価対象部位

復水貯蔵タンク遮蔽壁の評価対象部位は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示す評価基準を踏まえ遮蔽壁とする。

また、「2.3 評価方針」に示したとおり、遮蔽壁は設計飛来物の衝突を考慮することから、衝突位置は、健全時において風圧力（「3.2 荷重及び荷重の組合せ」で示す設計竜巻による荷重 W_w ）を作用させた際に、復水貯蔵タンク遮蔽壁全体のせん断力及び曲げモーメントが最大となる遮蔽壁頂部とする。

3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」を踏まえて設定する。

3.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下の荷重を用いる。荷重の算定に用いる竜巻の特性値を表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の算定に用いる竜巻の特性値

最大風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線 風速 V_{Rm} (m/s)	最大気圧 低下量 ΔP_{max} (N/m ²)
92	14	78	7500

(1) 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、遮蔽壁及び基礎自重の他に、付属設備の重量を考慮する。

(2) 風圧力による荷重 (W_w)

風圧力による荷重は、「建築基準法・同施行令」及び「建築物荷重指針・同解説」((社) 日本建築学会, 2004年改定) に準拠して、次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、 $q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_D^2$

W_w : 風圧力による荷重 (N)

q : 設計用速度圧 (N/m²)

G : ガスト影響係数

C : 風力係数

A : 遮蔽壁の見付面積 (m²)

ρ : 空気密度 (kg/m³)

V_D : 最大風速 (m/s)

風圧力による荷重 W_w が作用する方向は、竜巻より防護すべき施設を内包するB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽への倒壊を想定し、南向きとする。

ここで風力係数 C は、「平12建告第1454号」に基づき、遮蔽壁は煙突その他の円筒形の構造物として $C = 0.7 \cdot k_z$ ($k_z = 1.0$) とする。

(3) 設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)

設計飛来物による衝撃荷重は、力学における標準式により、次式のとおり算出する。

$$W_M = m \cdot V / \Delta t = m \cdot V^2 / L_1$$

ここで、

W_M : 設計飛来物による衝撃荷重 (N)

m : 設計飛来物質量 (kg)

V : 設計飛来物の衝突速度 (水平) (m/s)

Δt : 設計飛来物と被衝突体の接触時間 (s)

L_1 : 設計飛来物の最も短い辺の全長 (m)

表 3-2 に示す諸元の設計飛来物の衝突に伴う荷重とする。

なお、設計飛来物による衝撃荷重による荷重 W_M が作用する方向は、竜巻より防護すべき施設を内包する B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽への倒壊を想定し、南向きとする。

表 3-2 設計飛来物の諸元

設計飛来物	設計飛来物質量 m (kg)	設計飛来物の 衝突速度 (水平) V (m/s)	設計飛来物の 最も短い辺の全長 L_1 (m)
鋼製材	135	51	0.2

3.2.2 荷重の組合せ

設計竜巻による複合荷重 W_T (W_{T1} , W_{T2}) は, VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す式に従い, 算出する。

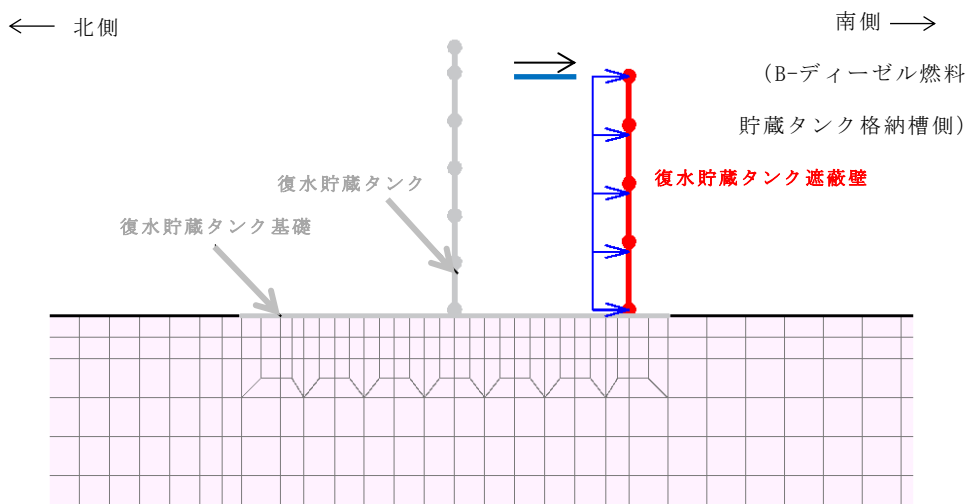
$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$$

なお, 復水貯蔵タンク遮蔽壁は大気中に開かれており, 復水貯蔵タンク遮蔽壁内外に気圧差が生じない構造であるため, 気圧差による荷重は考慮しない ($W_P = 0$)。したがって, 設計竜巻による複合荷重 W_T は $W_{T1} = 0$ となり, $W_{T2} = W_W + W_M$ とし, 南向きの荷重に対して, 常時作用する荷重 (F_d) を考慮した設計荷重を用いて検討を実施する。

また, 「3.1 評価対象部位」に示したとおり, 設計飛来物の衝突を考慮する箇所については, 遮蔽壁の頂部とし, 設計飛来物は南向きに衝突するものとする。

設計飛来物の衝突を考慮する箇所及び複合荷重の作用方向を図 3-2 に示す。



→: 風圧力による風荷重作用方向 →: 設計飛来物 (鋼製材)

→: 設計飛来物の衝突方向

図 3-2 設計飛来物の衝突を考慮する箇所及び複合荷重の作用方向

3.3 許容限界

許容限界は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえて、「3.1 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の機能損傷モードを考慮して設定する。

遮蔽壁は、構造強度を確保するための十分な余裕を持った許容限界として「コンクリート標準示方書 構造性能照査編（土木学会，2002年制定）」に基づく設計断面耐力を許容限界とし，2次元FEMモデルによる評価において，評価対象部位の発生応力が許容限界を超えないことを確認する。遮蔽壁における許容限界を表3-4～表3-6のとおり設定する。

表 3-4 遮蔽壁の評価における許容限界

機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界（評価基準値）
B-ディーゼル燃料貯蔵タンクに波及的影響を及ぼさない	復水貯蔵タンク遮蔽壁	曲げ，せん断応力が構造物全体としての構造強度を確認のための許容限界を超えないことを確認	「コンクリート標準示方書(2002)」に基づく短期許容応力度以下とする。

表 3-5 遮蔽壁の評価における許容限界（コンクリート）

設計基準強度 F _c	許容曲げ圧縮応力度 (N/mm ²)	許容せん断圧縮応力度 (N/mm ²)
23.5	13.2	0.66

表 3-6 遮蔽壁の評価における許容限界（鉄筋）

種別	短期許容引張応力度
SD345	294

3.4 評価方法

復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度評価は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」を踏まえて、2次元FEMモデルでモデル化し静的解析を実施する。

静的解析には、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.04」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

復水貯蔵タンク遮蔽壁は線形はり要素でモデル化する。復水貯蔵タンク遮蔽壁の静的解析モデルを図3-3に示す。なお、評価用モデルについては、VI-2-11-2-12「復水貯蔵タンク遮蔽壁の耐震性についての計算書」に示す解析モデルを用いる。

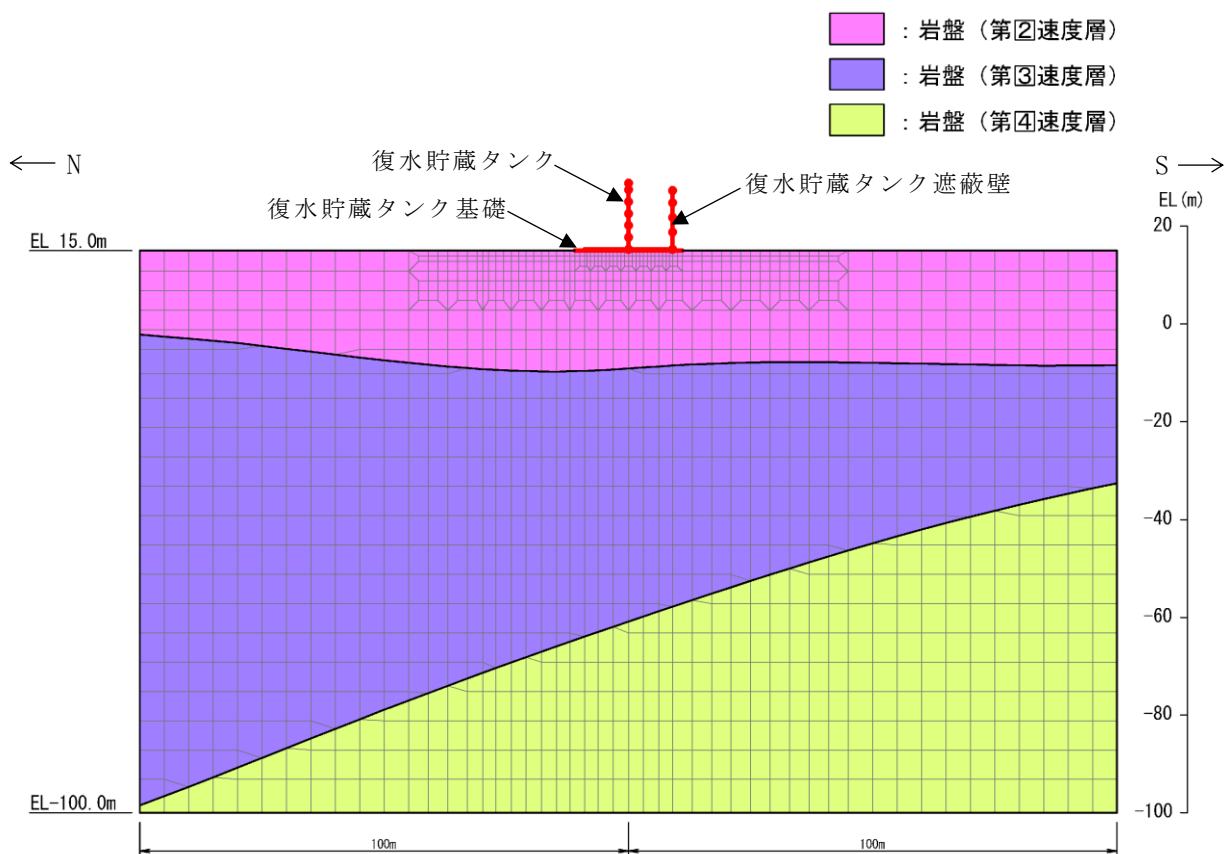


図3-3 復水貯蔵タンク遮蔽壁の解析モデル(N S 方向)

4. 評価条件

(1) 使用材料及び風圧力の算定

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件として、評価対象部位の材料定数を表 4-1 に、風圧力による荷重 W_w の算出に必要な条件を表 4-2 に、設計荷重を表 4-3 に示す。

表 4-1 評価対象部位の材料定数（遮蔽壁）

設計基準強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数
23.5	2.48×10^7	0.2	0.05

表 4-2 風圧力による荷重 W_w の算出に必要な条件

最大風速 V_D (m/s)	空気密度 ρ (kg/m ³)	ガスト影響係数 G	構造物の高さ H (m)	設計用速度圧 q (N/m ²)
92	1.226	1.0	12.0	5188

表 4-3 設計荷重

記号	定義	数値	単位
F_d	常時作用する荷重	固定荷重*	24.000 kN/m ³
		積雪荷重	0.700 kN/m ²
W_w	風圧力による荷重	3.632 kN/m ²	
W_M	設計飛来物による衝撃荷重	95.135 kN/m	

注記*：固定荷重は遮蔽壁躯体の単位体積重量を示す。

5. 強度評価結果

「3.4 評価方法」に基づいた復水貯蔵タンク遮蔽壁の評価結果を表 5-1 に示す。
 遮蔽壁について、許容値を満足していることを確認した。

表 5-1 評価結果

評価対象部位	評価項目		発生応力 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)
遮蔽壁	曲げ	コンクリートの 曲げ圧縮応力度	0.5	13.2
		鉄筋の 曲げ引張応力度	1.0	294
	せん断応力度		0.34	0.66

VI-3-別添 2 火山への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 2-2 防護対策施設の強度計算の方針

防護対策施設の強度計算の方針は、以下の資料により構成されている。

VI-3-別添 2-2-1 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針

VI-3-別添 2-2-2 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針

VI-3-別添 2-2-1 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の
強度計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	1
3. 構造強度設計	2
3.1 構造強度の設計方針	2
3.2 機能維持の方針	2
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	5
4.1 荷重及び荷重の組合せ	5
4.2 許容限界	9
5. 強度評価条件及び強度評価方法	11
5.1 強度評価条件	11
5.2 強度評価対象部位	12
5.3 強度評価方法	13
6. 適用規格・基準等	17

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第7条及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に適合し、技術基準規則第54条及びその解釈に規定される「重大事故等対処設備」を踏まえた重大事故等対処設備に配慮する設計とするため、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」（以下「VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」」という。）の「4.1 構造物への荷重を考慮する施設」で設定している取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備が、降下火砕物に対して構造健全性を維持することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

強度評価は、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」（以下「VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」」という。）に示す適用規格を用いて実施する。

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-3-別添 2-11「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算書」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す降下火砕物による荷重と組み合わせべき他の荷重による組合せ荷重により発生する応力等が、「4.2 許容限界」で示す許容限界を超えないことを、「5. 強度評価条件及び強度評価方法」で示す評価方法及び考え方を使用し、「6. 適用規格・基準等」で示す適用規格を用いて確認する。

2.1 評価対象施設

本資料における評価対象施設は、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造物への荷重を考慮する施設のうち、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備を強度評価の対象施設とする。

3. 構造強度設計

VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」で設定している降下火砕物特性に対し、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している構造物への荷重を考慮する施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するように、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「5. 機能設計」で設定している取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

また、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の構造強度を保持するよう機能維持の方針を設定する。

3.1 構造強度の設計方針

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備は、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、主要な構造部材が十分な強度を有する構造とし、十分な支持性能を有する取水槽により支持する構造とする。降下火砕物及び積雪（以下「降下火砕物等」という。）による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物の降灰から 30 日を目途に降下火砕物を適切に除去すること、また、降灰時には除雪も併せて実施することを保安規定に定める。

3.2 機能維持の方針

VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえ、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定している荷重条件を適切に考慮して、構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

(1) 構造設計

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備は、取水槽循環水ポンプエリアに降下火砕物が堆積することを防止する鋼板、鋼板を支持する架構及び架構をコンクリートに固定するアンカーボルトから構成される。

想定する降下火砕物等の堆積による鉛直荷重に対しては、降下火砕物等が堆積する鋼板に作用し、架構に伝達する構造とする。

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の設置位置を図 3-1 に、構造計画を表 3-1 に示す。

(2) 評価方針

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の評価方針とする。

想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備を構成する鋼板、架構及びアンカーボルトが、「4.2 許容限界」で示す許容限界を超えないことを確認する。

降下火砕物等を考慮した荷重に対する強度評価を、VI-3-別添 2-11「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算書」に示す。

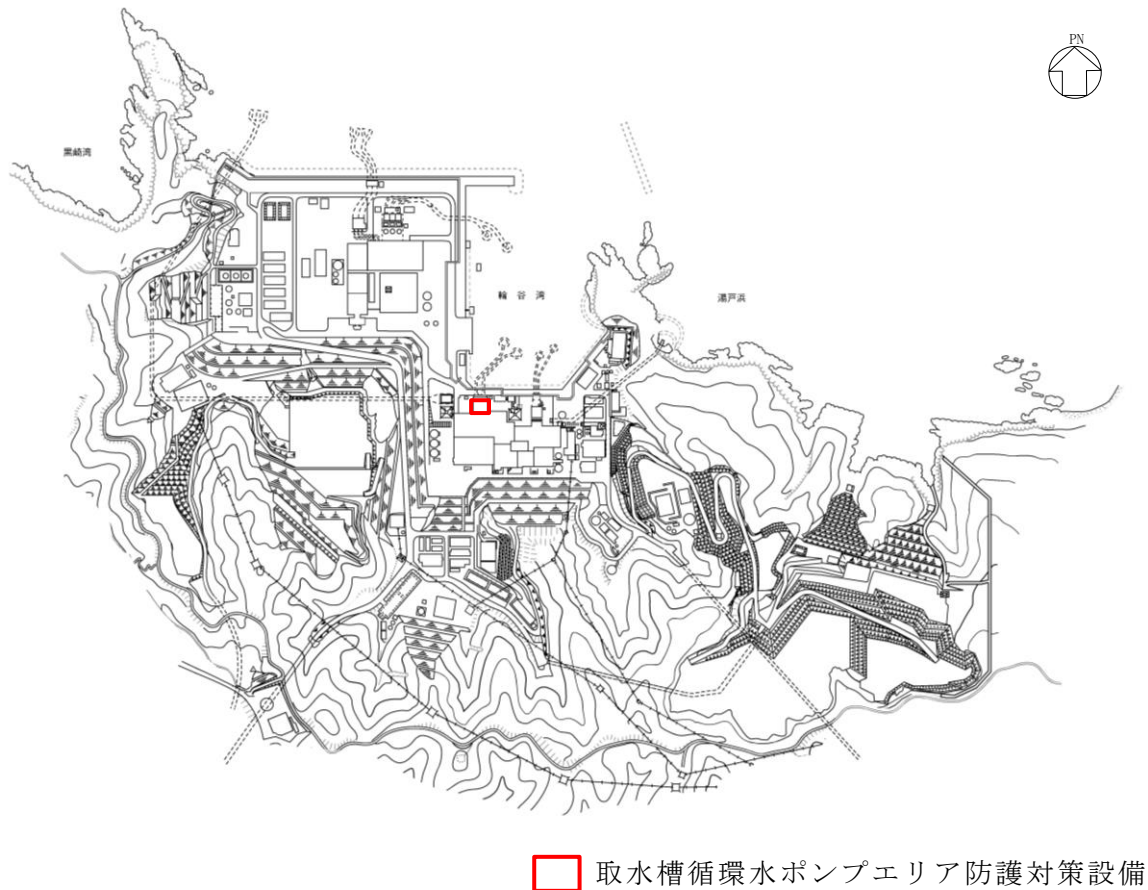


図 3-1 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の設置位置

表 3-1 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の構造計画

計画の概要		説明図
主体構造	支持構造	
<p>鋼板, 架構及びアンカーボルトにより構成する。</p>	<p>取水槽にアンカーボルトで固定する。</p>	<p>取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備 平面図 (単位: mm)</p> <p>取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備 A-A 断面図 (単位: mm)</p> <p>取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備 B-B 断面図 (単位: mm)</p>

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

強度評価に用いる荷重の種類，荷重の組合せ及び荷重の算定方法を「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に，許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重及び荷重の組合せ

強度評価にて考慮する荷重及び荷重の組合せは，VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」を踏まえ，以下のとおり設定する。

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は，VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2)a. 荷重の種類」で設定している常時作用する荷重に従って，持続的に生じる荷重である固定荷重及び積載荷重とする。積載荷重は，除灰時の人員荷重 981N/m^2 を含む。

b. 降下火砕物による荷重 (F_a)

降下火砕物による荷重は，VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」（以下「VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」」という。）の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って，主荷重として扱うこととし，VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.2 設計に用いる降下火砕物特性」に示す降下火砕物の特性及び「2.1.3(2)a. 荷重の種類」に示す降下火砕物による荷重を踏まえて，湿潤密度 1.5g/cm^3 の降下火砕物が 56cm 堆積した場合の荷重として堆積量 1cm ごとに 147.1N/m^2 の降下火砕物による荷重が作用することを考慮し設定する。

c. 積雪荷重 (F_s)

積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って、従荷重として扱うこととし、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

d. 風荷重 (W)

風速は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」に示す組み合わせる風速を踏まえて、建築基準法施行令に基づく平成12年建設省告示第1454号に定められた松江市の基準風速である30m/sとする。風荷重については、施設の形状により風力係数等が異なるため、施設ごとに設定する。

(2) 荷重の組合せ

a. 降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風荷重の組合せ

降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風荷重については、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」を踏まえて、それらの組合せを考慮し、自然現象の荷重として扱う。自然現象の荷重は短期荷重として扱う。

b. 荷重の組合せ

荷重の組合せについては、自然現象の荷重及び常時作用する荷重を組み合わせる。

上記を踏まえ、強度評価における荷重の組合せの設定については、施設の設置状況及び構造を考慮し設定する。取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備における荷重の組合せを表4-1に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

	荷重 ^{*1}				
	常時作用する荷重 (F _d)		主荷重	従荷重	
	固定荷重	積載荷重 ^{*2}	降下火砕物による荷重 (F _a)	積雪荷重 (F _s)	風荷重 (W)
考慮する荷重の組合せ	○	○	○	○	—

注記*1 : ○は考慮する荷重を示す。なお、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備は、近傍に2号タービン建物及び取水槽海水ポンプエリア防水壁が設置されていること、風荷重を受ける部材の受圧面積が小さいことから、風荷重の組合せを考慮しない。

*2 : 積載荷重は、除灰時の人員荷重 981N/m²を含む。

(3) 荷重の算定方法

降下火砕物による荷重及び積雪荷重の算出式及び算出方法を以下に示す。

a. 記号の定義

荷重の算出に用いる記号を表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
F_a	N/m^2	湿潤状態の降下火砕物による荷重
F_s	N/m^2	従荷重として組み合わせる積雪荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重
f'_s	$N/(m^2 \cdot cm)$	建築基準法施行令に基づき設定する積雪の単位荷重
g	m/s^2	重力加速度
H	m	全高
H_a	cm	降下火砕物の層厚
H_s	cm	組合せ荷重として考慮する積雪深
ρ	kg/m^3	降下火砕物の湿潤密度
P_1	N/m^2	除灰時の人員荷重

b. 降下火砕物による荷重及び積雪荷重

湿潤状態の降下火砕物による荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_a = \rho \cdot g \cdot H_a \cdot 10^{-2}$$

積雪荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_s = f'_s \cdot H_s$$

湿潤状態の降下火砕物に積雪を踏まえた鉛直荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_v' = F_a + F_s$$

表 4-3 に入力条件を示す。

表 4-3 入力条件

ρ (kg/m ³)	g (m/s ²)	H_a (cm)	f'_s (N/ (m ² · cm))	H_s (cm)
1500	9.80665	56	20	35

以上を踏まえ、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重は、8938N/m²とする。

また、「建築構造設計規準の資料（国土交通省 平成 30 年版）」における「屋上（通常人が使用しない場合）」の床版計算用積載荷重を参考として、除灰時の人員荷重は、981N/m²とする。

4.2 許容限界

許容限界は、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを踏まえた許容限界を表 4-4 に示す。

構造強度評価においては、降下火砕物及び積雪を考慮した荷重に対し、評価対象部位ごとに求められる機能が担保できる許容限界を設定する。

(1) 鋼板、架構及びアンカーボルト

構造強度評価においては、降下火砕物の堆積による荷重及び積雪荷重に対し、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備を構成する鋼板、架構及びアンカーボルトが、許容限界を超えないことを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、鋼板及び架構に対しては、「鋼構造設計規準 - 許容応力設計法 - ((社) 日本建築学会, 2005 年改定)」に基づき算出した許容荷重を許容限界として設定する。アンカーボルトに対しては、「各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会 2010 年改訂)」に基づき算出した許容荷重を許容限界として設定する。

表 4-4 許容限界

機能設計上の性能目標	評価対象部位	応力等の状態	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
構造強度を有すること	鋼板	曲げ, せん断	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	鋼構造設計規準 - 許容応力設計法に基づく短期許容応力度
	架構	曲げ, せん断		
	アンカーボルト	引張		各種合成構造設計指針・同解説に基づく短期許容荷重

5. 強度評価条件及び強度評価方法

評価手法は、以下に示すとおり、適用性に留意の上、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

・定式化された評価式を用いた解析法

具体的な評価においては、「鋼構造設計基準 - 許容応力設計法 - （（社）日本建築学会，2005 年改定）」及び「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年改定）」を準用する。

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重が作用する場合に強度評価を行う施設の強度評価方法として、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価方法を以下に示す。

5.1 強度評価条件

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (1) 鉛直荷重によって一様な応力が発生する取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の鋼板及び架構は、機械工学便覧の計算方法を準用して評価を行う。
- (2) アンカーボルトに考慮する荷重は、積載荷重による圧縮力及び架構端部で発生した曲げモーメントによる引張力を考慮し、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年改定）」に基づき評価を行う。
- (3) 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重については、鋼板の水平投影面積に対し降下火砕物等の層厚より上載質量を算出し入力荷重として設定する。

5.2 強度評価対象部位

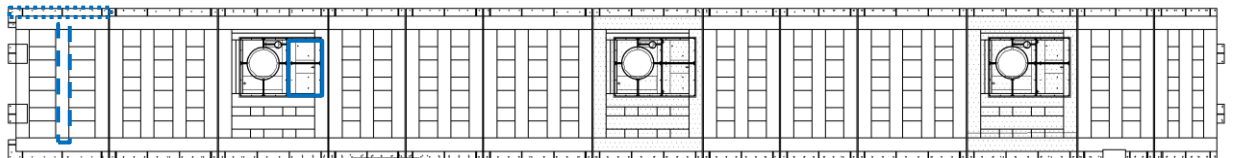
強度評価内容を表 5-1 に、評価対象部位を図 5-1 に示す。

なお、降下火砕物等の堆積を考慮する場合、鋼板及び架構の支持間隔が長いほど、発生する応力が大きくなる。このため、鋼板及び架構の支持間隔が最長となる箇所を、評価対象部位として選定する。また、アンカーボルトについては、評価対象の箇所とした架構で発生した応力が伝達される箇所を、評価対象として選定する。

降下火砕物等の堆積を考慮する範囲は、鋼板については、評価対象として選定した箇所と同様の範囲とする。また、架構については、評価対象として選定したものの上部の鋼板のうち、当該架構が荷重を分担する範囲とする。

表 5-1 強度評価内容

施設名称	評価対象部位	応力等の状態
取水槽循環水ポンプ エリア防護対策設備	鋼板	曲げ，せん断
	架構	曲げ，せん断
	アンカーボルト	引張



- : 評価対象部位（鋼板）
- : 評価対象部位（架構）
- : 評価対象部位（アンカーボルト）

図 5-1 評価対象部位

5.3 強度評価方法

(1) 記号の定義

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価に用いる記号を表 5-2 に示す。

表 5-2 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
a	mm	鋼板の短辺
a ₂	mm	架構が荷重を分担する鋼板の短辺
A	mm ²	鋼板の断面積
A _z	mm ²	架構の強軸方向のせん断断面積
b	mm	鋼板の長辺
b ₂	mm	架構の幅
T _a	N	アンカーボルトに生じる引張力
h	mm	鋼板の厚さ
L	mm	アンカーボルト間の距離
L ₂	mm	架構の長さ
M	N・mm	鋼板に作用する弱軸まわりの曲げモーメント
M ₂	N・mm	架構に作用する強軸まわりの曲げモーメント(単純支持梁(ピン結合)とした場合)
M ₃	N・mm	架構に作用する強軸まわりの曲げモーメント(単純固定梁とした場合)
n _a	-	架構 1 本当たりのアンカーボルトの本数
n ₂	-	評価対象とする架構に対し直交する架構の本数
p	N/mm	鋼板に作用する等分布荷重
p ₂	N/mm	架構に作用する等分布荷重
p ₃	N/mm	架構の単位長さあたりの自重
ρ	N/mm ³	鋼板の密度
Q	N	鋼板に作用する弱軸まわりのせん断力
Q ₂	N	架構に作用する強軸まわりのせん断力
Z	mm ³	鋼板の弱軸まわりの断面係数
Z ₂	mm ³	架構の強軸まわりの断面係数
σ	MPa	鋼板に生じる曲げ応力
σ ₂	MPa	架構に生じる曲げ応力

表 5-2 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
τ	MPa	鋼板に生じるせん断応力
τ_2	MPa	架構に生じるせん断応力

(2) 評価対象部位及び応力評価モデル図

評価対象部位及び応力評価モデル図を図 5-2 及び図 5-3 に示す。

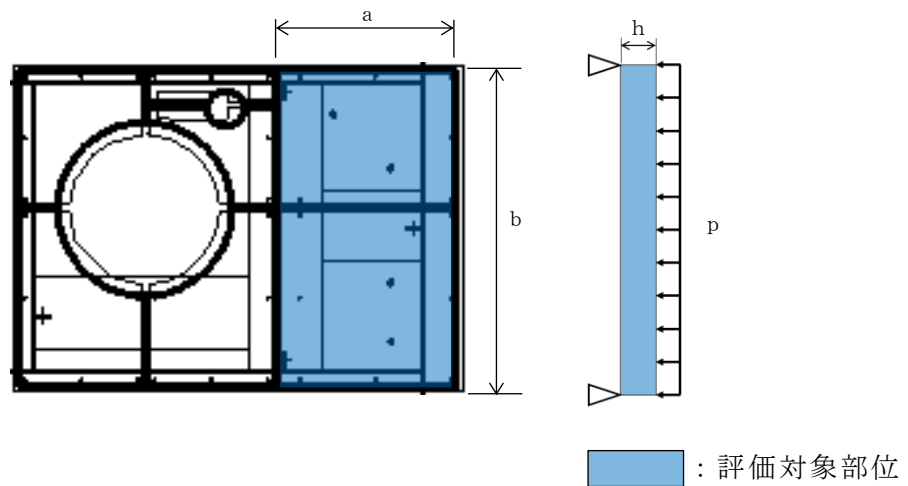


図 5-2 評価対象部位及び応力評価モデル図 (鋼板)

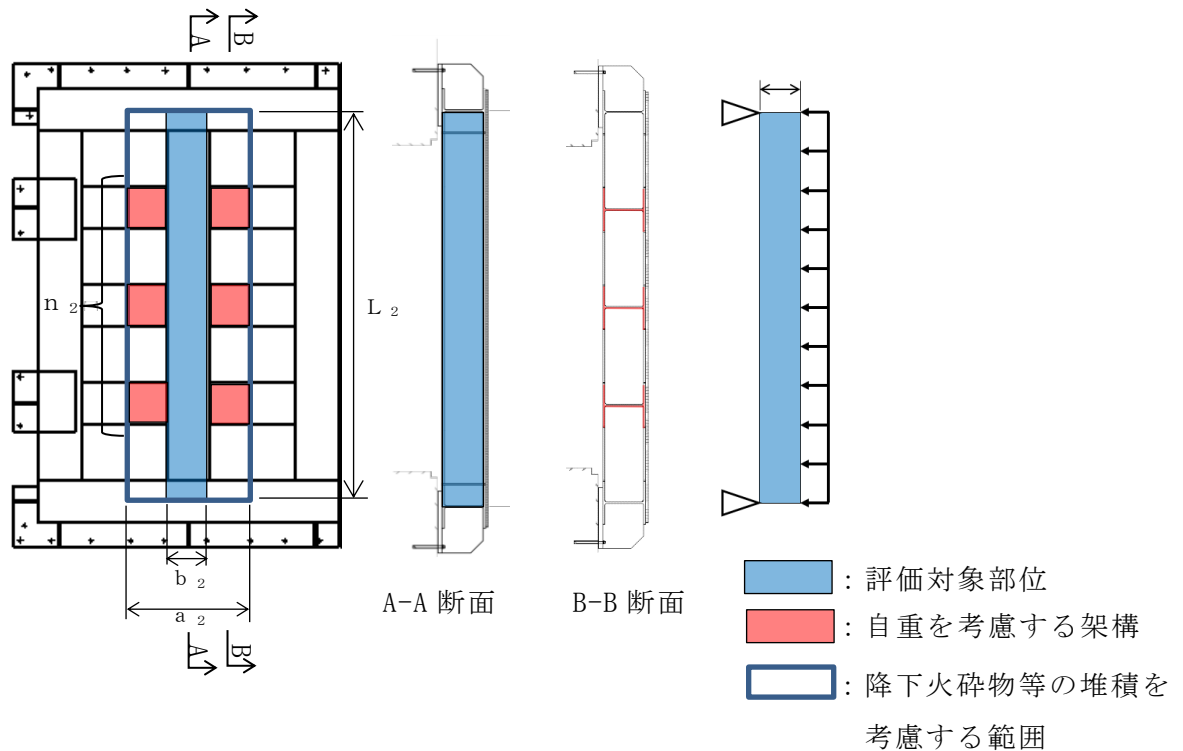


図 5-3 評価対象部位及び応力評価モデル図 (架構)

(3) 強度評価方法

a. 鋼板に生じる応力

鋼板の計算モデルは、単純支持梁（ピン結合）とする。

(a) 曲げ応力

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

ここで、

$$M = 1/8 \cdot p \cdot b^2$$

$$p = (F_v' + P_1) \cdot a + \rho \cdot a \cdot h$$

$$Z = 1/6 \cdot a \cdot h^2$$

(b) せん断応力

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

ここで、

$$Q = 1/2 \cdot p \cdot b$$

$$A = a \cdot h$$

b. 架構に生じる応力

架構の計算モデルは、単純支持梁（ピン結合）とする。

(a) 曲げ応力

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{Z_2}$$

ここで、

$$M_2 = 1/8 \cdot p_2 \cdot L_2^2$$

$$p_2 = (F_v' + P_1) \cdot a_2 + \rho \cdot a_2 \cdot h + p_3 + \frac{n_2 \cdot (a_2 - b_2) \cdot p_3}{L_2}$$

(b) せん断応力

$$\tau_2 = \frac{Q_2}{A_z}$$

ここで、

$$Q_2 = 1/2 \cdot p_2 \cdot L_2$$

c. アンカーボルトに生じる応力

(c) 引張力

$$T_a = \frac{p_2 \cdot L_2}{n_a} - \frac{M_3}{L \cdot n_a}$$

ここで,

$$M_3 = 1/12 \cdot p_2 \cdot L_2^2$$

6. 適用規格・基準等

VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」においては、降下火砕物の影響を考慮する施設の設計に係る適用規格を示している。

これらのうち、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価に用いる規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 松江市建築基準法施行細則（平成 17 年 3 月 31 日松江市規則第 234 号）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年改定）
- ・ 鋼構造設計規準 - 許容応力設計法 - （（社）日本建築学会，2005 年改定）
- ・ 新版機械工学便覧（（社）日本機械学会，1987 年）

VI-3-別添 2-2-2 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	1
3. 構造強度設計	2
3.1 構造強度の設計方針	2
3.2 機能維持の方針	2
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	4
4.1 荷重及び荷重の組合せ	4
4.2 許容限界	7
5. 強度評価方法	9
5.1 評価条件	9
5.2 評価対象部位	9
5.3 強度評価方法	10
6. 適用規格・基準等	13

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第7条及びその「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に適合し、技術基準規則第54条及びその解釈に規定される重大事故等対処設備に配慮する設計とするため、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4.1 構造物への荷重を考慮する施設」にて設定しているディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備が、降下火砕物に対して構造健全性を維持することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

強度評価は、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」に示す適用規格・基準等を用いて実施する。

降下火砕物の影響を考慮する施設のうち、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-3-別添 2-12「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算書」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す降下火砕物による荷重と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重により発生する応力が、「4.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを、「5. 強度評価方法」で示す評価方法及び考え方を使用し、「6. 適用規格・基準等」で示す適用規格・基準等を用いて確認する。

2.1 評価対象施設

本資料における評価対象施設は、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」に設定している構造物への荷重を考慮する施設のうち、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備を強度評価の対象施設とする。

3. 構造強度設計

VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」で設定している降下火砕物特性に対し、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している構造物への荷重を考慮する施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するように、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「5. 機能設計」で設定しているディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

また、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の構造強度を保持するように構造設計と評価方針を設定する。

3.1 構造強度の設計方針

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備は、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4.1(3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物及び積雪を考慮した荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

3.2 機能維持の方針

VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえ、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定している荷重条件を適切に考慮して、構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

(1) 構造設計

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備は、非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ（以下「燃料移送ポンプ」という。）を覆う形で設置し、燃料移送ポンプに降下火砕物が堆積することを防止する鋼製のカバー本体及び点検用開口蓋（以下「カバー」という。）、カバーを支持するサポート及びそれらを固定する取付ボルトで構成される。

想定する降下火砕物及び積雪（以下「降下火砕物等」という。）の堆積による鉛直荷重に対しては、降下火砕物等が堆積するカバーに作用し、カバー取付ボルト、サポート、サポート取付ボルト、基礎ボルトで固定されたポンプ台を介して基礎部に伝達する構造とする。

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の構造計画を表 3-1 に示す。

(2) 評価方針

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

想定する降下火砕物等を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備を構成するカバー、サポート及び取付ボルトが弾性域に留まらず、塑性域に入る状態とならないことを「5. 強度評価方法」に示すFEM解析及び計算により確認する。

降下火砕物による荷重及びその他の荷重に対する強度評価を、VI-3-別添2-12「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算書」に示す。

表 3-1 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備は、燃料移送ポンプエリアに設置する設計とする。</p>			
ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備	カバー、サポート及び取付ボルトで構成する。	基礎ボルトで固定されたポンプ台に、取付ボルトで固定する。	<p>(a) 上面図</p> <p>(b) 側面図 (A-A 断面)</p> <p>(c) 側面図 (B-B 断面)</p>

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

評価対象施設の強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せを「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重及び荷重の組合せ

強度評価にて考慮する荷重及び荷重の組合せは、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」を踏まえ、以下のとおり設定する。なお、風（台風）による荷重はディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の周囲に設置された燃料移送ポンプエリア竜巻防護対策設備により防護されることから考慮しない。

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.3(2)a. 荷重の種類」で設定している常時作用する荷重に従って、持続的に生じる荷重である自重とする。

b. 降下火砕物による荷重 (F_a)

降下火砕物による荷重は、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」の「2.1.2 設計に用いる降下火砕物特性」に示す降下火砕物の特性及び「2.1.3(2)a. 荷重の種類」に示す降下火砕物による荷重を踏まえて、湿潤密度 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ の降下火砕物が 56cm 堆積した場合の荷重として堆積量 1cm ごとに $147.1\text{N}/\text{m}^2$ の降下火砕物による荷重が作用することを考慮し設定する。

c. 積雪荷重 (F_s)

積雪深は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4. 組合せ」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、松江地方気象台での観測記録（1941年～2018年）により設定した設計基準積雪量 100cm に平均的な積雪荷重*を与えるための係数 0.35 を考慮し 35cm とする。積雪荷重については、建築基準法施行令第86条第2項により、積雪量 1cm ごとに $20\text{N}/\text{m}^2$ の積雪荷重が作用することを考慮し算出する。

注記 *：建築物の構造関係技術基準解説書

(2) 荷重の組合せ

a. 降下火砕物による荷重及び積雪荷重の組合せ

降下火砕物による荷重及び積雪荷重については、VI-1-1-3-4-1「火山への配慮

に関する基本方針」の「2.1.3(2)b. 荷重の組合せ」を踏まえて、それらの組合せを考慮し、自然現象の荷重として扱う。自然現象の荷重は短期荷重として扱う。

b. 荷重の組合せ

荷重の組合せについては、自然現象の荷重及び常時作用する荷重を組み合わせる。

上記を踏まえ、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価における荷重の組合せについては、施設の設置状況及び構造等を考慮し設定する。対象施設の荷重の組合せを考慮した結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

考慮する荷重の 組合せ	荷重	
	常時作用する荷重 (F_d)	降下火砕物等の堆積 による荷重(F_v)
ケース 1	○	○

注：○は考慮する荷重を示す。

(3) 荷重の算定方法

「4.1(1) 荷重の種類」で設定している荷重のうち、「4.1(2)a. 降下火砕物による荷重及び積雪荷重の組合せ」で設定している自然現象の荷重の鉛直荷重の算出式及び算出方法を以下に示す。

a. 記号の定義

荷重の算出に用いる記号を表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
F_a	N/m^2	湿潤状態の降下火砕物による荷重
F_d	N	常時作用する荷重
F_s	N/m^2	積雪荷重
F_v	N/m^2	降下火砕物等の堆積による荷重
g	m/s^2	重力加速度 (=9.80665)
H_a	m	降下火砕物の層厚
H_s	cm	積雪深
ρ_1	kg/m^3	降下火砕物の湿潤密度
ρ_2	$N/(m^2 \cdot cm)$	建築基準法施行令に基づき設定する積雪の単位荷重

b. 鉛直荷重

鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物及び積雪を考慮する。

湿潤状態の降下火砕物による荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_a = \rho_1 \cdot g \cdot H_a$$

積雪荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_s = \rho_2 \cdot H_s$$

湿潤状態の降下火砕物に積雪を踏まえた鉛直荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_v = F_a + F_s$$

表 4-3 に入力条件を示す。

表 4-3 入力条件

ρ_1 (kg/m ³)	g (m/s ²)	H _a (m)	ρ_2 (N/(m ² ・cm))	H _s (cm)
1500	9.80665	0.56	20	35

以上を踏まえ、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重は、8938N/m²とする。

4.2 許容限界

許容限界は、VI-1-1-3-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」の

「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標及び

「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて評価対象部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、評価対象部位ごとの許容限界を表 4-4 に示す。

(1) カバー、サポート及び取付ボルト

構造強度評価においては、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重及びその他の荷重に対し、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備を構成するカバー、サポート及び取付ボルトが弾性域に留まらず、塑性域に入る状態とならないことをFEM解析及び計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会) (以下「J E A G 4 6 0 1」という。) に準じて許容応力状態IV_ASの許容応力を許容限界として設定する。許容応力状態IV_ASにおけるディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の許容限界を表 4-5 に示す。

表 4-4 許容限界

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	機能損傷モード		許容限界
			応力の 状態	限界状態	
ディーゼル 燃料移送ポンプ防護対策設備	$F_d + F_v$	カバー	組合せ	部材が弾性域に留まらず、塑性域に入る状態	J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態 IV A S の許容応力以下とする。
	$F_d + F_v$	サポート	曲げ, せん断, 組合せ		
	$F_d + F_v$	取付ボルト	引張, せん断, 組合せ		

表 4-5 許容限界

許容応力 状態	許容限界* (ボルト以外)			許容限界* (ボルト)	
	一次応力				
	曲げ	せん断	引張	せん断	引張
IV A S	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$

注記*：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 f_{ts}^* は以下のとおり。

$$f_{ts}^* = \text{Min} \{ 1.4 \cdot (1.5 \cdot f_t^*) - 1.6 \cdot \tau, 1.5 \cdot f_t^* \}$$

5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示すとおり、適用性に留意の上、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ FEM 等による解析法
- ・ 定式化された評価式を用いて算出

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重が作用する場合に強度評価を行う施設の強度評価方法として、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価方法を以下に示す。

5.1 評価条件

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価は、以下の条件に従うものとする。

- (1) カバーは FEM 解析を用いて部材に発生する応力を算出し評価を行う。モデル図を図 5-1 に示す。
- (2) 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重については、カバーの水平投影面積に対し降下火砕物等の層厚より上載質量を算出し、入力荷重として設定する。
- (3) 鉛直荷重によって応力が発生するサポート及び取付ボルトは、機械工学便覧の計算方法を用いて評価を行う。計算モデル図を図 5-2 に示す。
- (4) 計算に用いる寸法は、公称値又は実測値を使用する。

5.2 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-1 に示す。

表 5-1 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	応力の状態
カバー	組合せ
サポート	曲げ, せん断, 組合せ
カバー取付ボルト	せん断
サポート取付ボルト	引張, せん断, 組合せ

5.3 強度評価方法

(1) 記号の説明

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価に用いる記号を表 5-2 に示す。

表 5-2 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
A	m ²	降下火砕物等の堆積面積
A _{b1}	mm ²	カバー取付ボルトの軸断面積
A _{b2}	mm ²	サポート取付ボルトの軸断面積
A _{s a}	cm ²	サポートの断面積
F [*]	MPa	J S M E SSB-3121.3 又は SSB-3133 により規定される値
F _d	N	自重による鉛直荷重
F _v	N	降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
F _v '	N/m ²	単位面積当たりの降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
f _b *	MPa	サポートの許容曲げ応力
f _s *	MPa	サポート又はボルトの許容せん断応力
f _t *	MPa	カバー, サポート又はボルトの許容引張応力
g	m/s ²	重力加速度 (=9.80665)
L ₁	mm	カバーの短辺側の長さ
L ₂	mm	カバーの長辺側の長さ
l ₁	mm	サポート取付面から荷重作用点までの距離
l ₂	mm	サポート取付ボルト間の距離
M	N・mm	サポートに作用する曲げモーメント
m	kg	カバー, サポート他の全質量
n ₁	—	カバー取付ボルトの本数
n ₂	—	サポート取付ボルトの本数
n _{f2}	—	評価上引張力を受けるとして期待するサポート取付ボルトの本数
N	—	サポートの本数
r	mm	カバーの端部の丸みの半径
S _u	MPa	J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張強さ
S _y	MPa	J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
Z	cm ³	サポートの断面係数
π	—	円周率

表 5-2 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
σ	MPa	サポートに生じる組合せ応力
σ_b	MPa	サポートに生じる曲げ応力
σ_t	MPa	サポート取付ボルトに生じる引張応力
τ	MPa	サポートに生じるせん断応力
τ_1	MPa	カバー取付ボルトに生じるせん断応力
τ_2	MPa	サポート取付ボルトに生じるせん断応力

(2) 計算モデル

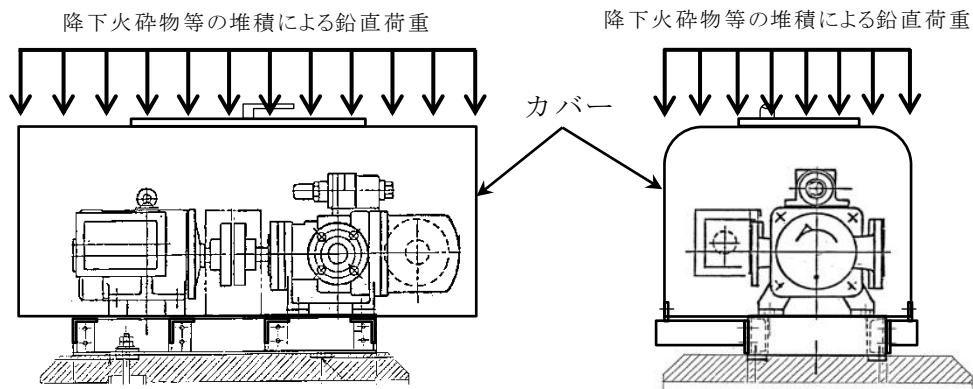


図 5-1 モデル図 (カバー)

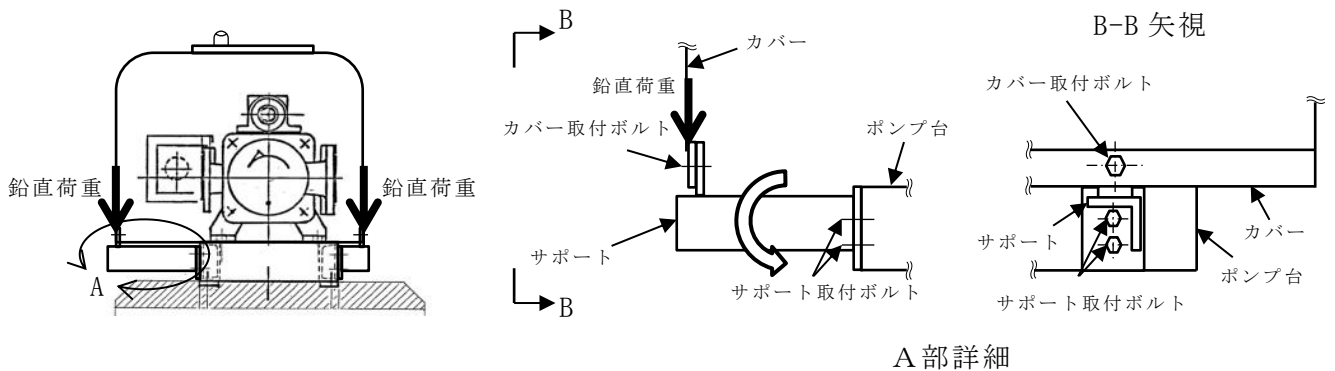


図 5-2 モデル図 (サポート, カバー取付ボルト及びサポート取付ボルト)

(3) 強度評価方法

a. 鉛直荷重

(a) 常時作用する荷重

常時作用する荷重は自重を考慮する。

$$F_d = m \cdot g$$

(b) 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重

降下火砕物等の堆積によりカバーに作用する鉛直荷重はカバーの水平投影面積に降下火砕物等が堆積することを考慮する。なお、カバーの端部の丸みを持たせている部分についても降下火砕物等が堆積するものとする。

$$F_v = F_v' \cdot A$$

$$\text{ここで、} A = (L_1 - 2 \cdot r + \pi \cdot r) \cdot L_2 \cdot 10^{-6}$$

b. 応力評価

(a) サポートに生じる応力

イ. 曲げ応力

サポートに生じる曲げ応力 σ_b は次式により算出される。

(イ) 降下火砕物等の鉛直荷重によりサポートに作用する曲げモーメント M

$$M = \frac{F_v + F_d}{N} \cdot l_1$$

(ロ) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z \cdot 10^3}$$

ロ. せん断応力

サポートに生じるせん断応力 τ は次式より算出される。

$$\tau = \frac{F_v + F_d}{N \cdot A_{sa} \cdot 10^2}$$

ハ. 組合せ応力

サポートの曲げ及びせん断による組合せ応力 σ は次式により算出される。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

(b) カバー取付ボルトに生じる応力

イ. せん断応力

カバー取付ボルトに生じるせん断応力 τ_1 は次式より算出される。

$$\tau_1 = \frac{F_v + F_d}{n_1 \cdot A_{b1}}$$

(c) サポート取付ボルトに生じる応力

イ. 引張応力

サポート取付ボルトに生じる引張応力 σ_t は次式により算出される。

$$\sigma_t = \frac{(F_v + F_d) \cdot l_1}{n_{f2} \cdot l_2 \cdot A_{b2}}$$

ロ. せん断応力

サポート取付ボルトに生じるせん断応力 τ_2 は次式により算出される。

$$\tau_2 = \frac{F_v + F_d}{n_2 \cdot A_{b2}}$$

6. 適用規格・基準等

VI-1-1-3-4-1「火山への配慮に関する基本方針」においては、降下火砕物の影響を考慮する施設の設計に係る適用規格・基準等を示している。

これらのうち、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価に用いる規格、基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法及び同施行令
- (2) 日本産業規格 (JIS G 3192 (2021))
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987 ((社) 日本電気協会)
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- (6) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) (J S M E S N C 1-2005/2007) ((社) 日本機械学会)
- (7) 新版機械工学便覧 ((社) 日本機械学会, 1984年)

VI-3-別添 2-11 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備
の強度計算書

目 次

1.	概要	1
2.	基本方針	1
2.1	位置	1
2.2	構造概要	2
2.3	評価方針	5
2.4	適用規格・基準等	7
3.	強度評価方法	8
3.1	記号の定義	8
3.2	評価対象部位	10
3.3	荷重及び荷重の組合せ	10
3.3.1	荷重の設定	10
3.3.2	荷重の組合せ	11
3.4	許容限界	12
3.5	評価方法	13
3.5.1	鋼板の評価方法	13
3.5.2	架構の評価方法	15
3.5.3	アンカーボルトの評価方法	17
4.	評価条件	19
5.	強度評価結果	20

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」に示すとおり、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備が降下火砕物及び積雪の堆積時においても、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の安全機能維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備は、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、「2.1 位置」，「2.2 構造概要」，「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格・基準等」を示す。

2.1 位置

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備は、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す位置に設置する。取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の配置図を図 2-1 に示す。

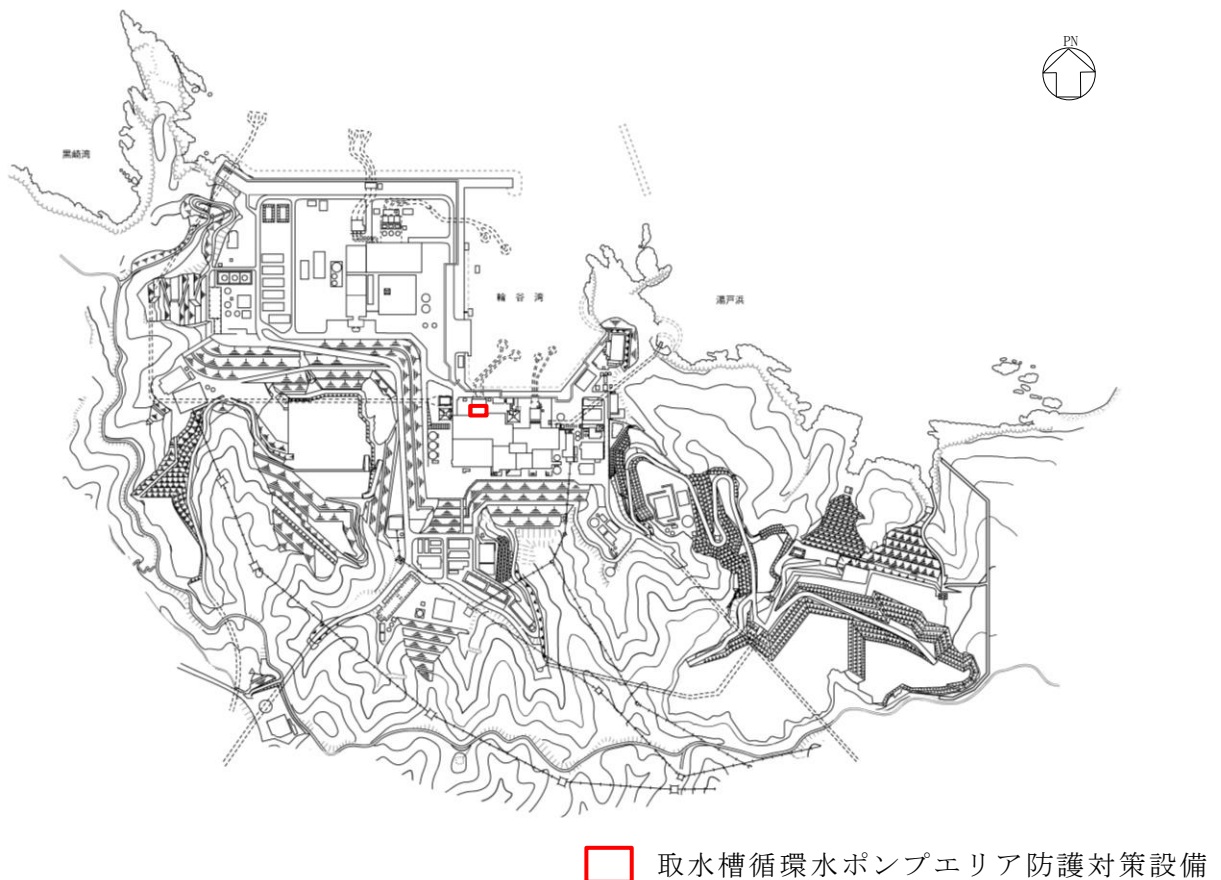


図 2-1 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の配置図

2.2 構造概要

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備は、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、構造を設定する。

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備は、降下火砕物及び積雪が堆積することを防止する鋼板、鋼板を支持する架構及び架構をコンクリートに固定するアンカーボルトから構成される。取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の概略平面図を図 2-2 に、概略断面図を図 2-3 及び図 2-4 に、鳥瞰図を図 2-5 に示す。

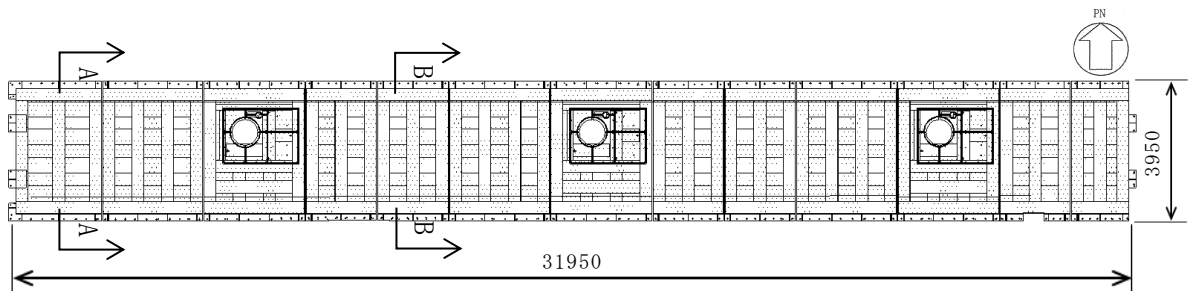


図 2-2 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の概略平面図 (単位:mm)

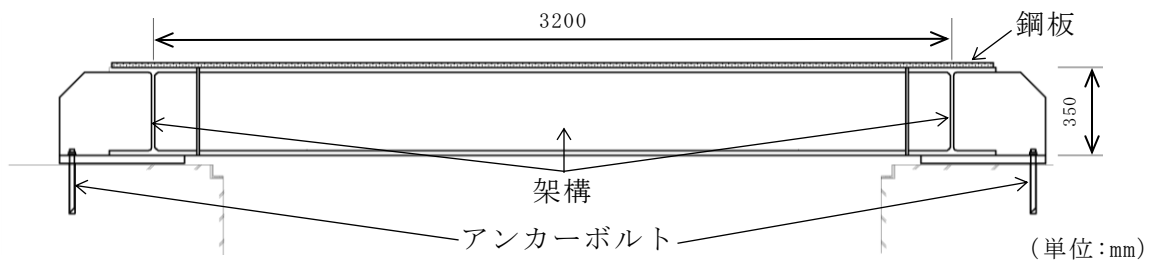


図 2-3 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の概略断面図 (A-A 断面)

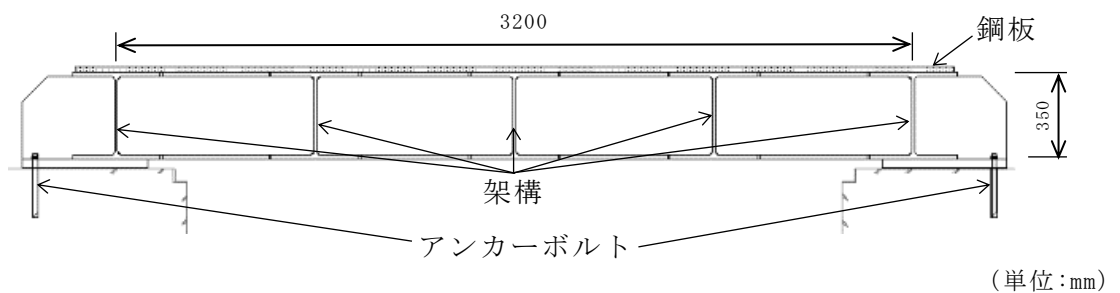


図 2-4 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の概略断面図 (B-B 断面)

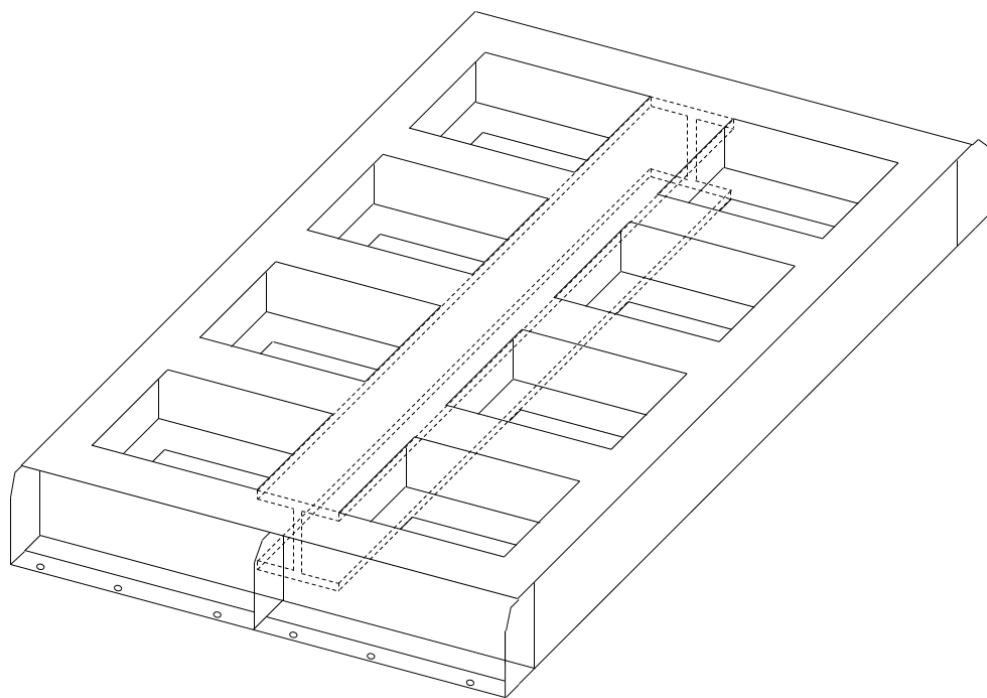


図 2-5(1) 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備 鳥瞰図
(架構の構造)

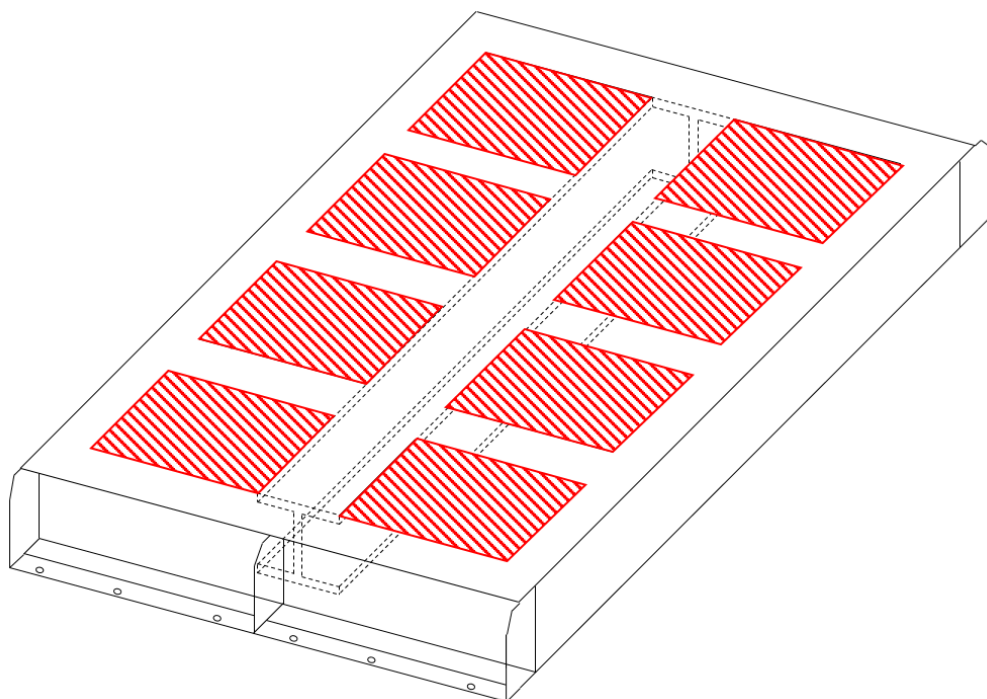


図 2-5(2) 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備 鳥瞰図
(つなぎ部材表示，鋼板非表示)

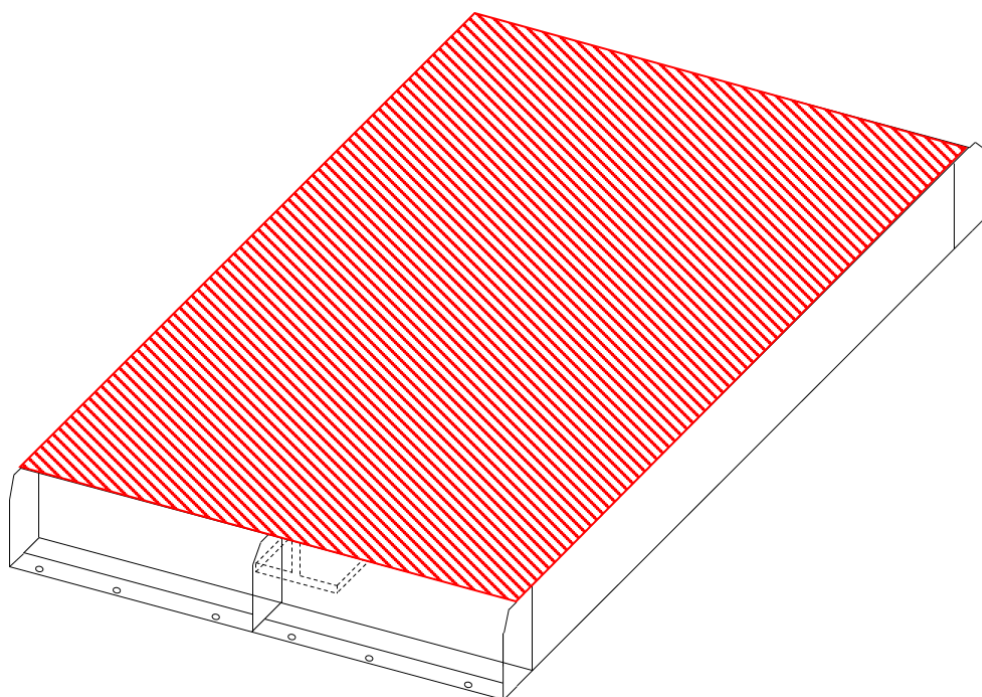


図 2-5(3) 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備 鳥瞰図
(鋼板表示, つなぎ部材非表示)

2.3 評価方針

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価は、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の評価対象部位に作用する応力が、許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価フローを図 2-4 に示す。取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価においては、その構造を踏まえ、降下火砕物及び積雪の堆積による鉛直荷重及びこれに組み合わせる荷重(以下「設計荷重」という。)の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

評価については、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」の「5. 強度評価条件及び強度評価方法」に示す評価式を用いる。

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の許容限界は、鋼板及び架構に対しては、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界である、「鋼構造設計規準 - 許容応力設計法 - ((社)日本建築学会, 2005 年改定)」に基づき算出した許容荷重とする。また、アンカーボルトに対しては、「各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会, 2010 年改訂)」に基づき算出した許容荷重とする。

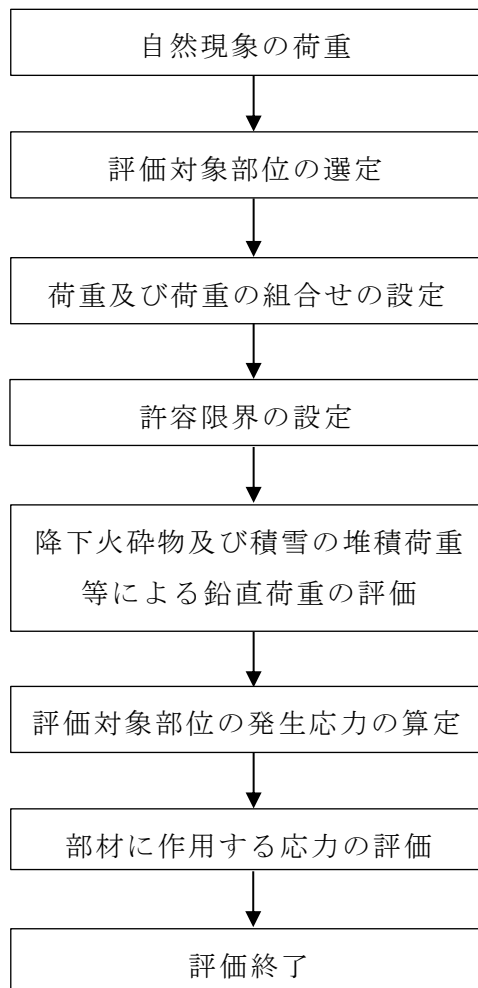


図 2-4 強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法及び同施行令
- ・ 松江市建築基準法施行細則（平成 17 年 3 月 31 日松江市規則第 234 号）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年改定）
- ・ 鋼構造設計規準 - 許容応力設計法 - （（社）日本建築学会，2005 年改定）
- ・ 新版機械工学便覧（（社）日本機械学会，1987 年）

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
a	mm	鋼板の短辺
a ₂	mm	架構が荷重を分担する鋼板の短辺
A	mm ²	鋼板の断面積
A _z	mm ²	架構の強軸方向のせん断断面積
b	mm	鋼板の長辺
b ₂	mm	架構の幅及び高さ
T _a	N	アンカーボルトに生じる引張力
h	mm	鋼板の厚さ
L	mm	アンカーボルト間の距離
L ₂	mm	架構の長さ
M	N・mm	鋼板に作用する弱軸まわりの曲げモーメント
M ₂	N・mm	架構に作用する強軸まわりの曲げモーメント(単純支持梁(ピン結合)とした場合)
M ₃	N・mm	架構に作用する強軸まわりの曲げモーメント(単純固定梁とした場合)
n _a	-	架構 1 箇所当たりのアンカーボルトの本数
n ₂	-	評価対象とする架構に対し直交する架構の本数
p	N/mm	鋼板に作用する等分布荷重
p ₂	N/mm	架構に作用する等分布荷重
p ₃	N/mm	架構の単位長さあたりの自重
ρ	N/mm ³	鋼板の密度
ρ ₂	N/mm ³	架構の密度
Q	N	鋼板に作用する弱軸まわりのせん断力
Q ₂	N	架構に作用する強軸まわりのせん断力
Z	mm ³	鋼板の弱軸まわりの断面係数
Z ₂	mm ³	架構の強軸まわりの断面係数
σ	MPa	鋼板に生じる曲げ応力
σ ₂	MPa	架構に生じる曲げ応力

表 3-1 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度評価に用いる記号(2/2)

記号	単位	定義
τ	MPa	鋼板に生じるせん断応力
τ_2	MPa	架構に生じるせん断応力
F	N/mm ²	鋼板及び架構の F 値
f_b	N/mm ²	鋼板及び架構の短期許容曲げ応力度
f_s	N/mm ²	鋼板及び架構の短期許容せん断応力度
ν	—	座屈安全率
λ_b	—	曲げ材の細長比
$p \lambda_b$	—	塑性限界細長比
$e \lambda_b$	—	弾性限界細長比
p_{a1}	N	接着系アンカーボルトの降伏により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当たりの許容引張力
p_{a3}	N	接着系アンカーボルトの付着力により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当たりの許容引張力
Φ_1, Φ_3	—	低減係数
$s \sigma_{pa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトの引張強度
$s_c a$	mm ²	接着系アンカーボルトの断面積
τ_a	N/mm ²	へりあき及びアンカーボルトのピッチを考慮した接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度
π	—	円周率
d_a	mm	接着系アンカーボルトの径
l_{ce}	mm	接着系アンカーボルトの強度算定用埋込み深さ

3.2 評価対象部位

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の評価対象部位は、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」のうち「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、鋼板、架構及びアンカーボルトとする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.3.1 荷重の設定

(1) 鋼板及び架構

鋼板及び架構の鉛直荷重の一覧を表 3-2 に示す。鉛直荷重は、常時作用する荷重 (F_d)、降下火砕物による荷重 (F_a) 及び積雪荷重 (F_s) を考慮する。常時作用する荷重は、固定荷重 (G) 及び積載荷重 (P) とする。降下火砕物による荷重は、湿潤密度 1.5g/cm^3 の降下火砕物が 56cm 堆積した場合の荷重として考慮する。積雪荷重は、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上 1 位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0cm とし、積雪量 1cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

表 3-2 荷重一覧 (鋼板及び架構)

荷重		鋼板	架構
常時作用する荷重 (F_d)	固定荷重 (G)	1.54kN/m	2.19kN/m
	積載荷重 (P) *	0.98kN/m	2.65kN/m
降下火砕物による荷重 (F_a)		8.24kN/m	8.65kN/m
積雪荷重 (F_s)		0.69kN/m	0.72kN/m

注記* : 積載荷重 (P) は、除灰時の人員荷重 981N/m^2 を含む。

(2) アンカーボルト

アンカーボルトに考慮する荷重は、積載荷重による圧縮力及び架構端部で発生した曲げモーメントによる引張力とする。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

	荷重 ^{*1}				
	常時作用する荷重 (F_d)		主荷重	従荷重	
	固定荷重	積載荷重 ^{*2}	降下火砕物による荷重 (F_a)	積雪荷重 (F_s)	風荷重 (W)
考慮する荷重の組合せ	○	○	○	○	—

注記*1 : ○は考慮する荷重を示す。なお、取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備は、近傍に2号タービン建物及び取水槽海水ポンプエリア防水壁が設置されていること、風荷重を受ける部材の受圧面積が小さいことから、風荷重の組合せを考慮しない。

*2 : 積載荷重 (P) は、除灰時の人員荷重 981N/m^2 を含む。

3.4 許容限界

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の許容限界値は、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに設定する。

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備を構成する鋼板及び架構の許容限界を、「鋼構造設計規準 - 許容応力設計法 - (社) 日本建築学会, 2005 年改定)」に基づき、表 3-4 に示す。また、アンカーボルトの許容限界を、「各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会, 2010 年改定)」に基づき、表 3-4 に示す。

鋼板及び架構の材料強度を表 3-5 に、コンクリートの短期許容応力度及びアンカーボルトの短期許容荷重を表 3-6 及び表 3-7 に示す。

表 3-4 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の許容限界

機能設計上の性能目標	評価対象部位	応力等の状態	機能維持のための考え方	許容限界
構造強度を有すること	鋼板	曲げ, せん断	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	鋼構造設計規準 - 許容応力設計法に準じた短期許容応力度
	架構	曲げ, せん断		
	アンカーボルト	引張		各種合成構造設計指針・同解説に準じた短期許容荷重

表 3-5 鋼板及び架構の材料強度

(単位: N/mm²)

材料	板厚	F 値	材料強度		
			引張り	圧縮 曲げ	せん断
SS400		234	234	234*	135

注記*: 上限値であり, 座屈長さ等を勘案して設定する。

表 3-6 コンクリートの短期許容応力度

(単位：N/mm²)

設計基準強度 F_c	圧縮	せん断
23.5	15.6	1.17

表 3-7 アンカーボルトの短期許容荷重

(単位：kN)

呼び径	引張
	52.4

3.5 評価方法

取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の応力評価は、VI-3-別添 2-2-1「取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の強度計算の方針」の「5. 強度評価条件及び強度評価方法」にて設定している評価式を用いる。

3.5.1 鋼板の評価方法

(1) 評価モデル

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重によって一様な応力が発生する鋼板を、単純支持梁（ピン結合）として、機械工学便覧の計算方法を用いて評価を行う。評価対象部位及び応力評価モデル図を図 3-1 に示す。

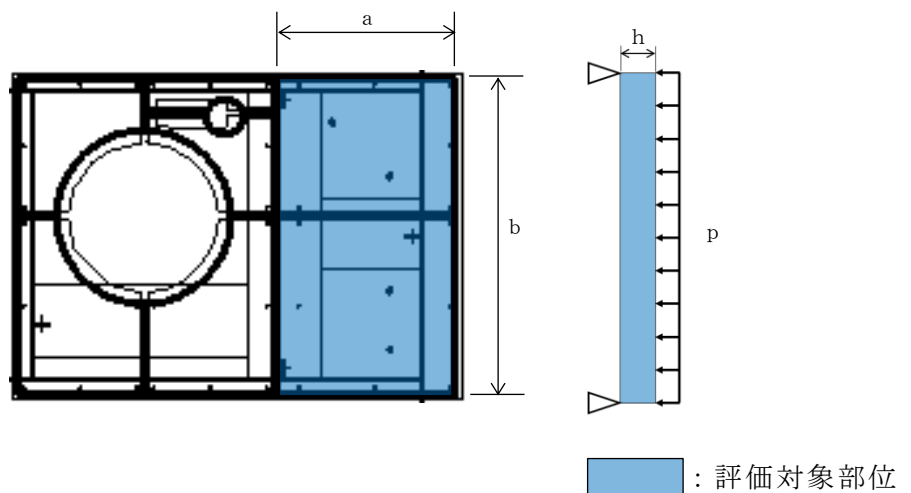


図 3-1 鋼板の評価対象部位及び応力評価モデル図

(2) 応力評価

a. 曲げ応力

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

ここで,

$$M = 1/8 \cdot p \cdot b^2$$

$$p = (F_v' + P_1) \cdot a + \rho \cdot a \cdot h$$

$$Z = 1/6 \cdot a \cdot h^2$$

b. せん断応力

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

ここで,

$$Q = 1/2 \cdot p \cdot b$$

$$A = a \cdot h$$

(3) 断面評価

断面の評価は、「鋼構造設計規準 - 許容応力設計法 - ((社) 日本建築学会, 2005年改定)」に基づき、「3.5.1 鋼板の評価方法」で計算した鋼板に生じる各応力が、各許容限界を超えないことを確認する。

a. 短期許容曲げ応力度

$$f_b = \frac{F}{\nu} \cdot 1.5 \quad (\lambda_b \leq \lambda_{bp})$$

$$f_b = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \frac{(\lambda_b - \lambda_{bp})}{(\lambda_{be} - \lambda_{bp})} \right\} \cdot \frac{F}{\nu} \cdot 1.5 \quad (\lambda_{bp} < \lambda_b \leq \lambda_{be})$$

$$f_b = \frac{1}{\lambda_b^2} \cdot \frac{F}{2.17} \cdot 1.5 \quad (\lambda_{be} < \lambda_b)$$

b. 短期許容せん断応力度

$$f_s = \frac{F}{1.5 \sqrt{3}} \cdot 1.5$$

3.5.2 架構の評価方法

(1) 評価モデル

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重によって一様な応力が発生する架構を、単純支持梁（ピン結合）として、機械工学便覧の計算方法を用いて評価を行う。評価対象部位及び応力評価モデル図を図 3-2 に示す。

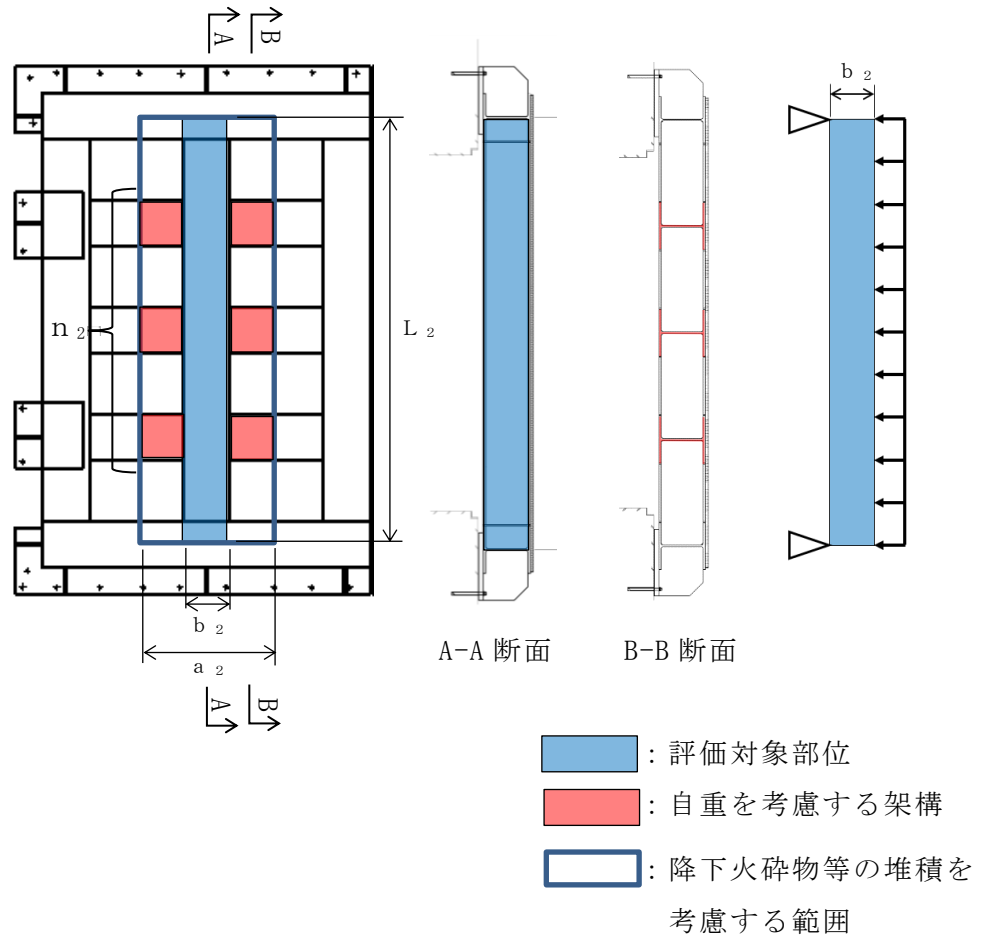


図 3-2 架構の評価対象部位及び応力評価モデル図

(2) 応力評価

a. 曲げ応力

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{Z_2}$$

ここで、

$$M_2 = 1/8 \cdot p_2 \cdot L_2^2$$

$$p_2 = (F_v' + P_1) \cdot a_2 + \rho \cdot a_2 \cdot h + p_3 + \frac{n_2 \cdot (a_2 - b_2) \cdot p_3}{L_2}$$

b. せん断応力

$$\tau_2 = \frac{Q_2}{A_z}$$

ここで,

$$Q_2 = 1/2 \cdot p_2 \cdot L_2$$

(3) 断面評価

断面の評価は、「鋼構造設計規準 - 許容応力設計法 - ((社) 日本建築学会, 2005年改定)」に基づき、「3.5.2 架構の評価方法」で計算した架構に生じる各応力が、各許容限界を超えないことを確認する。

a. 短期許容曲げ応力度

$$f_b = \frac{F}{\nu} \cdot 1.5 \quad (\lambda_b \leq p\lambda_b)$$

$$f_b = \left\{ 1 - 0.4 \cdot \frac{(\lambda_b - p\lambda_b)}{(e\lambda_b - p\lambda_b)} \right\} \cdot \frac{F}{\nu} \cdot 1.5 \quad (p\lambda_b < \lambda_b \leq e\lambda_b)$$

$$f_b = \frac{1}{\lambda_b^2} \cdot \frac{F}{2.17} \cdot 1.5 \quad (e\lambda_b < \lambda_b)$$

b. 短期許容せん断応力度

$$f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$$

3.5.3 アンカーボルトの評価方法

(1) 評価モデル

アンカーボルトに考慮する荷重は、積載荷重による圧縮力及び架構端部で発生した曲げモーメントによる引張力とする。

アンカーボルトに作用する曲げモーメントによる引張力の算定のため、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重によって一様な応力が発生する架構を単純固定梁として、機械工学便覧の計算方法を用いることとする。積載荷重による圧縮力及び端部で発生した曲げモーメントによる引張力を考慮する架構とその荷重を負担するアンカーボルトの概念図を図3-3に示す。

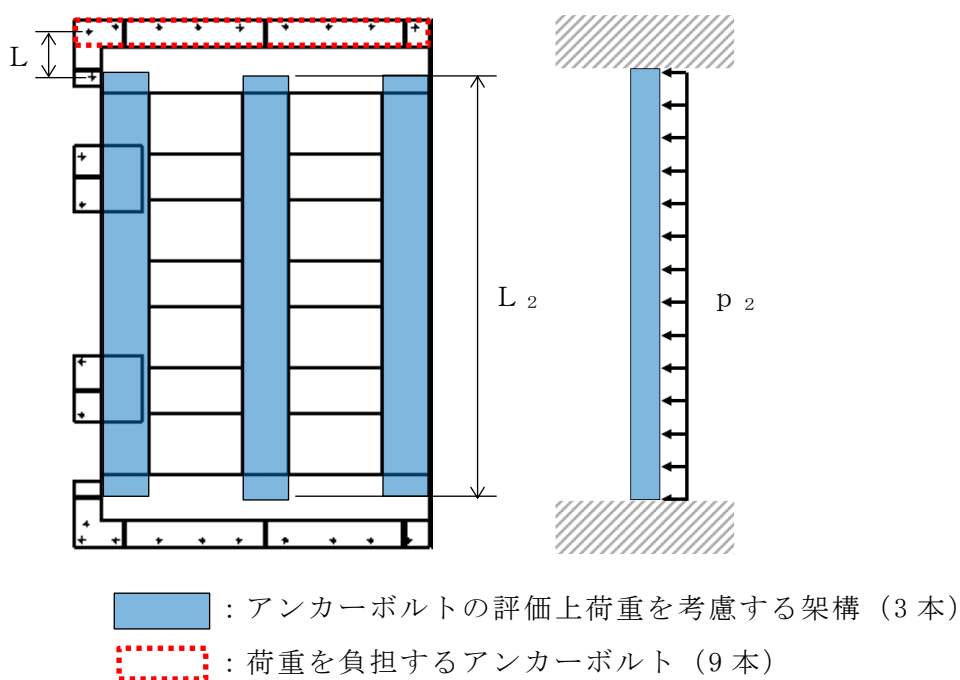


図3-3 荷重を負担するアンカーボルトの概念図

したがって、1本の架構の荷重を負担するアンカーボルトの本数 n_a は、以下のとおりとなる。

$$n_a = 9 \text{ (本 (アンカーボルト))} \div 3 \text{ (本 (架構))} = 3$$

(2) 応力評価

a. 引張力

$$T_a = \frac{p_2 \cdot L_2}{n_a} - \frac{M_3}{L \cdot n_a}$$

ここで,

$$M_3 = 1/12 \cdot p_2 \cdot L_2^2$$

(3) 断面評価

断面の評価は、「各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会, 2010年改定)」に基づき、「3.5.3 アンカーボルトの評価方法」で計算したアンカーボルトに生じる引張力が、許容限界を超えないことを確認する。

a. 短期許容引張力

$$p_{a1} = \Phi_1 \cdot \sigma_{pa} \cdot s_c a$$

$$p_{a3} = \Phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

4. 評価条件

「3. 強度評価方法(2)応力評価」に用いる評価条件を表4-1～表4-3に、「3. 強度評価方法(3)断面評価」に用いる評価条件を表4-4及び表4-5に示す。

表4-1 応力評価条件(鋼板)

a (mm)	a ₂ (mm)	A (mm ²)	b (mm)	h (mm)	ρ (kN/m ³)
1000	1050		1420		77

表4-2 応力評価条件(架構)

n ₂ (-)	A _z (cm ²)	b ₂ (mm)	L ₂ (mm)	p ₃ (N/mm)
3			3200	1.324

表4-3 応力評価条件(アンカーボルト)

n _a (-)	L (mm)
3	400

表4-4 断面評価条件(鋼板及び架構)

F (N/mm ²)	ν (-)	λ _b (-)	pλ _b (-)	eλ _b (-)
235	1.501	0.049	0.3	1.291

表4-5 断面評価条件(アンカーボルト)

Φ ₁ (-)	sσ _{pa} (N/mm ²)	sca (mm ²)	Φ ₃ (-)	τ _a (N/mm ²)	d _a (mm ²)	l _{ce} (mm)
1	295		2/3	8.45		133.4

5. 強度評価結果

降下火砕物等の堆積時における強度評価結果を表 5-1 に示す。

鋼板、架構及びアンカーボルトに発生する応力は許容応力以下である。

表 5-1 取水槽循環水ポンプエリア防護対策設備の評価結果

施設名称 (系統名)	評価部位	材料	応力	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)
取水槽循環 水ポンプエ リア防護対 策設備	鋼板	SS400	曲げ		
			せん断		
	架構	SS400	曲げ		
			せん断		
	アンカー ボルト	SS400	引張*		

注記*：単位は kN とする。

VI-3-別添 2-12 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用規格・基準等	4
3. 強度評価方法	5
3.1 記号の定義	5
3.2 評価対象部位	6
3.3 荷重及び荷重の組合せ	7
3.4 許容限界	7
3.5 評価方法	9
4. 評価条件	12
5. 強度評価結果	13

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」に示すとおり、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備が、降下火砕物に対して構造健全性を維持することを確認するものである。

2. 基本方針

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備は、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格・基準等」を示す。

2.1 位置

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備は、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、屋外の燃料移送ポンプエリアに設置する。燃料移送ポンプエリアの位置図を図 2-1 に示す。

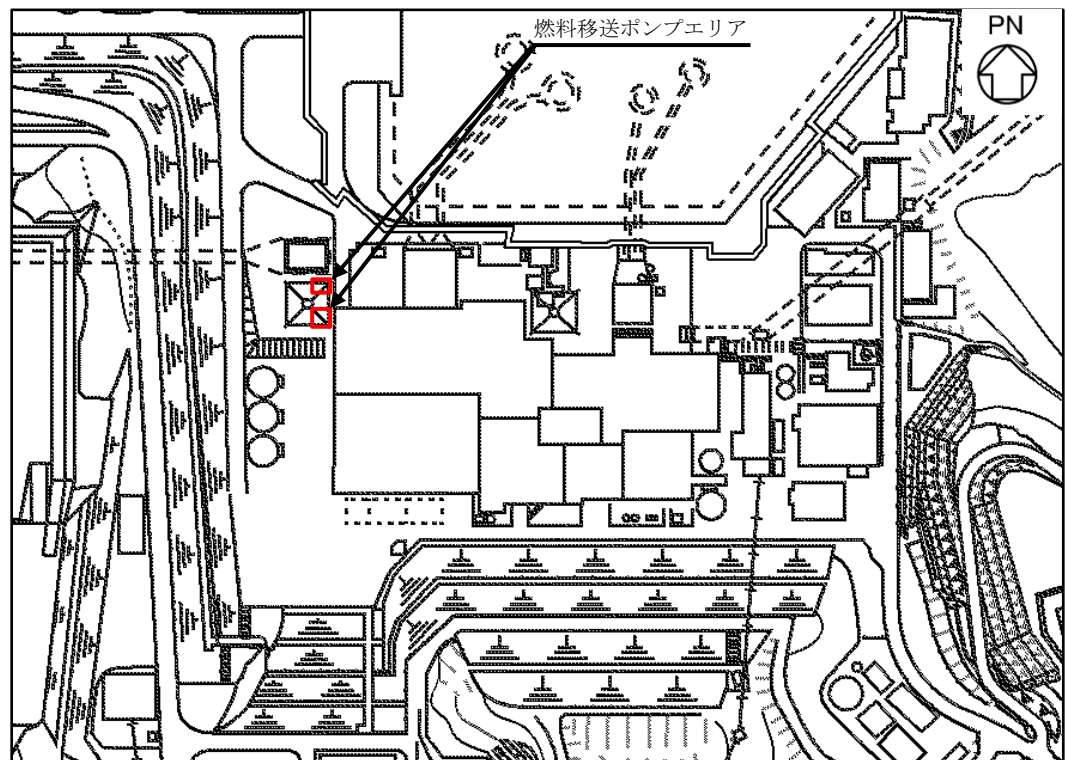


図 2-1 燃料移送ポンプエリアの位置図

2.2 構造概要

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備は、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備は、非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ（以下「燃料移送ポンプ」という。）に 1 個ずつ設置している。ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の概要図を図 2-2 に示す。

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備は、上部の端部に丸みを持たせた鋼製のカバー本体及び点検用開口蓋（以下「カバー」という。）で燃料移送ポンプを覆う構造としており、基礎ボルトで固定されたポンプ台に固定されている。降下火砕物及び積雪（以下「降下火砕物等」という。）がディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備に堆積する範囲を図 2-3 に示す。

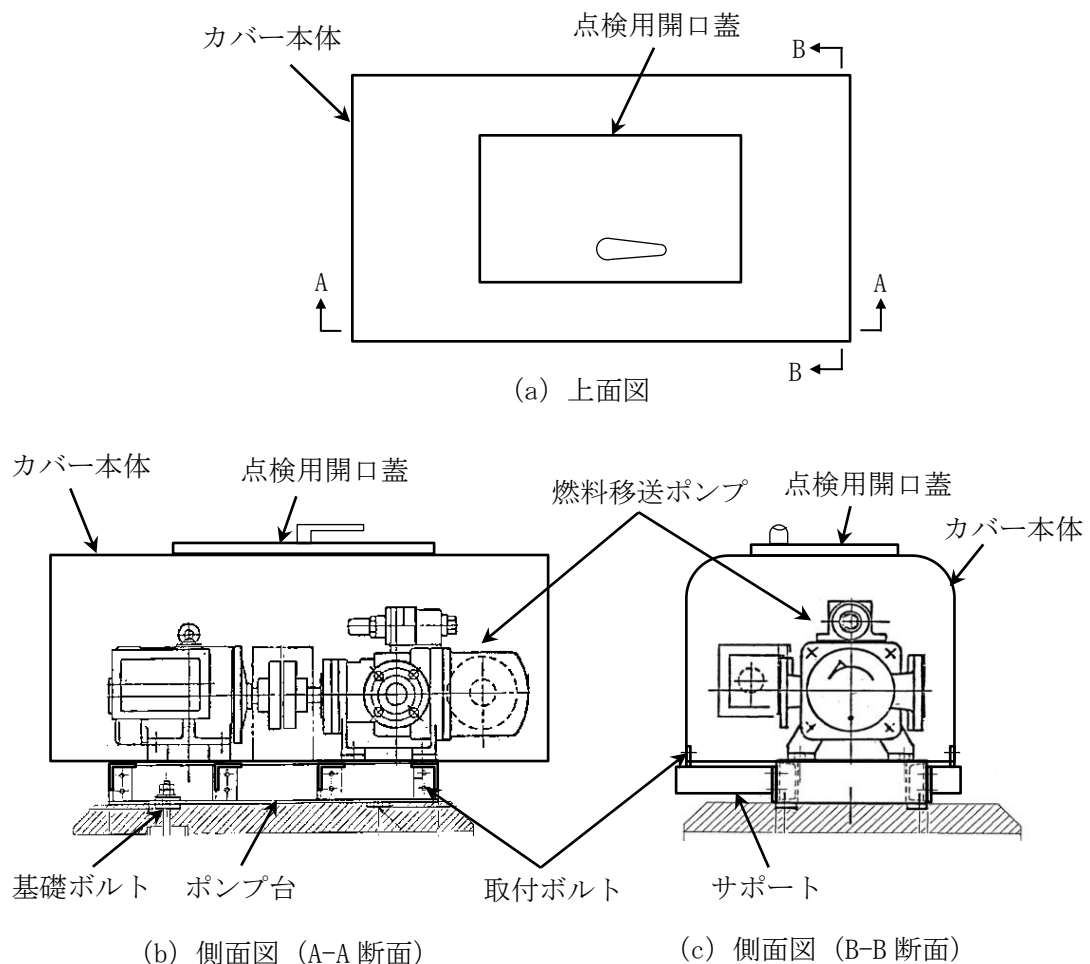


図 2-2 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の概要図

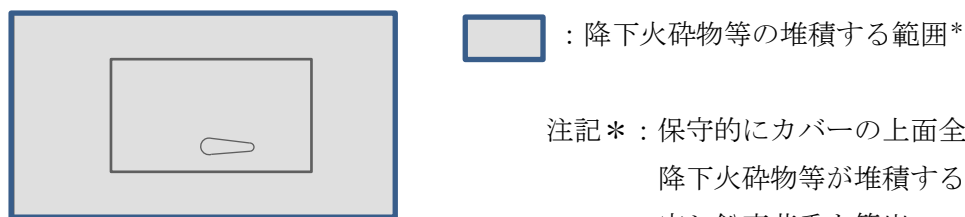


図 2-3 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の降下火砕物等の堆積範囲図

2.3 評価方針

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価は、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、評価対象部位に作用する応力が、許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価フローを図 2-4 に示す。ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価においては、その構造を踏まえ、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重の伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重については、カバーの上面に対し降下火砕物等が堆積した場合を設定し、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いる。ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の許容限界は、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す許容限界である、「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984」((社)日本電気協会)、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987」((社)日本電気協会)及び「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」((社)日本電気協会) (以下「J E A G 4 6 0 1」という。)の許容応力状態IV_ASとする。

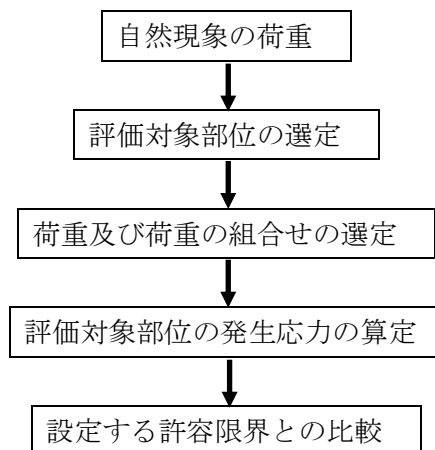


図 2-4 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法及び同施行令
- (2) 日本産業規格 (JIS G 3192 (2021))
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984
((社) 日本電気協会)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 ((社) 日本電気協会)
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- (6) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。))
(J S M E S N C 1 - 2005/2007) ((社) 日本機械学会) (以下「J S M E」という。)
- (7) 新版機械工学便覧 ((社) 日本機械学会, 1984年)

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
A	m ²	降下火砕物等の堆積面積
A _{b1}	mm ²	カバー取付ボルトの軸断面積
A _{b2}	mm ²	サポート取付ボルトの軸断面積
A _{s a}	cm ²	サポートの断面積
F*	MPa	J S M E SSB-3121.3 又は SSB-3133 により規定される値
F _d	N	自重による鉛直荷重
F _v	N	降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
F _v '	N/m ²	単位面積当たりの降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
f _b *	MPa	サポートの許容曲げ応力
f _s *	MPa	サポート又はボルトの許容せん断応力
f _t *	MPa	カバー, サポート又はボルトの許容引張応力
g	m/s ²	重力加速度 (=9.80665)
L ₁	mm	カバーの短辺側の長さ
L ₂	mm	カバーの長辺側の長さ
l ₁	mm	サポート取付面から荷重作用点までの距離
l ₂	mm	サポート取付ボルト間の距離
M	N・mm	サポートに作用する曲げモーメント
m	kg	カバー, サポート他の全質量
n ₁	—	カバー取付ボルトの本数
n ₂	—	サポート取付ボルトの本数
n _{f2}	—	評価上引張力を受けるとして期待するサポート取付ボルトの本数
N	—	サポートの本数
r	mm	カバーの端部の丸みの半径
S _u	MPa	J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張強さ
S _y	MPa	J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
Z	cm ³	サポートの断面係数
π	—	円周率

表 3-1 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
σ	MPa	サポートに生じる組合せ応力
σ_b	MPa	サポートに生じる曲げ応力
σ_t	MPa	サポート取付ボルトに生じる引張応力
τ	MPa	サポートに生じるせん断応力
τ_1	MPa	カバー取付ボルトに生じるせん断応力
τ_2	MPa	サポート取付ボルトに生じるせん断応力

3.2 評価対象部位

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の評価対象部位は、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、カバー、サポート、カバー取付ボルト及びサポート取付ボルトとする。また、考慮する鉛直荷重が大きくなるよう、降下火砕物等が堆積する面積が大きいA系を代表とする。

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価における評価対象部位を、図 3-1 に示す。

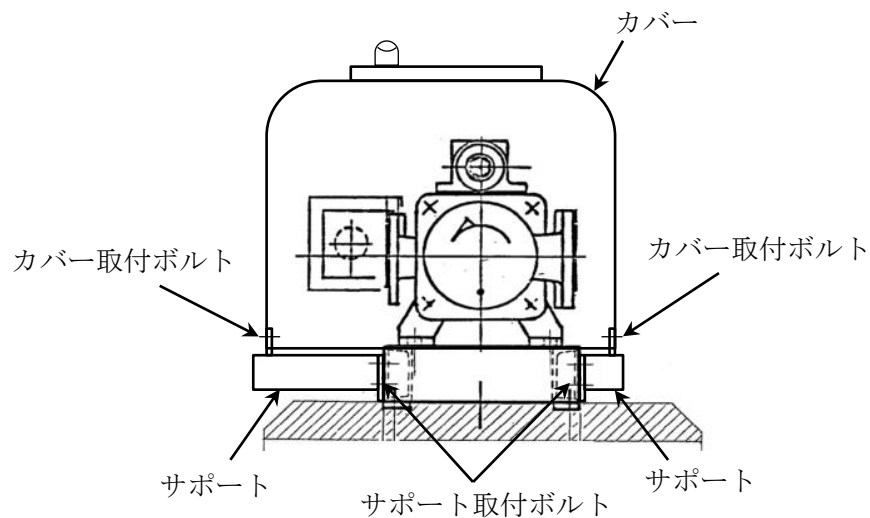


図 3-1 評価対象部位 (ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備)

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 荷重の選定

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、自重を考慮する。

$$F_d = m \cdot g$$

b. 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 (F_v)

降下火砕物等の堆積によりディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備に作用する鉛直荷重はカバーの水平投影面積に降下火砕物等が堆積することを考慮する。なお、カバーの端部の丸みを持たせている部分についても降下火砕物等が堆積するものとする。

$$F_v = F_v' \cdot A$$

$$\text{ここで、} A = (L_1 - 2 \cdot r + \pi \cdot r) \cdot L_2 \cdot 10^{-6}$$

(2) 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の評価対象部位ごとに設定する。

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備には、自重、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重が作用する。

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度評価にて考慮する荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

施設名称	評価対象部位	荷 重
ディーゼル燃料 移送ポンプ防護 対策設備	カバー	① 自重 ② 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
	サポート	① 自重 ② 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
	カバー取付ボルト, サポート取付ボルト	① 自重 ② 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重

3.4 許容限界

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の許容限界値は、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、機能損傷モードを考慮し、J E A G 4 6 0 1 に基づき許容応力状態IV_ASの許容応力を用いる。

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の許容限界は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「その他支持構造物」の許容限界を適用する。設計荷重に対して、当該施設に要求される機能を維持できるように弾性域に留まらず、塑性域に入る状態とならない設計とするため、許容応力状態IV_ASから算出した以下の許容応力を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1 に従い、J S M E 付録材料図表 Part5, 6 の表にて許容応力を評価する際は、評価対象部位の周囲環境温度に応じた値をとるものとするが、温度がJ S M E 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて評価する。ただし、J S M E 付録材料図表 Part5, 6 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の許容限界を表 3-3、許容応力を表 3-4 に示す。

表 3-3 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の許容限界

評価対象部位	許容応力状態	応力の種類		許容限界
カバー	IV _A S	一次応力	組合せ	$1.5 \cdot f_{t^*}$
サポート	IV _A S	一次応力	曲げ	$1.5 \cdot f_{b^*}$
			せん断	$1.5 \cdot f_{s^*}$
			組合せ	$1.5 \cdot f_{t^*}$
カバー取付ボルト, サポート取付ボルト	IV _A S	一次応力	引張	$1.5 \cdot f_{t^*}$
			せん断	$1.5 \cdot f_{s^*}$

引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 $f_{t s^*}$ は以下のとおり。

$$f_{t s^*} = \text{Min} \{ 1.4 \cdot (1.5 \cdot f_{t^*}) - 1.6 \cdot \tau, 1.5 \cdot f_{t^*} \}$$

表 3-4 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の許容応力

評価対象部位	材料*1	温度条件*2 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)	$1.5 \cdot f_{b^*}$ (MPa)	$1.5 \cdot f_{s^*}$ (MPa)	$1.5 \cdot f_{t^*}$ (MPa)
カバー	SS41	40	245	400	280	—	—	280
サポート	SS41	40	245	400	280	280	161	—
カバー取付ボルト	SS41	40	245	400	280	—	161	—
サポート取付ボルト	SS41	40	245	400	280	—	161	280

注記*1：SS400 相当

*2：周囲環境温度

3.5 評価方法

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の応力評価は FEM 解析と評価式による評価を行う。

(1) 評価式による評価

サポート、カバー取付ボルト及びサポート取付ボルトの評価は、VI-3-別添 2-2-2「ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している評価式を用いて行う。

a. 計算モデル

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重及び自重により作用する鉛直荷重並びに鉛直荷重により作用するモーメントに対して構造健全性を評価するための計算モデルを図 3-2 に、降下火砕物等が堆積する面積を図 3-3 に示す。

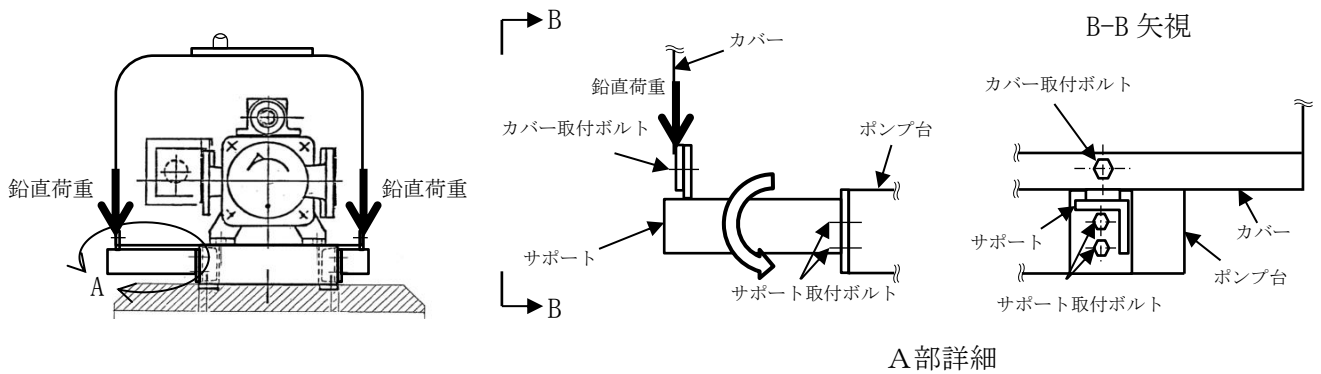


図 3-2 モデル図（サポート、カバー取付ボルト及びサポート取付ボルト）

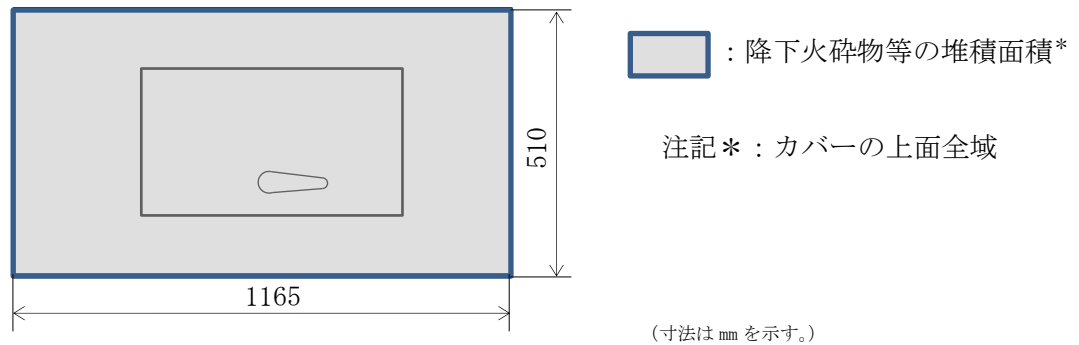


図 3-3 降下火砕物等の堆積面積

b. 応力評価

(a) サポートに生じる応力

イ. 曲げ応力

サポートに生じる曲げ応力 σ_b は次式により算出される。

(イ) 降下火砕物等の鉛直荷重によりサポートに作用する曲げモーメント M

$$M = \frac{F_v + F_d}{N} \cdot l_1$$

(ロ) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z \cdot 10^3}$$

ロ. せん断応力

サポートに生じるせん断応力 τ は次式より算出される。

$$\tau = \frac{F_v + F_d}{N \cdot A_{sa} \cdot 10^2}$$

ハ. 組合せ応力

サポートの曲げ及びせん断による組合せ応力 σ は次式により算出される。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

(b) カバー取付ボルトに生じる応力

イ. せん断応力

カバー取付ボルトに生じるせん断応力 τ_1 は次式より算出される。

$$\tau_1 = \frac{F_v + F_d}{n_1 \cdot A_{b1}}$$

(c) サポート取付ボルトに生じる応力

イ. 引張応力

サポート取付ボルトに生じる引張応力 σ_t は次式により算出される。

$$\sigma_t = \frac{(F_v + F_d) \cdot l_1}{n_{f2} \cdot l_2 \cdot A_{b2}}$$

ロ. せん断応力

サポート取付ボルトに生じるせん断応力 τ_2 は次式により算出される。

$$\tau_2 = \frac{F_v + F_d}{n_2 \cdot A_{b2}}$$

(2) FEM 解析による評価

カバーはFEM解析にて評価を行う。解析に使用するコードは、「MSC NASTRAN」である。なお、解析コードの検証及び妥当性の確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 荷重条件

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の荷重条件を表 3-5 に示す。

表 3-5 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の荷重条件

荷重条件	入力荷重 (N/m ²)
降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 F_v'	8938

b. 計算モデル及び諸元

ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の解析モデルを図 3-4 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、諸元を表 3-6 に示す。

- (a) 上部に作用する鉛直荷重に対し構造健全性を確認するため、カバーを板要素でモデル化する。
- (b) 拘束条件は以下のとおりとする。
- ・カバー本体：下端を完全拘束条件とする
 - ・点検用開口蓋：蝶番部で X, Y 方向（水平）を完全拘束条件、Z 方向（鉛直）を接触条件とする
- (c) 寸法は公称値及び実測値を用いる。

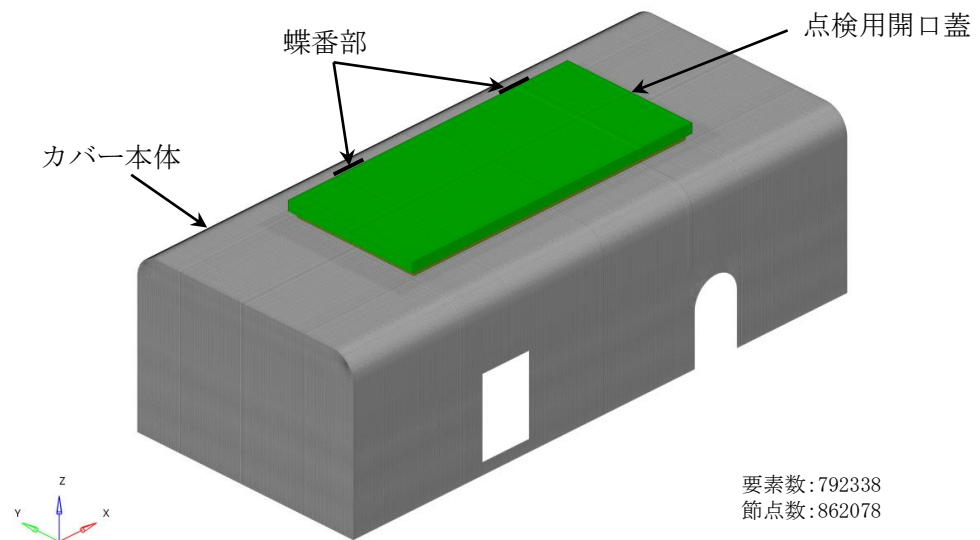


図 3-4 解析モデル

表 3-6 ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の諸元

部材	材料	評価温度 (°C)	縦弾性係数 E (MPa)	ポアソン比 ν (-)
カバー	SS41	40	202000	0.3

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1 から表 4-4 に示す。

表 4-1 評価条件 (ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備)

m (kg)	F_v' (N/m ²)	L_1 (mm)	L_2 (mm)	r (mm)
45	8938	510	1165	50

表 4-2 評価条件 (サポート)

N (-)	l_1 (mm)	Z (cm ³)	A_{sa} (cm ²)
8	188	3.55	5.644

表 4-3 評価条件 (カバー取付ボルト)

ボルト径 (mm)	n_1 (-)
16 (M16)	8

表 4-4 評価条件 (サポート取付ボルト)

ボルト径 (mm)	n_2 (-)	n_{f2} (-)	l_2 (mm)
10 (M10)	16	8	25

5. 強度評価結果

降下火砕物等の堆積時の強度評価結果を表 5-1 に示す。

カバー、サポート、カバー取付ボルト及びサポート取付ボルトに発生する応力は、許容応力以下である。

表 5-1 評価結果（ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備）

評価対象部位	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
カバー	SS41	組合せ	263	280
サポート	SS41	曲げ	43	280
		せん断	2	161
		組合せ	44	280
カバー取付ボルト	SS41	せん断	4	161
サポート取付ボルト	SS41	引張	77	280
		せん断	6	161
		組合せ	77	280

VI-3-別添 3 津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針

目 次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	1
2.2 評価方針	5
3. 構造強度設計	5
3.1 構造強度の設計方針	5
3.1.1 津波防護施設	5
3.1.2 浸水防止設備	7
3.1.3 津波監視設備	9
3.2 機能保持の方針	9
3.2.1 防波壁	9
3.2.2 防波壁通路防波扉	19
3.2.3 流路縮小工	22
3.2.4 屋外排水路逆止弁	25
3.2.5 防水壁	28
3.2.6 水密扉	33
3.2.7 床ドレン逆止弁	38
3.2.8 隔離弁	40
3.2.9 ポンプ及び配管	42
3.2.10 貫通部止水処置	44
3.2.11 取水槽水位計	46
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	48
4.1 荷重及び荷重の組合せ	48
4.1.1 荷重の種類	48
4.1.2 荷重の組合せ	49
4.2 許容限界	63
4.2.1 施設ごとの許容限界	63
5. 強度評価方法	86
5.1 津波防護施設に関する評価式	86
5.1.1 防波壁	86
5.1.2 防波壁通路防波扉	87
5.1.3 流路縮小工	88
5.2 浸水防止設備に関する評価式	89
5.2.1 屋外排水路逆止弁	89
5.2.2 防水壁	89
5.2.3 水密扉	91
5.2.4 床ドレン逆止弁	92

5.2.5	隔離弁	93
5.2.6	ポンプ	94
5.2.7	配管	94
5.2.8	貫通部止水処置	95
5.3	津波監視設備に関する評価式	95
5.3.1	取水槽水位計	95
6.	適用規格・基準等	97

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第6条及び第51条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に適合する設計とするため、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に基づき設計する津波防護に関する浸水防護施設である津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備が、津波に対して構造健全性を有することを確認するための強度計算方針について説明するものである。

強度計算は、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-2-1「耐津波設計の基本方針」に示す適用規格・基準等を用いて実施する。

各施設の具体的な計算の方法及び結果は、VI-3-別添3-2「津波への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度計算は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」で示す津波による荷重と組合すべき他の荷重による組合せ荷重又は応力が許容限界内にあることを「5. 強度評価方法」に示す評価方法を使用し、「6. 適用規格・基準等」に示す適用規格・基準等を用いて確認する。

2.1 評価対象施設

強度評価の対象施設とする浸水防護施設及び施設分類を表2-1に示す。また、強度評価の対象施設とする浸水防護施設の配置を図2-1に示す。

表 2-1 強度評価の対象施設 (1/2)

施設名称		施設分類	
防波壁	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	津波防護施設	
	防波壁 (逆 T 擁壁)		
	防波壁 (波返重力擁壁)		
防波壁通路防波扉	防波壁通路防波扉 (1号機北側)		
	防波壁通路防波扉 (2号機北側)		
	防波壁通路防波扉 (荷揚場南)		
	防波壁通路防波扉 (3号機東側)		
流路縮小工	1号機取水槽流路縮小工		
屋外排水路逆止弁	屋外排水路逆止弁①		浸水防止設備
	屋外排水路逆止弁②		
	屋外排水路逆止弁③		
	屋外排水路逆止弁④		
	屋外排水路逆止弁⑤		
	屋外排水路逆止弁⑥		
	屋外排水路逆止弁⑦		
	屋外排水路逆止弁⑧-1		
	屋外排水路逆止弁⑧-2		
	屋外排水路逆止弁⑨		
	屋外排水路逆止弁⑩		
	屋外排水路逆止弁⑪		
	屋外排水路逆止弁⑫		
防水壁	取水槽除じん機エリア防水壁		
	復水器エリア防水壁		

表 2-1 強度評価の対象施設 (2/2)

施設名称		施設分類	
水密扉	取水槽除じん機エリア水密扉	浸水防止設備	
	復水器エリア水密扉		
床ドレン逆止弁	取水槽床ドレン逆止弁		
	タービン建物床ドレン逆止弁		
隔離弁	電動弁		
	逆止弁		
ポンプ及び配管			
貫通部止水処置			
取水槽水位計			津波監視設備

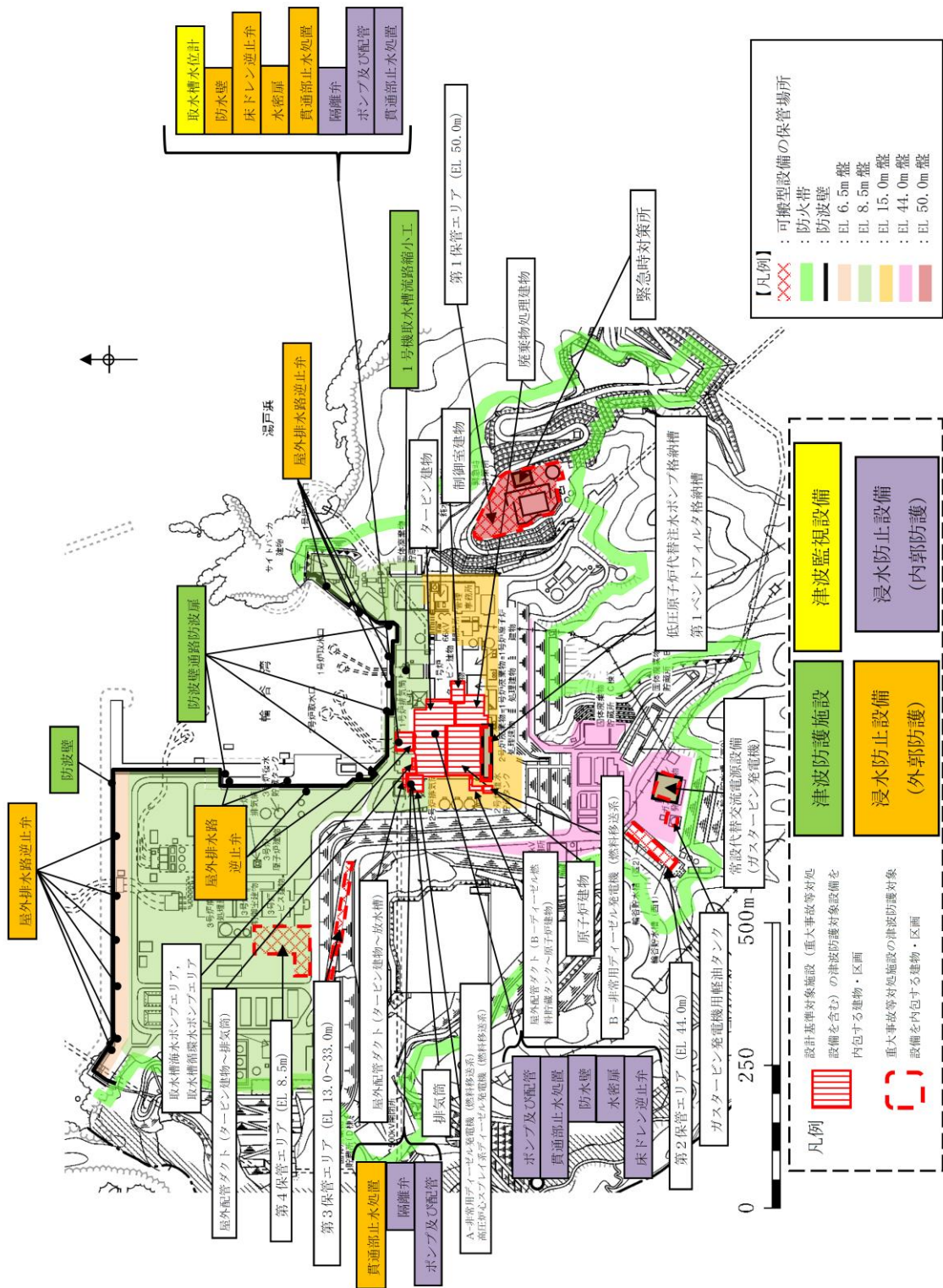


図 2-1 強度評価の対象施設配置図

2.2 評価方針

浸水防護施設は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するため、「2.1 評価対象施設」で分類した施設ごとに、浸水防護に関する強度評価を実施する。

3. 構造強度設計

「2.1 評価対象施設」で設定している施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するよう、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「4. 機能設計」で設定している各施設が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

各施設の構造強度の設計方針を設定し、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、各施設の構造強度を保持するよう構造設計と評価方針を設定する。

3.1 構造強度の設計方針

VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するための設計方針を、「2.1 評価対象施設」ごとに示す。

3.1.1 津波防護施設

(1) 防波壁

防波壁の構造型式としては、多重鋼管杭及び被覆コンクリートを有する杭基礎構造の防波壁（多重鋼管杭式擁壁）、逆T擁壁を有する直接基礎構造の防波壁（逆T擁壁）、重力擁壁及びケーソンを有する直接基礎構造の防波壁（波返重力擁壁）の3種類からなる。

防波壁は構造形式ごとに、以下に示すとおり、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、岩盤に支持される鋼管を多重化して鋼管内をコンクリート又はモルタルで充填した多重鋼管による杭基礎構造と、鋼管及び鉄筋コンクリート造の被覆コンクリート壁による上部構造で構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した敷地への遡上に伴う津波（以下「遡上波」という。）の浸水に伴う津波荷重、余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。なお、漂流物の衝突による荷重に対しては、漂流物対策工を設置し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。被覆コンクリート壁の境界部には止水目地を設置し、有意な漏えいが生じない設計とする。

b. 防波壁（逆T擁壁）

防波壁（逆T擁壁）は、改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の逆T擁壁による直接基礎及びグラウンドアンカで構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。なお、漂流物の衝突による荷重に対しては、漂流物対策工を設置し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。逆T擁壁の境界部には止水目地を設置し、有意な漏えいが生じない設計とする。

c. 防波壁（波返重力擁壁）

防波壁（波返重力擁壁）は、直接岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の重力擁壁並びにマンメイドロック（以下「MMR」という）及び改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の重力擁壁及びケーソンで構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。なお、漂流物の衝突による荷重に対しては、漂流物対策工を設置し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。重力擁壁の境界部には止水目地を設置し、有意な漏えいが生じない設計とする。

(2) 防波壁通路防波扉

防波壁通路防波扉は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、岩盤上の改良地盤又は鋼管杭に支持される鉄筋コンクリート造の基礎スラブによる基礎構造と、鋼製の扉体及び戸当りで構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、風及び積雪による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。なお、漂流物の衝突による荷重に対しては、漂流物対策工を設置し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(3) 流路縮小工

1号機取水槽流路縮小工は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、1号機取水管端部に鋼製の縮小板（貫通部径：m）を設けた構造とし、十分な支持性能を有する1号機取水槽北側壁に設置し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

3.1.2 浸水防止設備

(1) 屋外排水路逆止弁

屋外排水路逆止弁は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設的设计方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、鋼製の扉体で構成し、改良地盤又は十分な支持性能を有する防波壁に設置された集水柵に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(2) 防水壁

防水壁は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設的设计方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 取水槽除じん機エリア防水壁

取水槽除じん機エリア防水壁は、鋼製の防水壁で構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風による荷重に対し、十分な支持機能を有する取水槽に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 復水器エリア防水壁

復水器エリア防水壁は、鋼製の防水壁で構成し、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、十分な支持性能を有する建物に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(3) 水密扉

水密扉は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設的设计方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 取水槽除じん機エリア水密扉

取水槽除じん機エリア水密扉は、鋼製の水密扉で構成し、繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風による荷重に対し、十分な支持機能を有する取水槽に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材が構造健全性を保持する設計とする。

b. 復水器エリア水密扉

復水器エリア水密扉は、鋼製の水密扉で構成し、地震による溢水に加えて津波の流入

を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、十分な支持性能を有する建
物に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健
全性を保持する設計とする。

(4) 床ドレン逆止弁

床ドレン逆止弁は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設的设计方針」の「3. 要求機
能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計
上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 取水槽床ドレン逆止弁

取水槽床ドレン逆止弁は、鋼製の弁本体、フロートガイド等で構成し、十分な支持機
能を有する取水槽に設置するとともに、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津
波の流入に伴う津波荷重、余震及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使
用性を考慮し、主要な構造部材が構造健全性を保持する設計とする。

b. タービン建物床ドレン逆止弁

タービン建物床ドレン逆止弁は、鋼製の弁本体、フロートガイド等で構成し、十分な
支持性能を有するタービン建物に設置するとともに、地震による溢水に加えて津波の流
入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、地震後、津波後の再使
用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(5) 隔離弁

隔離弁は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設的设计方針」の「3. 要求機能及び性
能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能
目標を踏まえた設計とする。

a. 電動弁

電動弁は鋼製の弁本体等で構成し、十分な支持機能を有する取水槽に設置するととも
に、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震に
よる荷重に対し、浸水防止機能を保持する設計とする。

b. 逆止弁

逆止弁は鋼製の弁本体等で構成し、十分な支持性能を有する屋外配管ダクト（タービ
ン建物～放水槽）内の配管に設置するとともに、地震後の繰返しの来襲を想定した経路
からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、浸水防止機能を保持する
設計とする。

(6) ポンプ及び配管

ポンプ及び配管は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設的设计方針」の「3. 要求機

能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、鋼製のポンプ及び配管で構成し、十分な支持性能を有する取水槽、原子炉建物、タービン建物又は屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）に設置するとともに、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、浸水防止機能を保持する設計とする。

(7) 貫通部止水処置

貫通部止水処置は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波及び地震による溢水に加えて、津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、取水槽除じん機エリア、放水槽及びタービン建物（復水器を設置するエリア）の貫通口と貫通物との隙間をシール材、ブーツ又はモルタルにより塞ぐ構造とし、止水性の保持を考慮して主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

3.1.3 津波監視設備

(1) 取水槽水位計

取水槽水位計は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.3 津波監視設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、漂流物の影響を受けにくい取水槽に検出器を設置し、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、監視機能が保持できる設計とするために、主要な構造部材が構造健全性を保持する設計とする。

3.2 機能保持の方針

VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえ、VI-1-1-3-2-1「耐津波設計の基本方針」の「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護施設の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界 b. 荷重の組合せ」及び「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護施設の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界 c. 許容限界」で設定している荷重を適切に考慮して、各施設の構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

3.2.1 防波壁

(1) 構造設計

防波壁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。防波壁の構造計画を表 3.2-1-1～表 3.2-1-3 に示す。

a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、鋼管杭及び被覆コンクリート壁による上部工を有する杭基礎構造とし、鋼管杭を十分な支持性能を有する岩盤に支持させる構造とする。また、多重鋼管杭式擁壁の陸側に難透水性を保持するために改良地盤を設置する。

隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水目地を設置する。

b. 防波壁（逆T擁壁）

防波壁（逆T擁壁）は、改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の逆T擁壁による直接基礎及びグラウンドアンカで構成し、十分な支持性能を有する岩盤及び改良地盤に支持させる構造とする。

隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水目地を設置する。

c. 防波壁（波返重力擁壁）

防波壁（波返重力擁壁）は、鉄筋コンクリート造の重力擁壁を有し、岩盤に直接支持させる構造、又はMMR及び改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造のケーソンによる直接基礎構造とし、十分な支持性能を有する岩盤に支持させる構造とする。また、岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の重力擁壁においては、構造物と岩盤の境界にH形鋼を設置し滑動を防止する構造とする。

隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水目地を設置する。

(2) 評価方針

防波壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である鋼管杭及び被覆コンクリート壁が、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性にとどまることを確認する。

また、基礎地盤（岩盤）については、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造物の境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。

b. 防波壁（逆T擁壁）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である逆T擁壁及びグラウンドアンカが、地震後、津波後の再使用性

や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性にとどまることを確認する。

また、基礎地盤（岩盤及び改良地盤）については、防波壁（逆T擁壁）を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造物の境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。

c. 防波壁（波返重力擁壁）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である重力擁壁、ケーソン及びH形鋼が、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材がおおむね弾性にとどまることを確認する。

また、岩盤、MMR及び改良地盤について、防波壁（波返重力擁壁）を支持する岩盤、MMR及び改良地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造物の境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。

表3.2-1-1 構造計画（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））（1/2）

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

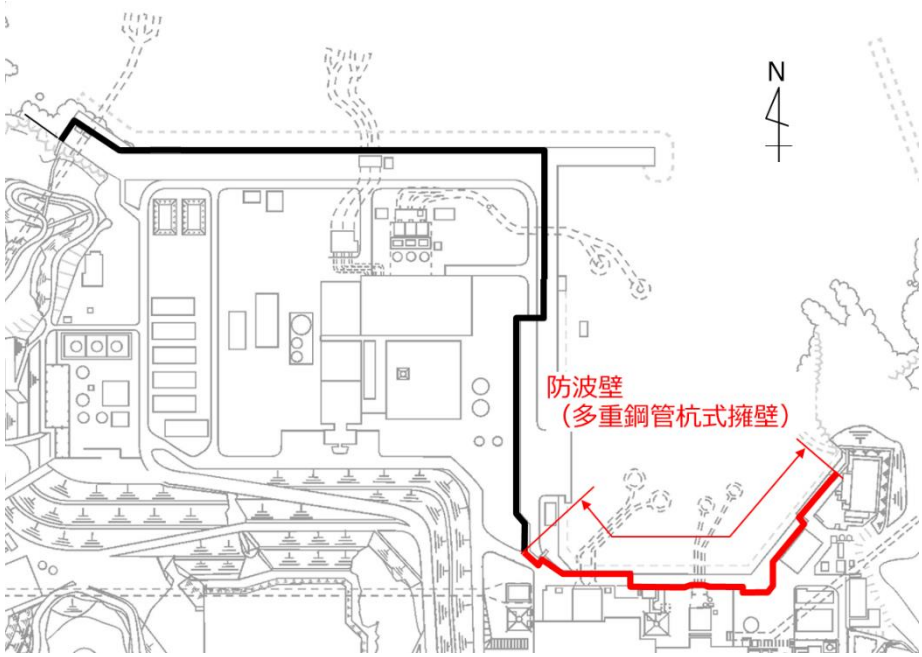
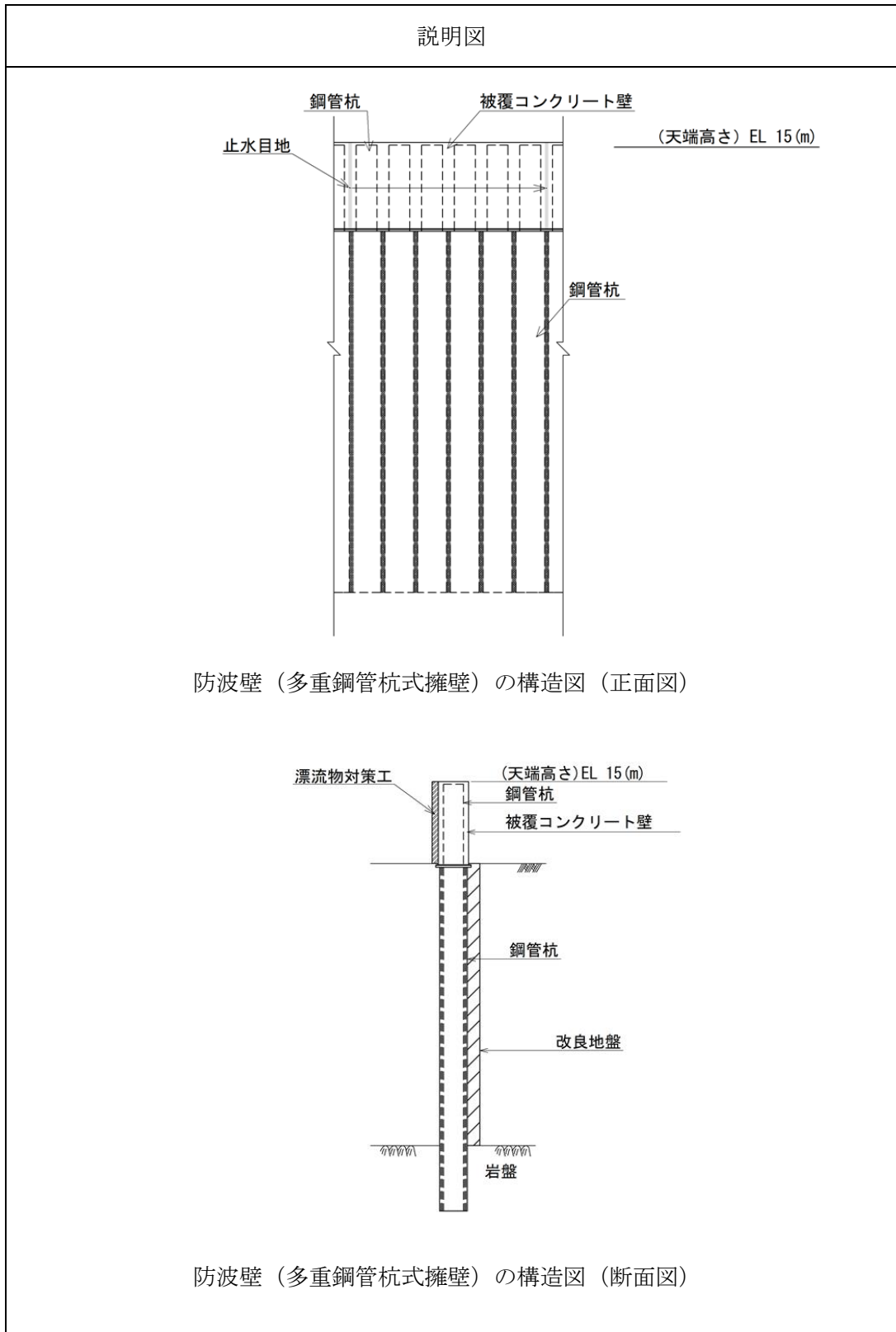
配置図		
		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
十分な支持性能を有する岩盤に設置する。	鋼管杭，被覆コンクリート壁から構成される。	次頁に記載

表3.2-1-1 構造計画（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））（2/2）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R0

表3.2-1-2 構造計画（防波壁（逆T擁壁））（1/2）

S2 補 VI-3-3-別添3-1 R0

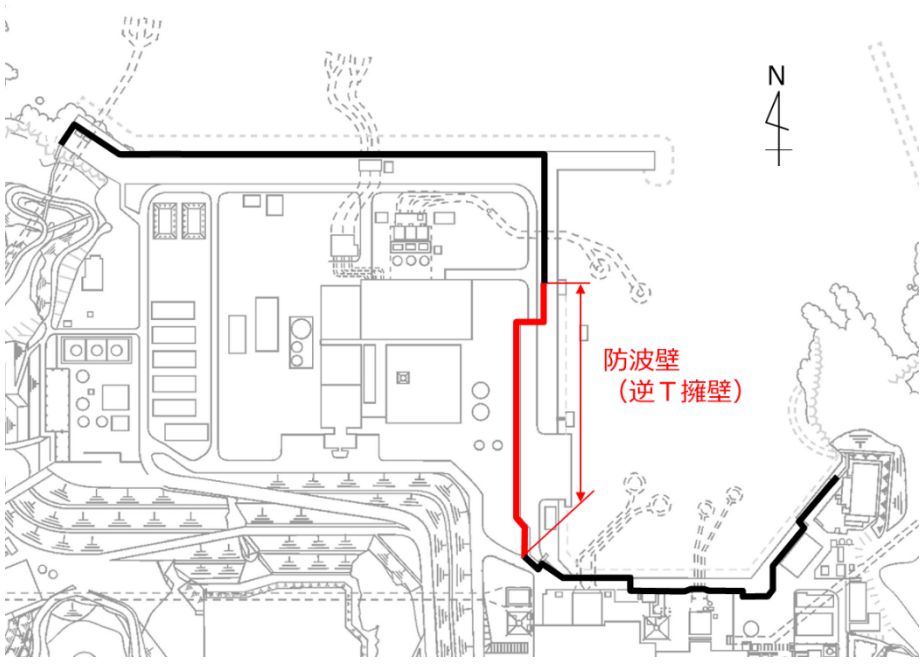
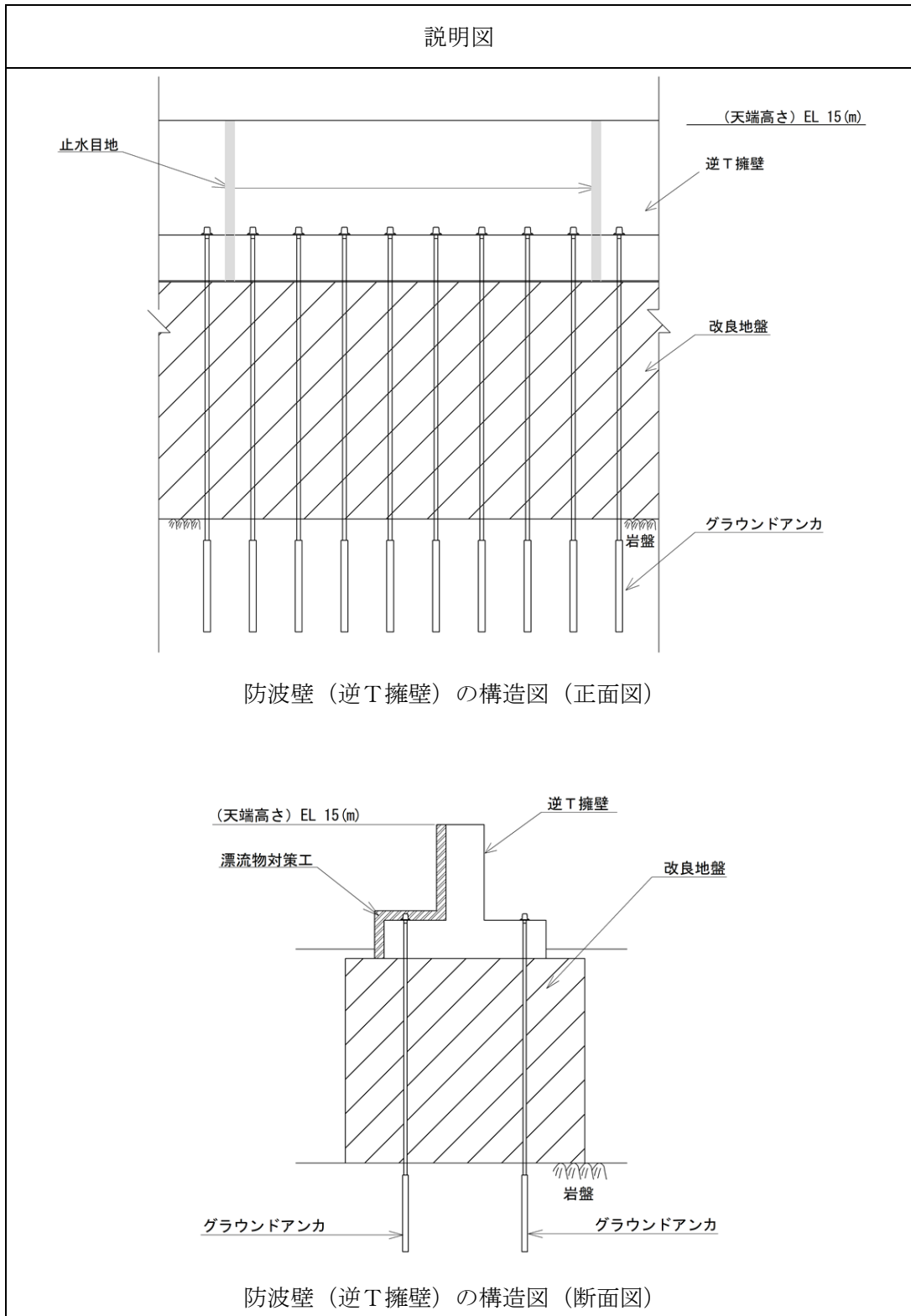
配置図		
		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>十分な支持性能を有する岩盤及び改良地盤に設置する。</p>	<p>逆T擁壁，グラウンドアンカから構成される。</p>	<p>次頁に記載</p>

表3.2-1-2 構造計画（防波壁（逆T擁壁））（2/2）



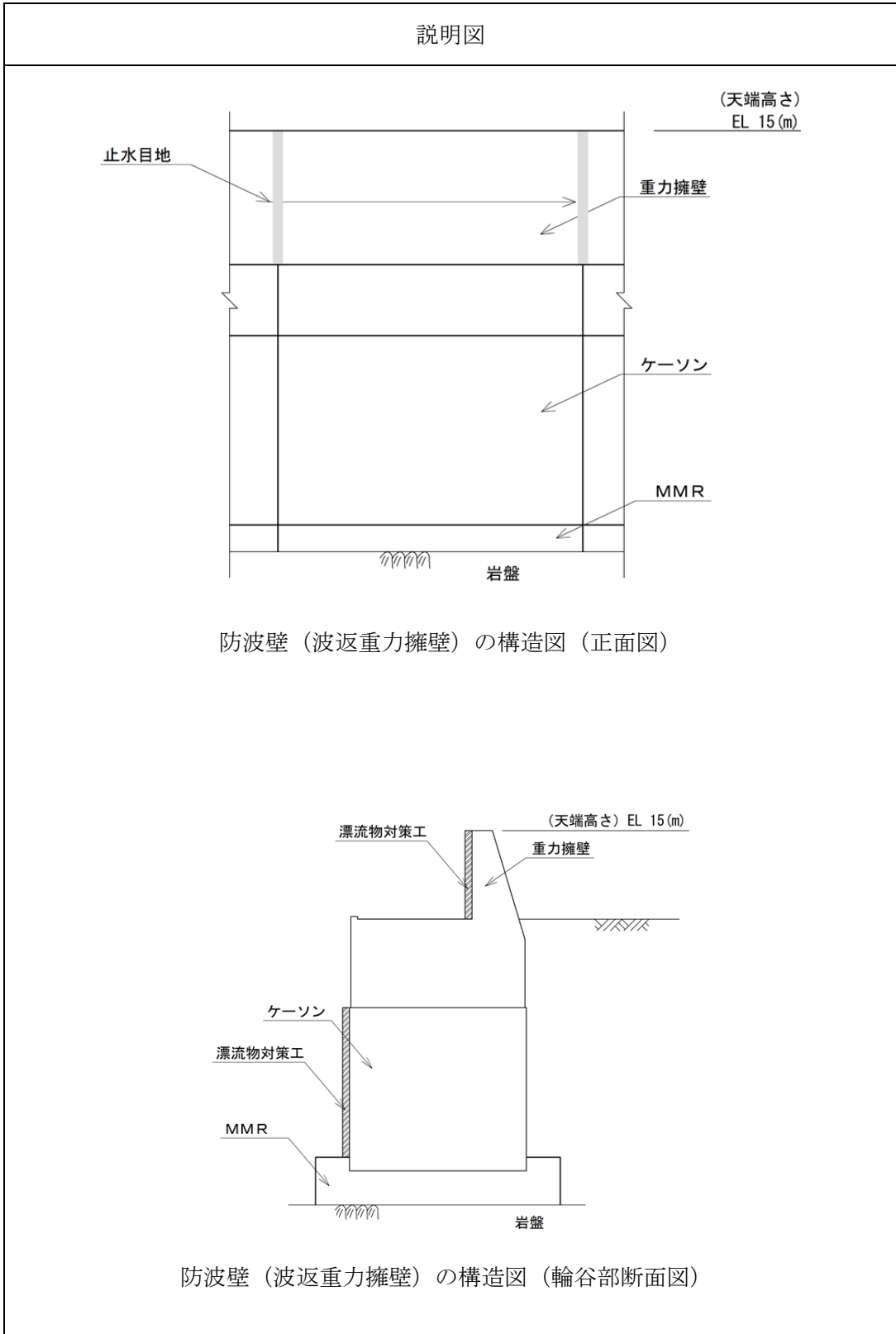
S2 補 VI-3-別添3-1 R0

表3.2-1-3 構造計画（防波壁（波返重力擁壁））（1/3）

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

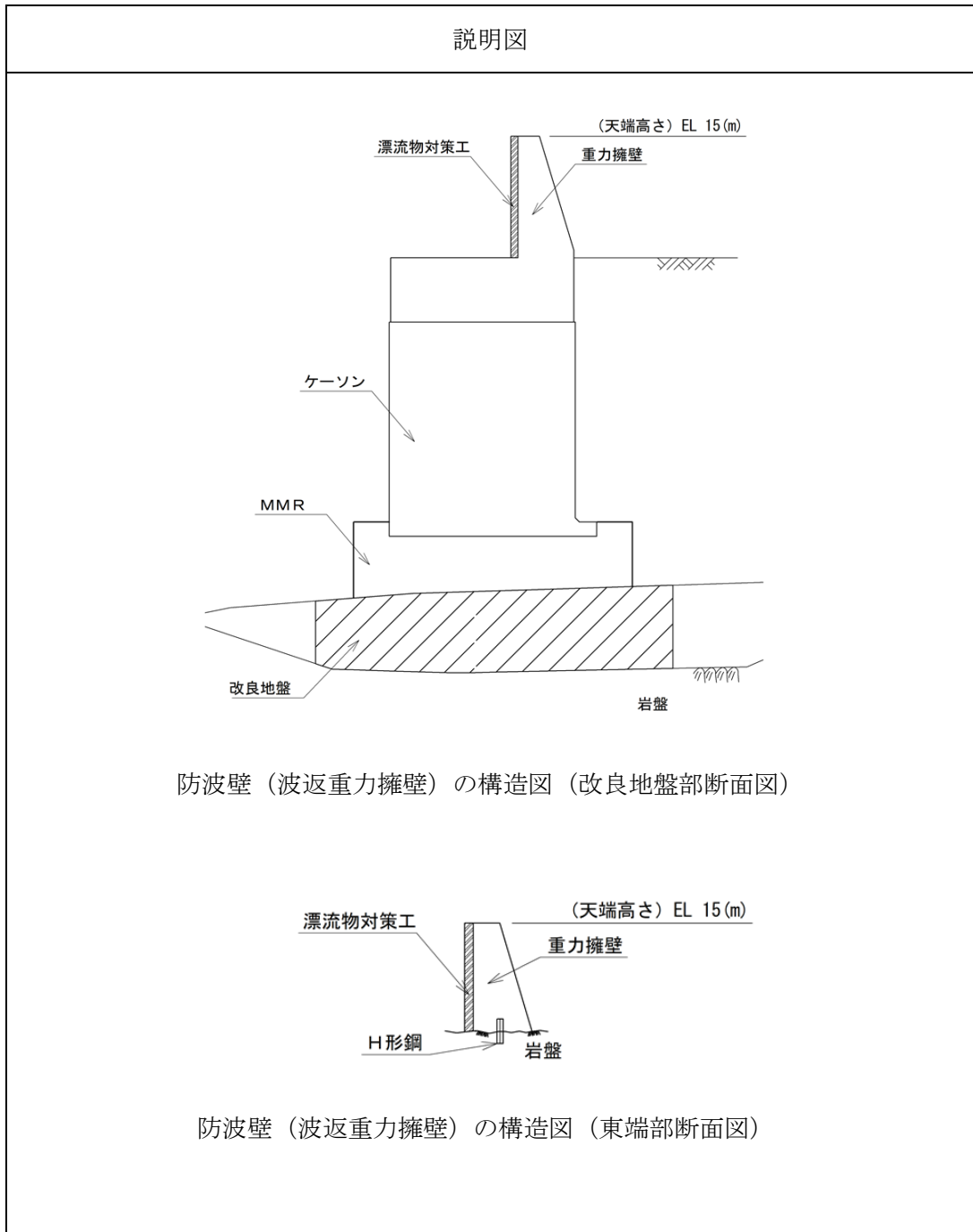
配置図		説明図
<p>配置図</p>		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
十分な支持性能を有する岩盤及びMMR又は改良地盤に設置する。	重力擁壁, ケーソン, H形鋼から構成される。	
		次頁に記載

表3.2-1-3 構造計画（防波壁（波返重力擁壁））（2/3）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R0

表3.2-1-3 構造計画（防波壁（波返重力擁壁））（3/3）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R0

3.2.2 防波壁通路防波扉

(1) 構造設計

防波壁通路防波扉は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

防波壁通路防波扉は、鋼製の扉体及び戸当りで構成される。

防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側，荷揚場南）は鉄筋コンクリート造の基礎スラブを有する杭基礎構造とし，鋼管杭を十分な支持性能を有する岩盤に支持させる構造とする。

防波壁通路防波扉（3号機東側）は改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の基礎スラブによる直接基礎構造とし，十分な支持性能を有する岩盤及び改良地盤に支持させる構造とする。

防波壁通路防波扉の構造計画を表 3.2-2 に示す。

(2) 評価方針

防波壁通路防波扉は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，風及び積雪を考慮した荷重に対し，主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，構造部材である扉体，戸当り，鋼管杭及び基礎スラブ（鉄筋コンクリート）が地震後，津波後の再使用性や，津波の繰返し作用を想定し，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，構成する部材がおおむね弾性にとどまることを確認する。

また，基礎地盤（岩盤及び改良地盤）については，防波壁通路防波扉を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

また，止水機能を損なわないよう，扉体及び戸当りがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

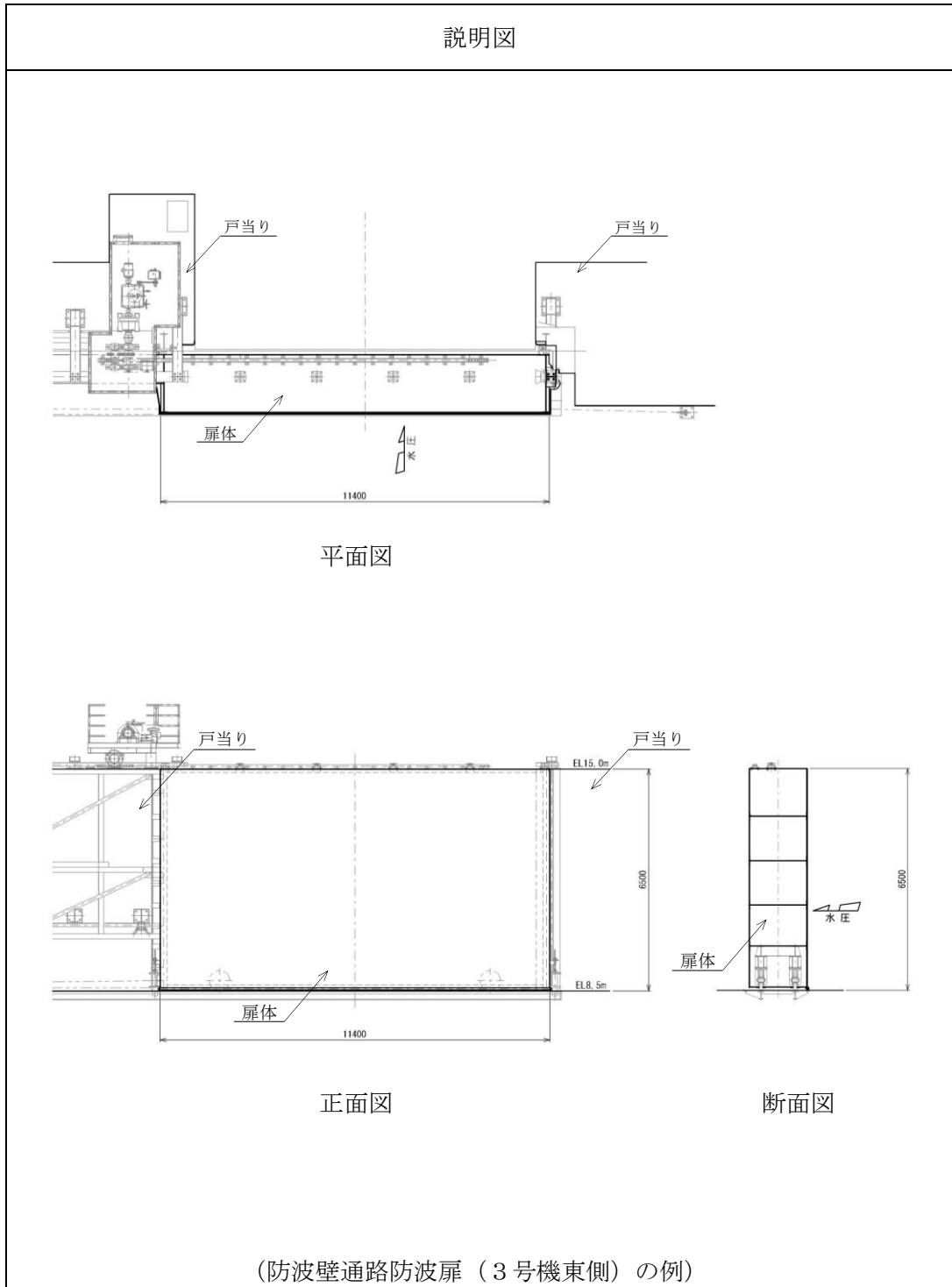
表3.2-2 構造計画（防波壁通路防波扉）（1/2）

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

配置図		
計画の概要		
基礎・支持構造	主体構造	説明図
<p>十分な支持性能を有する岩盤及び改良地盤に設置する。</p>	<p>扉体, 戸当り, 鋼管杭, 鉄筋コンクリートから構成される。</p>	<p>次頁に記載</p>

表3.2-2 構造計画（防波壁通路防波扉）（2/2）

S2 補 VI-3-別添3-1 R0



3.2.3 流路縮小工

(1) 構造設計

1号機取水槽流路縮小工は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

1号機取水槽流路縮小工は、十分な支持性能を有する1号機取水槽北側壁に設置し、1号機取水管端部に鋼製の縮小板（貫通部径：m）を設けた構造とし、流路を縮小するものである。


1号機取水槽流路縮小工の構造計画を表3.2-3に示す。

(2) 評価方針

1号機取水槽流路縮小工は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

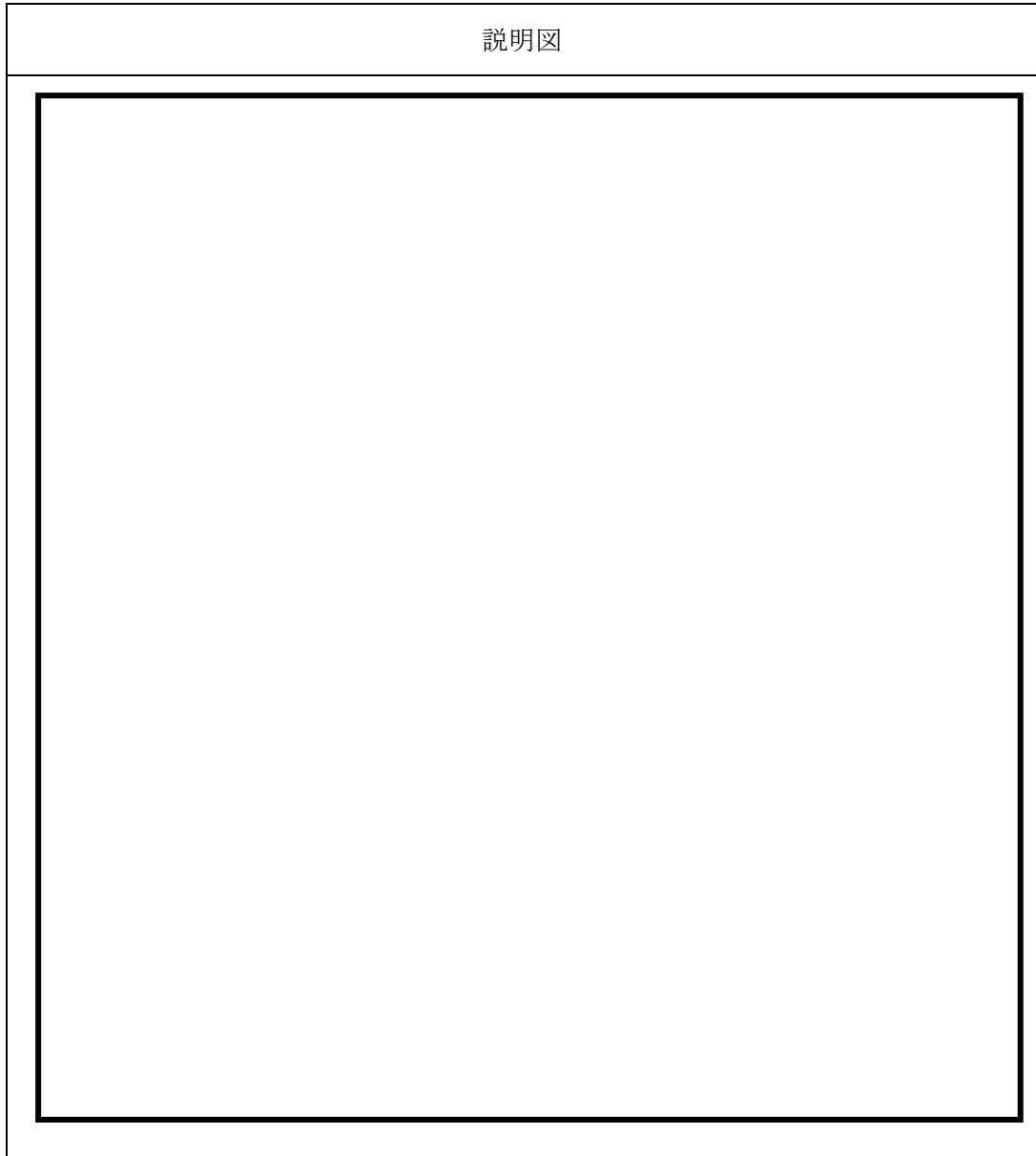
地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、構造部材である縮小板、固定ボルト及び1号機取水管端部が、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、構成する部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表3.2-3 構造計画（流路縮小工）（1/2）

配置図		
		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	<p>次頁に記載</p>
<p>十分な支持性能を有する1号機取水槽北側壁に設置する。</p>	<p>取付板及び縮小板から構成される。</p>	

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

表3.2-3 構造計画（流路縮小工）（2/2）



S2 補 VI-3-別添3-1 R0

3.2.4 屋外排水路逆止弁

(1) 構造設計

屋外排水路逆止弁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

屋外排水路逆止弁は、鋼製の扉体（板材及び補強材）を主体構造とする。

屋外排水路逆止弁は、改良地盤又は十分な支持性能を有する防波壁に設置された鉄筋コンクリート造の集水桝にアンカーで固定する構造とする。また、扉体に作用する荷重は、アンカーを介して鉄筋コンクリート造の集水桝に伝達する構造とする。

屋外排水路逆止弁の構造計画を表 3.2-4 に示す。

(2) 評価方針

屋外排水路逆止弁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震を考慮した荷重に対し、扉体（板材及び補強材）がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

また、止水機能を損なわないよう、漏えいが想定される隙間は、圧着構造となるよう、扉体（板材及び補強材）がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

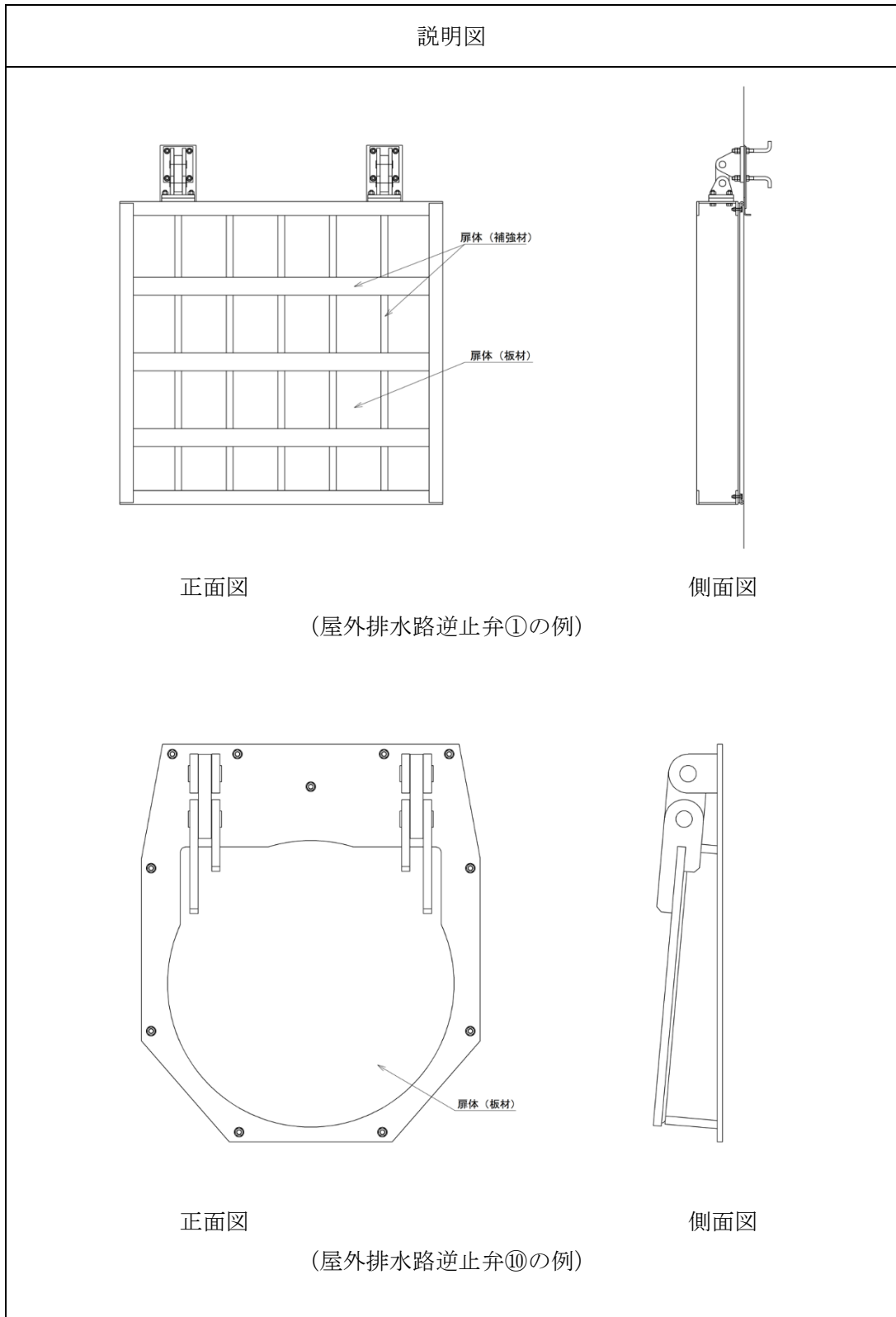
表3.2-4 構造計画（屋外排水路逆止弁）（1/2）

配置図		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
改良地盤又は十分な支持性能を有する防波壁に設置する。	鋼製の扉体（板材及び補強材）から構成される。	次頁に記載

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

表3.2-4 構造計画（屋外排水路逆止弁）（2/2）

S2 補 VI-3-別添3-1 R0



3.2.5 防水壁

(1) 構造設計

防水壁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

a. 取水槽除じん機エリア防水壁

取水槽除じん機エリア防水壁は、鋼板、柱、水平材及びアンカーボルトを主体構造とし、鉄筋コンクリートの取水槽天端にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。また、防水壁に作用する荷重は、アンカーボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達する構造とする。

取水槽除じん機エリア防水壁の構造計画を表 3.2-5-1 に示す。

b. 復水器エリア防水壁

復水器エリア防水壁は、鋼板、柱、梁、胴縁、根太、斜材、ブレース及びアンカーボルトを主体構造とし、鉄筋コンクリートの建物躯体にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。

復水器エリア防水壁の構造計画を表 3.2-5-2 に示す。

(2) 評価方針

a. 取水槽除じん機エリア防水壁

取水槽除じん機エリア防水壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重及び風による荷重に対し、止水機能を損なわないよう、鋼板、柱、水平材及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 復水器エリア防水壁

復水器エリア防水壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、止水機能を損なわないよう、鋼板、柱、梁、胴縁、根太、斜材、ブレース及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表3.2-5-1 構造計画（取水槽除じん機エリア防水壁）（1/2）

配置図		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
取水槽天端にアンカーボルトにより固定する。	鋼板, 柱, 水平材及びアンカーボルトから構成される。	次頁に記載

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

表3.2-5-1 構造計画（取水槽除じん機エリア防水壁）（2/2）

S2 補 VI-3-別添 3-1 R0

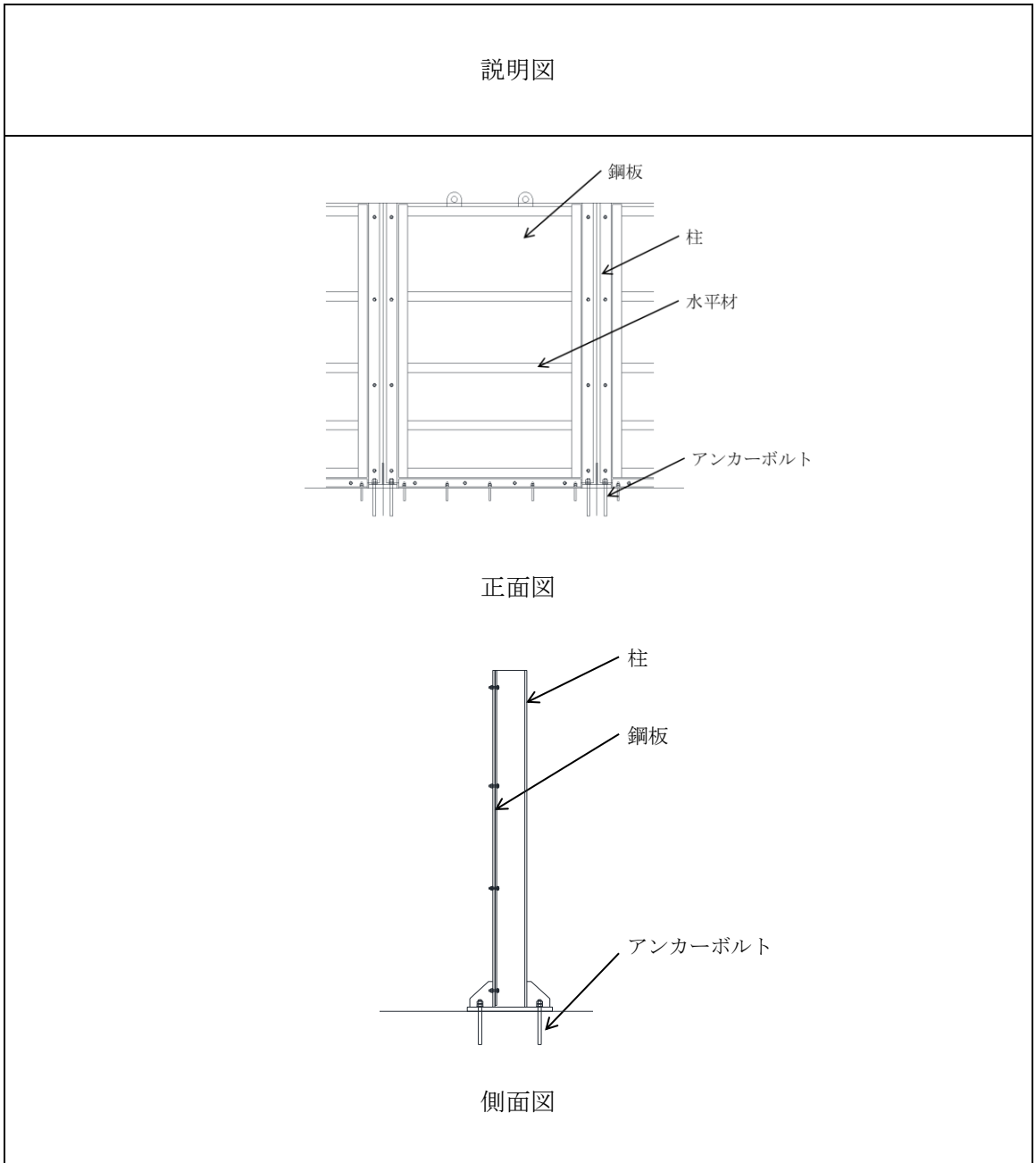


表 3.2-5-2 構造計画（復水器エリア防水壁）（1/2）

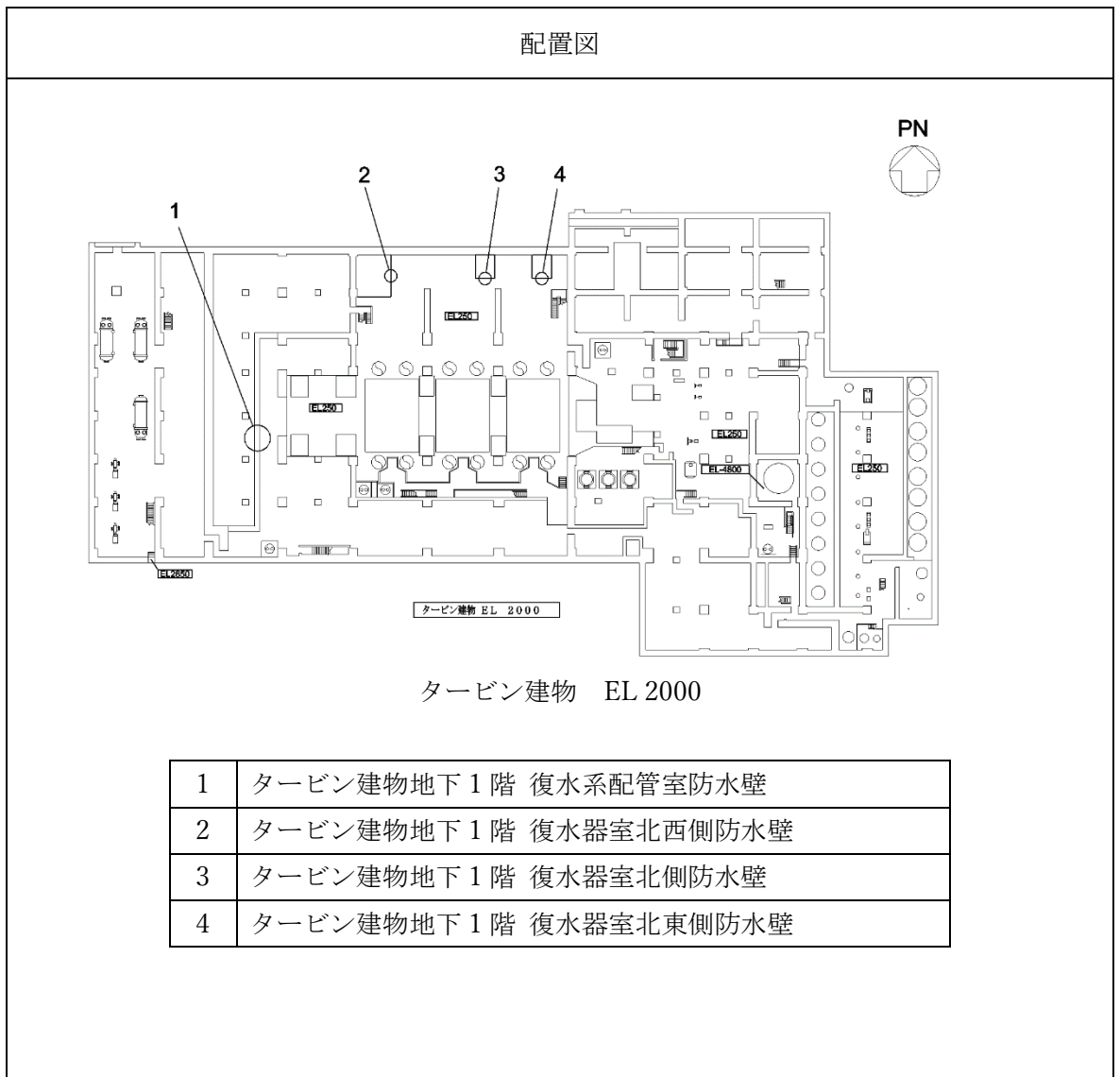
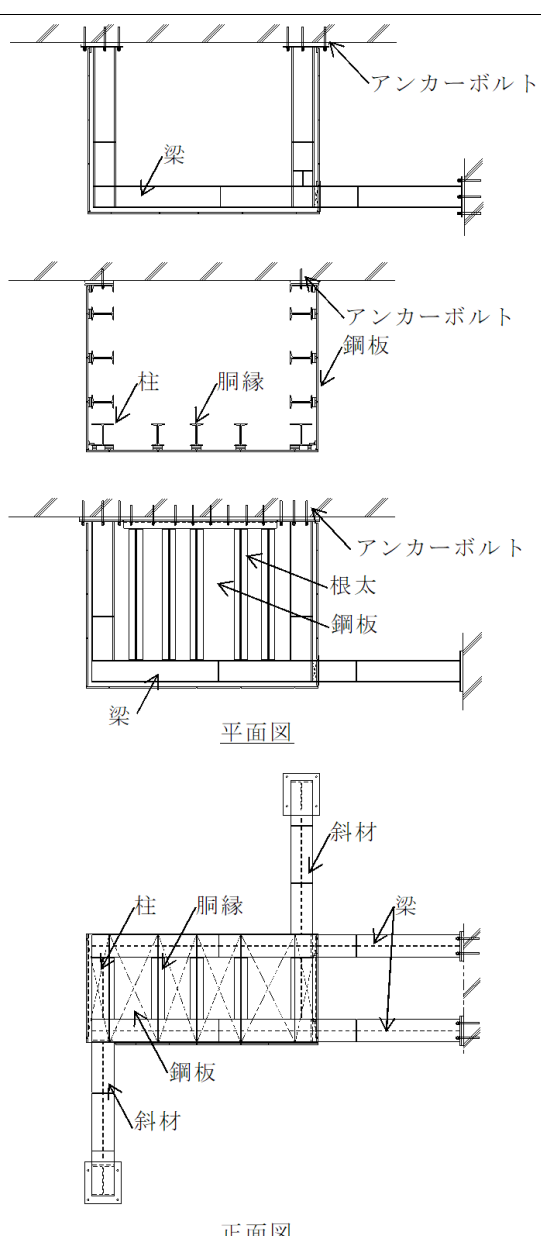


表 3.2-5-2 構造計画（復水器エリア防水壁）（2/2）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
	<p>柱, 梁, 胴縁, 根太 及び斜材で補強し た鋼板を建物躯体 にアンカーボルト にて固定する。</p>	<p>鋼板, 柱, 梁, 胴縁, 根太, 斜材及びア ンカーボルトによ り構成する。</p> 

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

3.2.6 水密扉

水密扉は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

(1) 構造設計

a. 取水槽除じん機エリア水密扉

取水槽除じん機エリア水密扉（東、西）は、鋼製の扉板及び水平材を主体構造とし、取水槽天端に設置した鋼製の支柱をアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。

また、作用する荷重については、扉板、水平材、外部縦柱及び水密扉戸当り用支柱に伝わり、アンカーボルトを介して取水槽天端に伝達する構造とする。

取水槽除じん機エリア水密扉（北）は、鋼製の扉板を主体構造とし、周囲の開口部との間に設置した鋼製の扉枠を支柱にボルトで固定し、支持する構造とする。

また、作用する荷重については、扉板、カンヌキ及び扉枠に伝わり、水密扉戸当り用支柱及びアンカーボルトを介して取水槽天端に伝達する構造とする。

取水槽除じん機エリア水密扉の構造計画を表 3.2-6-1 に示す。

b. 復水器エリア水密扉

復水器エリア水密扉は、扉板、芯材及び固定部としてカンヌキを主体構造とし、扉枠を介して建物躯体にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。

また、作用する荷重については、扉板、芯材、カンヌキ及び扉枠に伝わり、アンカーボルトを介して周囲の建物の床及び壁に伝達する構造とする。

復水器エリア水密扉の構造計画を表 3.2-6-2 に示す。

(2) 評価方針

a. 取水槽除じん機エリア水密扉

取水槽除じん機エリア水密扉は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

取水槽除じん機エリア水密扉（東、西）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風による荷重に対し、扉板、水密扉戸当り用支柱、水平材、外部縦柱及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

取水槽除じん機エリア水密扉（北）は、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風による荷重に対し、扉板、水密扉戸当り用支柱、カンヌキ及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 復水器エリア水密扉

復水器エリア水密扉は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表3.2-6-1 構造計画（取水槽除じん機エリア水密扉）（1/2）

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

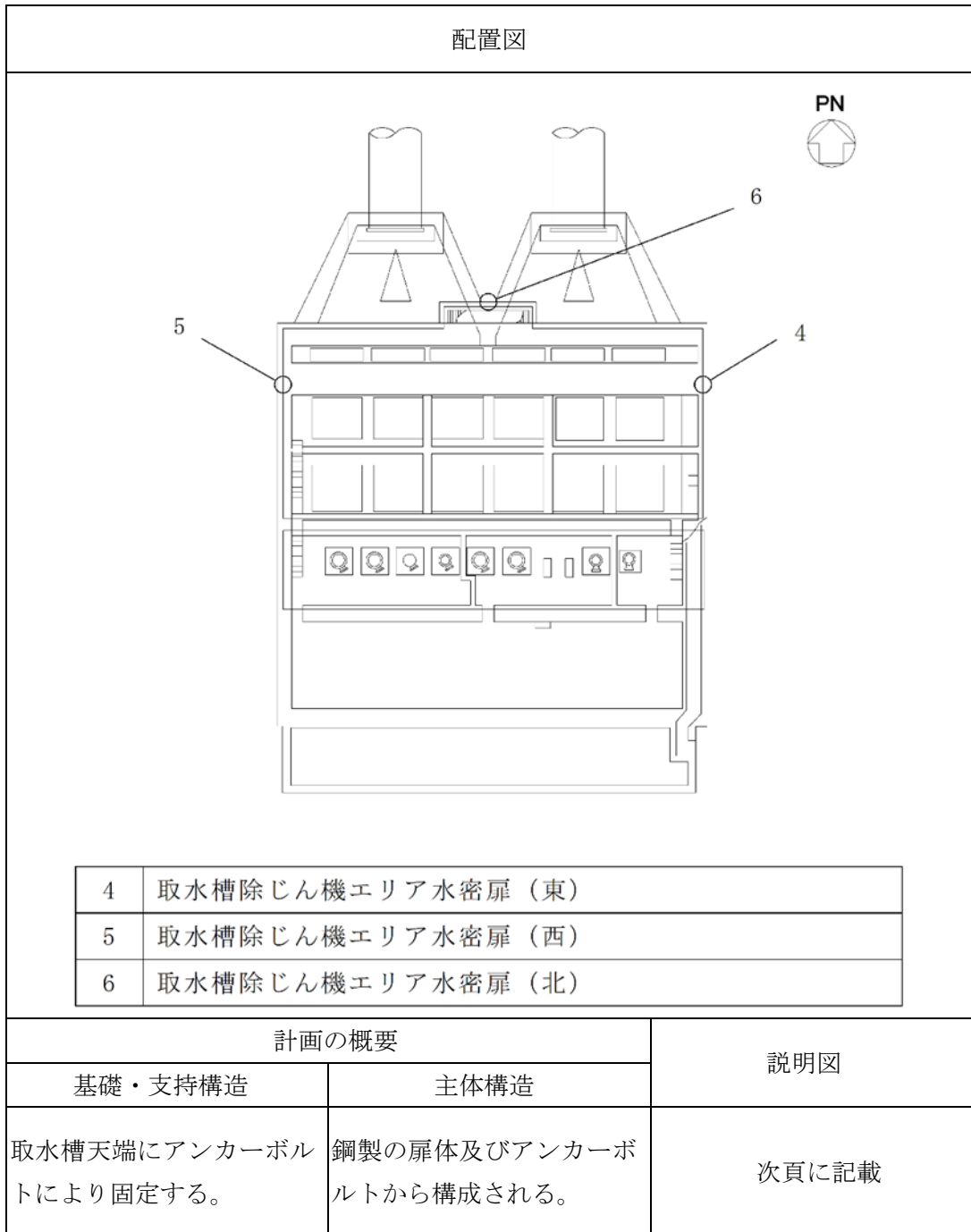
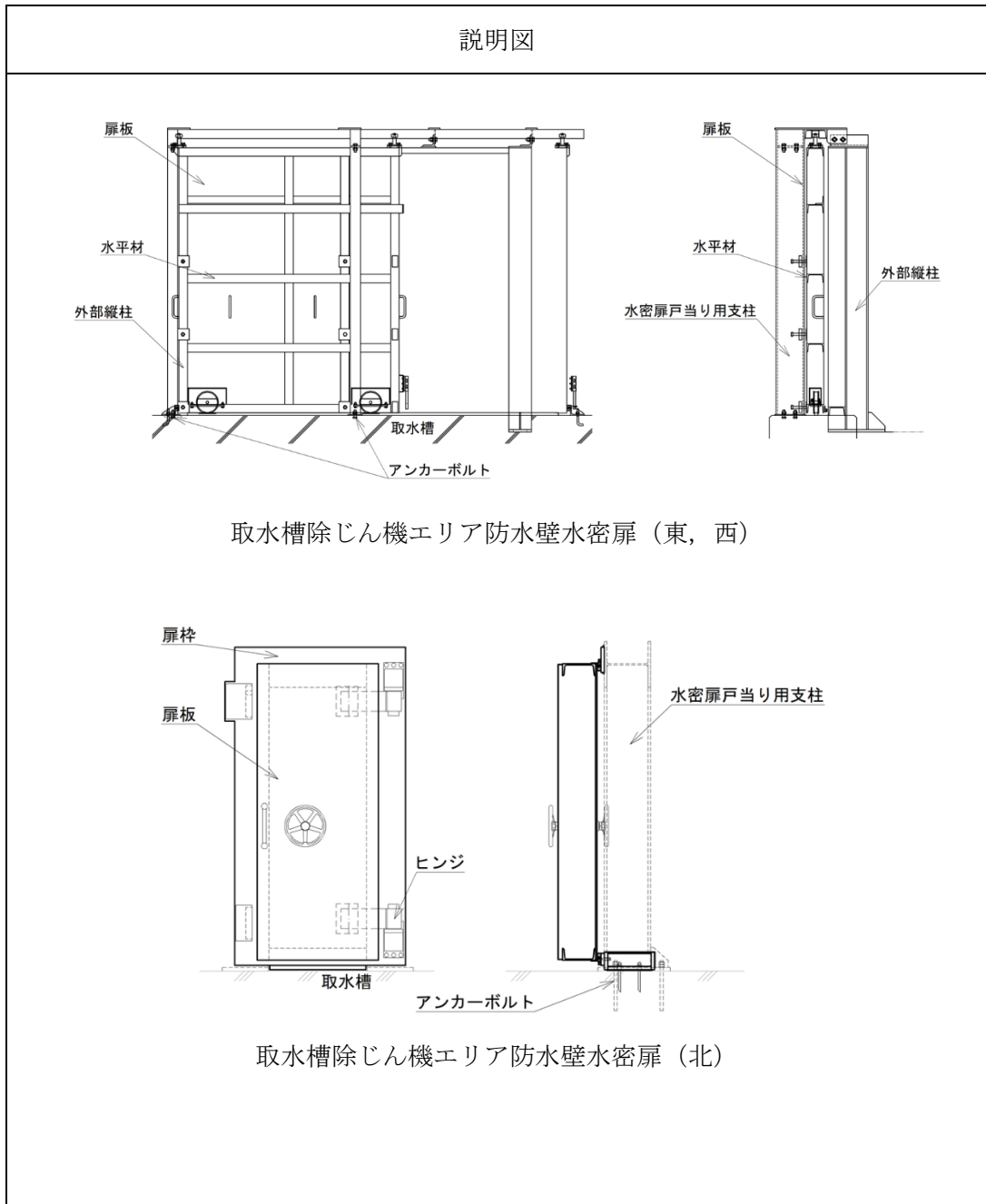


表3.2-6-1 構造計画（取水槽除じん機エリア水密扉）（2/2）



S2 補 VI-3-別添3-1 R0

表3.2-6-2 構造計画（復水器エリア水密扉）（1/2）

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

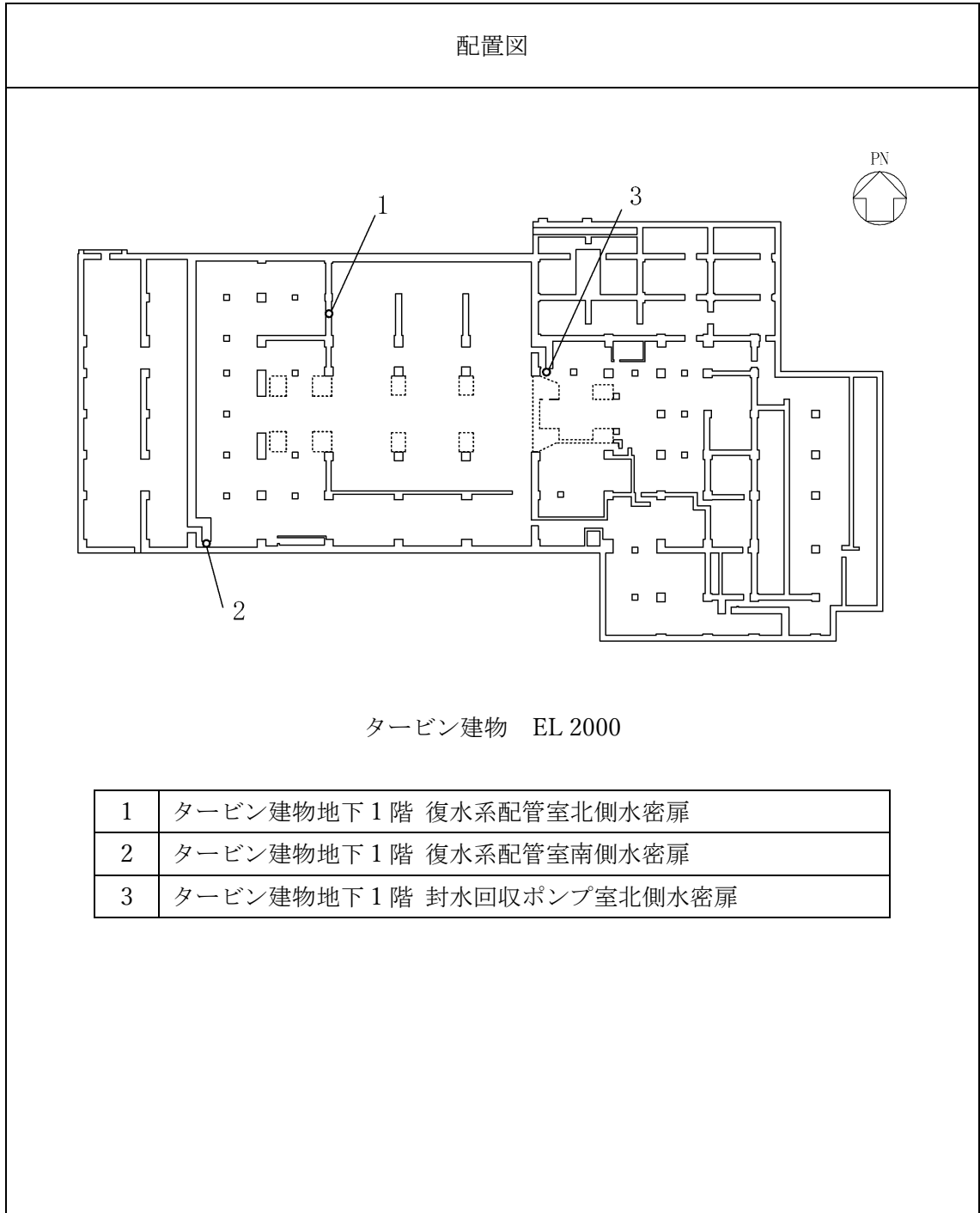


表3.2-6-2 構造計画（復水器エリア水密扉）（2/2）

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

3.2.7 床ドレン逆止弁

(1) 構造設計

a. 取水槽床ドレン逆止弁

取水槽床ドレン逆止弁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

取水槽床ドレン逆止弁は、弁座を含む弁本体、弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成し、弁本体を基礎ボルトで基礎に据え付ける構造とする。

b. タービン建物床ドレン逆止弁

タービン建物床ドレン逆止弁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

タービン建物床ドレン逆止弁は、弁座を含む弁本体、弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成し、床面設置の床ドレン配管の取付部に直接ねじ込み固定する構造とする。

床ドレン逆止弁の構造計画を表 3.2-7 に示す。

(2) 評価方針

床ドレン逆止弁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

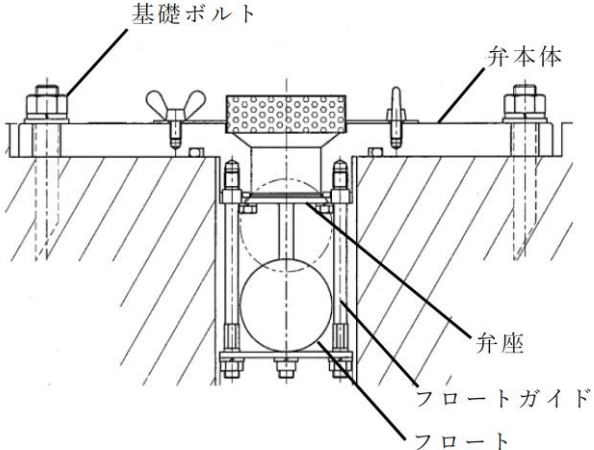
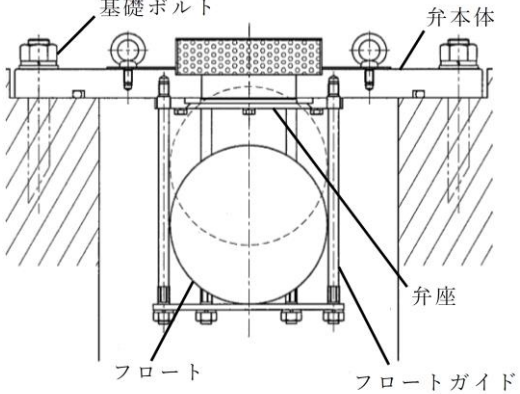
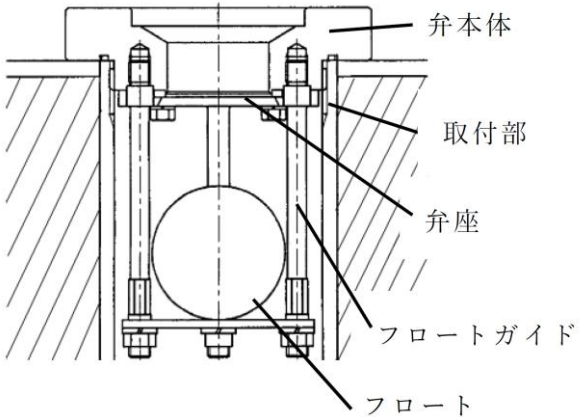
a. 取水槽床ドレン逆止弁

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重、余震及び積雪を考慮した荷重に対し、取水槽床ドレン逆止弁の評価対象部位に作用する応力等がおおむね弾性状態にとどまること及び有意な漏えいが生じないことを確認する。

b. タービン建物床ドレン逆止弁

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重に対し、タービン建物床ドレン逆止弁の評価対象部位に作用する応力等がおおむね弾性状態にとどまること及び有意な漏えいが生じないことを確認する。

表 3.2-7 構造計画 (床ドレン逆止弁)

計画の概要				概略構造図
型式	基礎・支持構造	主体構造		
取水槽 床ドレン 逆止弁	80A型 (フランジ取付型)	弁本体を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	弁座を含む弁本体、弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成する。	
	300A型			
タービン建物 床ドレン逆止弁	80A型 (ねじ込み取付型)	配管の取付部に直接ねじ込み固定する。		

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

3.2.8 隔離弁

(1) 構造設計

隔離弁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

a. 電動弁

電動弁は弁本体、弁体及びモータ部を主体構造とし、タービン補機海水系配管に支持される構造とする。

b. 逆止弁

逆止弁は弁本体及び弁体を主体構造とし、タービン補機海水系配管又は液体廃棄物処理系配管に支持される構造とする。

隔離弁の構造計画を表 3.2-8 に示す。

(2) 評価方針

隔離弁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、隔離弁の評価対象部位に有意な漏えいが生じないことを確認する。

表 3.2-8 構造計画（隔離弁）

配置図		
<p>屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）</p> <p>タービン建物</p> <p>放水槽</p> <p>TCW熱交</p> <p>廃棄物処理建物より</p> <p>取水槽</p> <p>PN</p> <p>【凡例】</p> <p>⊘: 隔離弁（電動弁, 逆止弁）</p> <p>←: タービン補機海水系配管</p> <p>←: 液体廃棄物処理系配管</p> <p>Ⓡ: 原子炉補機海水ポンプ</p> <p>Ⓜ: 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ</p> <p>Ⓣ: タービン補機海水ポンプ</p> <p>Ⓢ: 循環水ポンプ</p> <p>Ⓛ: 除じんポンプ</p>		
計画の概要		
型式	基礎・支持構造	主体構造
電動弁	系統配管に支持される構造とする。	弁本体, 弁体及びモータ部から構成する。
逆止弁		弁本体及び弁体から構成する。
概略構造図		
<p>モータ</p> <p>弁体</p> <p>弁体</p>		

S2 補 VI-3-別添3-1 R0

3.2.9 ポンプ及び配管

(1) 構造設計

ポンプ及び配管は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ鋼製とし、ポンプについては基礎ボルトで基礎に据え付け、配管については支持構造物により床、壁等から支持する構造とする。

ポンプ及び配管の構造計画を表 3.2-9 に示す。

(2) 評価方針

ポンプ及び配管は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、ポンプ及び配管の評価対象部位に作用する応力等がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-9 構造計画（ポンプ及び配管）

計画の概要			概略構造図
型式	基礎・支持構造	主体構造	
ポンプ	基礎ボルトで基礎に据え付ける構造とする。	ポンプケーシング，モータから構成する。	
配管	支持構造物により床，壁等から支持する構造とする。	配管から構成する。	

S2 補 VI-3-別添 3-1 R0

3.2.10 貫通部止水処置

(1) 構造設計

貫通部止水処置は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。貫通部止水処置は、取水槽除じん機エリア、放水槽及びタービン建物（復水器を設置するエリア）の貫通口と貫通物との隙間をシール材、ブーツ又はモルタルにより止水する構造とする。

なお、電路貫通部については、シール材が型崩れしないよう金属ボックスをアンカーボルトで壁又は床に固定し、金属ボックスにシール材を充填する場合がある。

貫通部止水処置の構造計画を表 3.2-10 に示す。

(2) 評価方針

貫通部止水処置は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

シール材及びブーツによる止水処置については、考慮する荷重に対し、シール材及びブーツに有意な漏えいが生じないことを確認する。

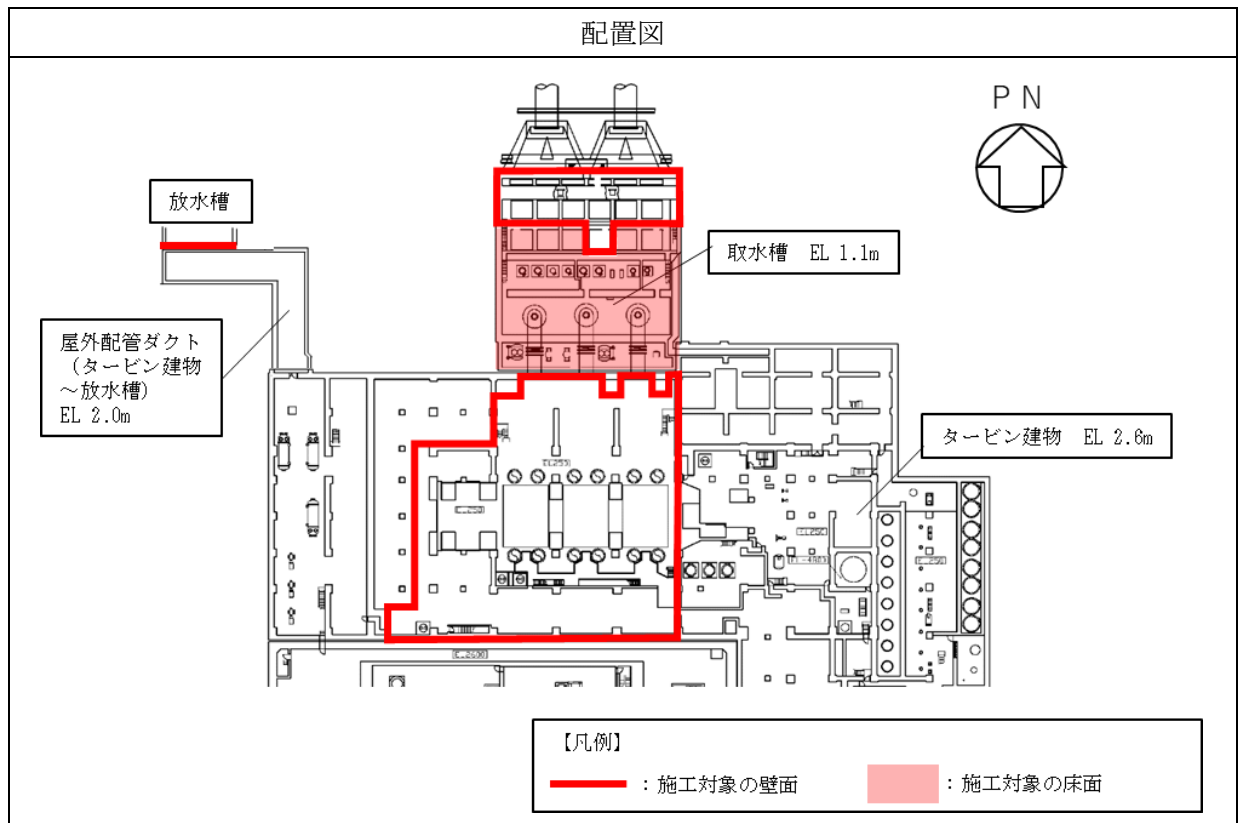
モルタル及び電路貫通部金属ボックスによる止水処置については、考慮する荷重に対し、モルタル及び電路貫通部金属ボックスアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-10 構造計画（貫通部止水処置）（1/2）

設備 名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
貫通部 止水処置	モルタルにて構成する。	貫通部の開口部にモルタルを充填し、硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって融合する。	
	ブーツと締付けバンドにて構成する。	高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるような伸縮性ゴムを用い、壁又は床面設置の貫通口と配管を締付けバンドにて締結する。	
	充填タイプのシール材にて構成する。	貫通部の開口部にシール材を充填する。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	
		電路貫通部については、シール材が型崩れしないよう金属ボックスをアンカーボルトで壁又は床に固定し、金属ボックスにシール材を充填する。シール材は、施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成される。	

R0 3-1 別添 3-1 VI-3 補 S2

表 3.2-10 構造計画（貫通部止水処置）（2/2）



補 S2 VI-3-別添3-1 R0

3.2.11 取水槽水位計

(1) 構造設計

取水槽水位計は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

取水槽水位計は、検出器、案内管及び監視設備で構成し、検出器は案内管内に設置する。構成する設備のうち津波の影響を受ける案内管について評価を実施する。案内管はサポート鋼材または基礎ボルトにより固定され、サポート鋼材は基礎ボルトにより壁面に固定し、支持する構造とする。また、検出器に作用する荷重は、基礎ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達される構造とする。

取水槽水位計の構造計画を表 3.2-11 に示す。

(2) 評価方針

取水槽水位計は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、取水槽水位計の評価対象部位に作用する応力等がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-11 構造計画（取水槽水位計）

配置図		
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は案内管内に設置する。案内管はサポート鋼材または基礎ボルトにより固定され、サポート鋼材は基礎ボルトにより壁面に固定する。</p>	<p>検出器，案内管，サポート鋼材及び基礎ボルトから構成する。</p>	

S2 補 VI-3-別添 3-1 R0

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

浸水防護施設の強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せを以下の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重及び荷重の組合せ

4.1.1 荷重の種類

(1) 常時作用する荷重 (D, G, P)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重又は固定荷重、積載荷重、土圧及び海中部に対する静水圧（浮力含む。）とする。

(2) 津波荷重 (P_t, P_h)

津波荷重は、施設ごとに設置位置における津波の浸入形態に応じて、以下のとおり、遡上津波荷重、突き上げ津波荷重、水平津波荷重又は静水圧荷重として算定する。

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータを表 4-1 に示す。

a. 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重は、遡上波により波圧として作用する荷重であり、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 25 年 9 月（平成 27 年 12 月一部改訂）」等を参考に、敷地高以上については、朝倉式により、各施設の設置位置における設置高さを考慮し、津波の水位と各施設の設置高さの差分の 1/2 倍を浸水深として、浸水深の 3 倍で作用する水圧として算定する。

敷地高以深については、谷本式により、各施設の設置位置における設置高さを考慮し、津波高さの 1/2 を入射津波高さとして定義し、静水面上の波圧作用高さは入射津波高さの 3 倍とし、静水面における波圧強度は入射津波高さに相当する静水圧の 2.2 倍として算定する。

1号機取水槽流路縮小工の設計における津波荷重については、静水圧及び流水圧を考慮する。

b. 突き上げ津波荷重 (P_t)

突き上げ津波荷重は、床面に設置されている施設に対して、経路からの津波が鉛直上向き方向に作用した場合の津波荷重であり、各施設の設置位置における経路からの津波高さ及び流速を用いて算定する。

c. 水平津波荷重 (P_t)

水平津波荷重は、経路からの津波が水平方向に作用した場合の津波荷重であり、各施設の設置位置における経路からの流速を用いて算定する。

d. 静水圧荷重 (P_h)

静水圧荷重は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重であり、各施設の設置位置における施設の設置高さ及び浸水深さを考慮して、静水圧として算定する。

(3) 余震荷重 (S_d, K S_d)

a. S_d

余震荷重 S_d は、弾性設計用地震動 S_{d-D} による地震力（動水圧含まない。）として算定する。

b. K S_d

余震荷重 K S_d は、弾性設計用地震動 S_{d-D} による地震力（動水圧含む。）として算定する。

(4) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重は、漂流物として最も重量が大きい総トン数 19 t の船舶を選定し、設定する。

(5) 風荷重 (P_k)

風荷重は、平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1 4 5 4 号に定められた松江市の基準風速 30m/s を使用する。浸水防護施設が設置される状況に応じて、建築基準法及び建設省告示第 1 4 5 4 号に基づき、ガスト影響係数等を適切に設定して算出する。

(6) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重は、発電所に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018 年）より、観測史上 1 位の月最深積雪 100cm（1971 年 2 月 4 日）に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を基本とし、積雪量 1 cm ごとに 20N/m² の積雪荷重が作用することを考慮し、各施設の積雪面積を乗じて設定する。

4.1.2 荷重の組合せ

各施設の強度計算に用いる荷重の組合せは、施設の配置、構造計画に基づく形状及び評価部位を踏まえて、「4.1.1 荷重の種類」で示した荷重(1)～(6)を常時作用する荷重、津波の形態に応じた津波荷重等及びその他自然現象による荷重に分けて適切に組み合わせる。

荷重の組合せにおいては、まず、常時作用する荷重として、対象施設に応じて、以下の荷重の組合せを考慮する。構造物については、固定荷重 (G) を考慮する。さらに、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造である場合は、積載荷重 (P) を組み合わせる。

一方、機器類については、自重 (D) を考慮する。

次に、津波の形態に応じた津波荷重等の組合せを考慮する。

津波荷重として、遡上津波荷重 (P_t)、突き上げ津波荷重 (P_t)、水平津波荷重 (P_t) 又は静水圧荷重 (P_h) を考慮する場合 (漂流物の影響を受ける位置に設置している施設については、衝突荷重 (P_c) の組合せを考慮する。(以下「津波時」という。)) と、遡上津波荷重 (P_t)、突き上げ津波荷重 (P_t)、水平津波荷重 (P_t) 又は静水圧荷重 (P_h) と余震荷重 (S_d , $K S_d$) の組合せを考慮する場合 (以下「重畳時」という。)) に分けて強度計算を行う。

最後に、施設の構造等を踏まえ、風荷重 (P_k) 及び積雪荷重 (P_s) の組合せを考慮する。

風荷重 (P_k) については、屋外の直接風を受ける場所に設置している施設のうち、風荷重 (P_k) の影響が津波荷重 (P_t , P_h) と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設については組合せを考慮する。風荷重 (P_k) の影響を受ける可能性のある施設については、各強度計算書において風荷重 (P_k) の影響を確認する。

積雪荷重 (P_s) については、屋外の積雪が生じる場所に設置している施設について、組合せを考慮する。ただし、自重 (D) に対して積雪荷重 (P_s) の割合が無視できる施設については、各強度計算書において積雪荷重 (P_s) の影響が無視できることを確認したうえで、組合せ計算を実施しない。

以上を踏まえ、具体的に施設ごとの強度計算書において考慮すべき荷重の組合せを設定する。荷重の組合せの設定フローを図 4.1-1 に、フローに基づき設定した施設ごとの荷重の組合せ結果を表 4.1-2 に示す。

表 4.1-1 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(1/3)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
津波防護 施設	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1}) EL 4.9m ^{*4} (EL 4.2m ^{*2})	10.0m/s ^{*5} 6.0m/s ^{*6}
	防波壁 (逆T擁壁)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	10.0m/s ^{*5}
	防波壁 (波返重力擁壁)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1}) EL 4.9m ^{*4} (EL 4.2m ^{*2})	10.0m/s ^{*5} 6.0m/s ^{*6}
	防波壁通路防波扉 (1号機北側)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	10.0m/s ^{*5}
	防波壁通路防波扉 (2号機北側)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	10.0m/s ^{*5}
	防波壁通路防波扉 (荷揚場南)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	10.0m/s ^{*5}
	防波壁通路防波扉 (3号機東側)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	10.0m/s ^{*5}
	1号機取水槽流路縮小工	経路からの津波	EL 8.3m ^{*8} (EL 7.6m ^{*7}) EL-2.3m ^{*10} (EL-3.0m ^{*9}) EL 2.8m ^{*12} (EL 2.1m ^{*11})	10.0m/s ^{*13} 6.0m/s ^{*14}

注：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(2/3)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
浸水防止 設備	屋外排水路逆止弁 ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬	経路からの津波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1}) EL 4.9m ^{*4} (EL 4.2m ^{*2})	—
	取水槽除じん機エリア 防水壁	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	—
	タービン建物 地下 1 階 復水系配管室防水壁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*18} (EL 4.8m ^{*17})	—
	タービン建物 地下 1 階 復水器室北西側防水壁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*18} (EL 4.8m ^{*17})	—
	タービン建物 地下 1 階 復水器室北側防水壁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*18} (EL 4.8m ^{*17})	—
	タービン建物 地下 1 階 復水器室北東側防水壁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*18} (EL 4.8m ^{*17})	—
	取水槽除じん機エリア 水密扉 (東)	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	—
	取水槽除じん機エリア 水密扉 (西)	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	—
	取水槽除じん機エリア 水密扉 (北)	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	—
	タービン建物 地下 1 階 復水系配管室北側水密扉	経路からの津波	EL 5.3m ^{*18} (EL 4.8m ^{*17})	—
	タービン建物 地下 1 階 復水系配管室南側水密扉	経路からの津波	EL 5.3m ^{*18} (EL 4.8m ^{*17})	—
	タービン建物 地下 1 階 封水回収ポンプ室北側水 密扉	経路からの津波	EL 5.3m ^{*18} (EL 4.8m ^{*17})	—

注：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(3/3)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
浸水防止 設備	取水槽床ドレン逆止弁	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	1.0m/s ^{*19}
	タービン建物床ドレン 逆止弁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*18} (EL 4.8m ^{*17})	—
	電動弁	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	—
	逆止弁	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	—
	ポンプ	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	2.0m/s ^{*20}
	配管	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	—
	貫通部止水処置 (取水槽)	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	—
	貫通部止水処置 (屋外配 管ダクト)	経路からの津波	EL 8.6m ^{*22} (EL 7.9m ^{*21})	—
	貫通部止水処置 (タービ ン建物)	経路からの津波	EL 5.3m ^{*18} (EL 4.8m ^{*17})	—
津波監視 設備	取水槽水位計	経路からの津波	EL 11.3m ^{*16} (EL 10.6m ^{*15})	2.0m/s ^{*20}

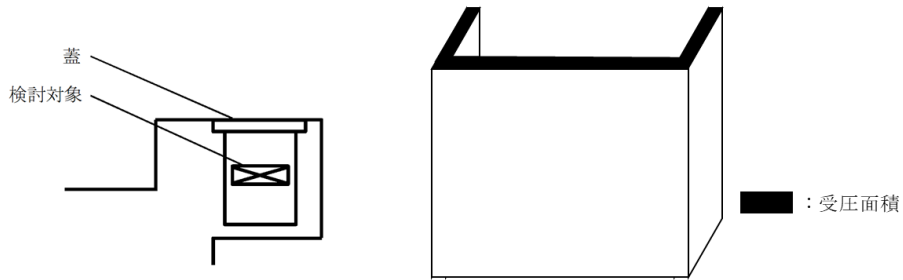
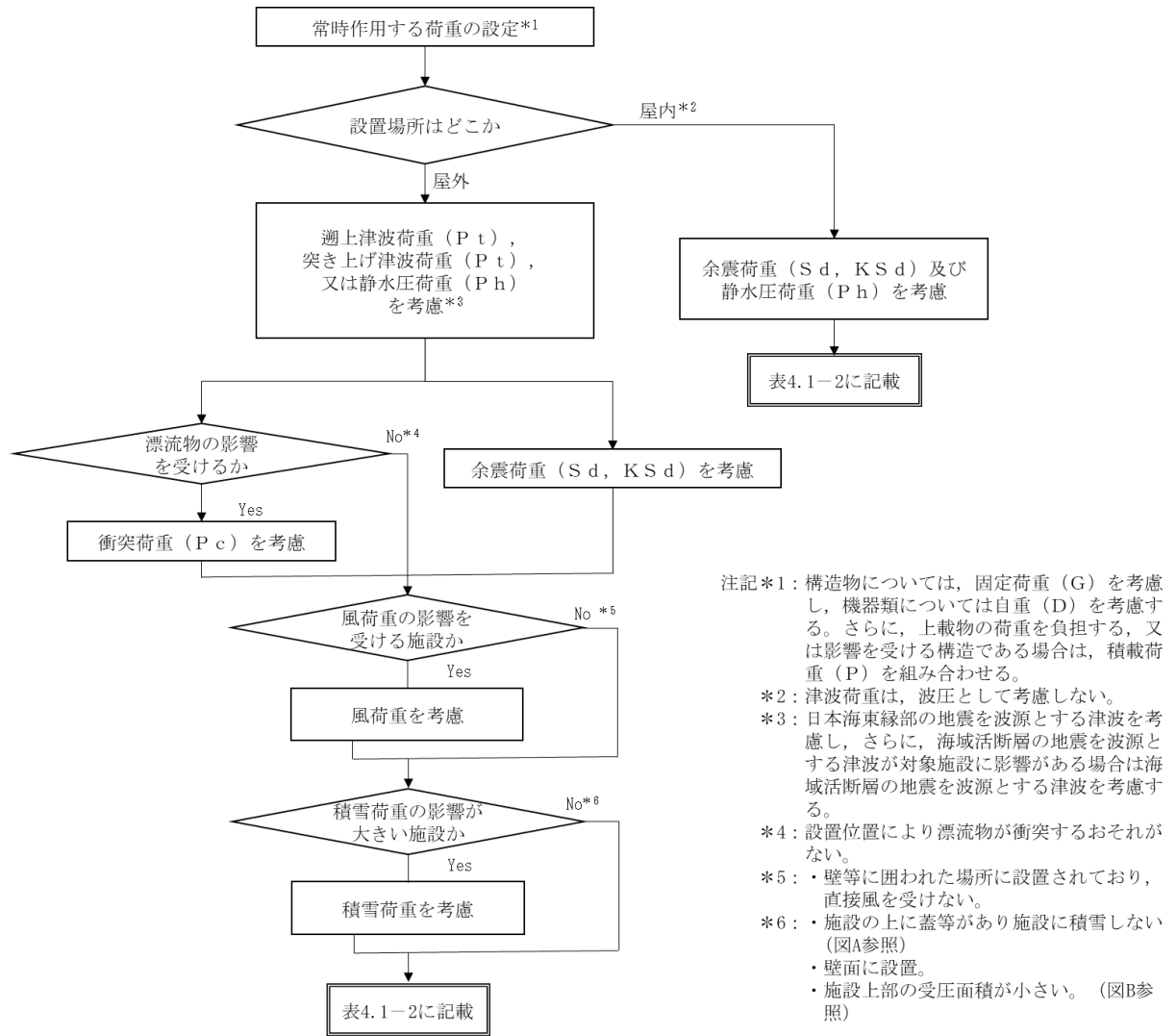
注：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータ
(1/3) ~ (3/3) の注記を以下に示す。

- 注記*1：日本海東縁部を波源とする基準津波による施設護岸又は防波壁の入力津波高さである。入力津波高さは，津波高さが最大となる「防波堤無し」の条件として設定している。また，潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。
- *2：海域活断層上昇側最大ケースによる施設護岸又は防波壁の入力津波高さである。入力津波高さは，津波高さが最大となる「防波堤有り」の条件として設定している。また，潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。
- *3：谷本式又は朝倉式を適用する場合に用いる水位であり，日本海東縁部を波源とする基準津波による施設護岸又は防波壁の入力津波高さに，高潮ハザードによる再現期間 100 年に対する期待値 EL 1.36m と，入力津波で考慮した朔望平均満潮位 EL 0.58m と潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.64m (参照する裕度)を加えて設定している。
- *4：谷本式を適用する場合に用いる水位であり，海域活断層を波源とする基準津波による施設護岸又は防波壁の入力津波高さに，高潮ハザードによる再現期間 100 年に対する期待値 EL 1.36m と，入力津波で考慮した朔望平均満潮位 EL 0.58m と潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.64m (参照する裕度)を加えて設定している。
- *5：日本海東縁部を波源とする基準津波において，漂流物の衝突荷重の算出に用いる流速であり，遡上解析から算出した発電所近傍の海域における基準津波の最大流速 9.3m/s を安全側の評価となるよう切り上げて設定している。
- *6：海域活断層を波源とする基準津波において，漂流物の衝突荷重の算出に用いる流速であり，遡上解析から算出した発電所近傍の海域における基準津波の最大流速 5.8m/s を安全側の評価となるよう切り上げて設定している。
- *7：日本海東縁部を波源とする基準津波による 1 号機取水口の入力津波高さである。入力津波高さは，同時刻の 1 号機取水槽との水位差が最大となる「防波堤無し」の条件として設定している。また，潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。
- *8：静水圧荷重の算出に用いる水位であり，日本海東縁部を波源とする基準津波による 1 号機取水口の入力津波高さに，高潮ハザードによる再現期間 100 年に対する期待値 EL 1.36m と，入力津波で考慮した朔望平均満潮位 EL 0.58m と潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.64m (参照する裕度)を加えて設定している。
- *9：海域活断層を波源とする基準津波による 1 号機取水口の入力津波高さである。入力津波高さは，同時刻の 1 号機取水槽との水位差が最大となる「防波堤無し」の条件として設定している。また，潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。
- *10：静水圧荷重及び動水圧荷重の算出に用いる水位であり，海域活断層を波源とする基準津波による 1 号機取水口の入力津波高さに，高潮ハザードによる再現期間 100 年に対する期待値 EL 1.36m と，入力津波で考慮した朔望平均満潮位 EL 0.58m と潮位のばらつき

- 0.14mの合計との差である0.64m（参照する裕度）を加えて設定している。
- *11：海域活断層を波源とする基準津波による1号機取水口の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤有り」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」（EL 0.58m）及び「潮位のぼらつき」（0.14m）を考慮している。
 - *12：静水圧荷重及び動水圧荷重の算出に用いる水位であり、海域活断層を波源とする基準津波による1号機取水口の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間100年に対する期待値EL 1.36mと、入力津波で考慮した朔望平均満潮位EL 0.58mと潮位のぼらつき0.14mの合計との差である0.64m（参照する裕度）を加えて設定している。
 - *13：日本海東縁部を波源とする基準津波において、1号機取水槽流路縮小工に作用する流水圧の算定に用いる流速であり、管路解析から算出した1号機取水槽流路縮小工設置位置における最大流速9.7m/sを切り上げて設定している。
 - *14：海域活断層を波源とする基準津波において、1号機取水槽流路縮小工に作用する流水圧の算定に用いる流速であり、管路解析から算出した1号機取水槽流路縮小工設置位置における最大流速5.8m/sを切り上げて設定している。
 - *15：日本海東縁部を波源とする基準津波による2号機取水槽の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤無し」、「貝付着無し」、「循環水ポンプ停止状態」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」（EL 0.58m）及び「潮位のぼらつき」（0.14m）を考慮している。
 - *16：静水圧荷重の算出に用いる水位であり、日本海東縁部を波源とする基準津波による2号機取水槽の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間100年に対する期待値EL 1.36mと、入力津波で考慮した朔望平均満潮位EL 0.58mと潮位のぼらつき0.14mの合計との差である0.64m（参照する裕度）を加えて設定している。
 - *17：地震による溢水にて考慮する機器破損等による溢水量から求めた水位であり、水位が高くなるように設定した浸水範囲、浸水量を用いて算出した床面からの浸水深を設定している。
 - *18：静水圧荷重の算出に用いる水位であり、地震による溢水にて考慮する機器破損等による溢水量から求めた水位に防水壁高さ（EL 5.3m）を考慮した高さを設定している。
 - *19：突き上げ津波荷重の算出に用いる流速であり、基準津波による入力津波の設定位置において、入力津波高さが最大となる条件で水位が上昇する時の流速約0.2m/sから余裕を考慮して設定している。
 - *20：水平津波荷重の算出に用いる流速であり、管路解析から2号機取水槽の除じん機エリアにおける基準津波による最大流速1.9m/sを切り上げて設定している。
 - *21：日本海東縁部を波源とする基準津波による2号機放水槽の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤有り」、「貝付着無し」、「循環水ポンプ停止状態」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」（EL 0.58m）及び「潮位のぼらつき」（0.14m）を考慮している。
 - *22：静水圧荷重の算出に用いる水位であり、日本海東縁部を波源とする基準津波による2号機放水槽の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間100年に対する期待値EL

1.36m と、入力津波で考慮した朔望平均満潮位 EL 0.58m と潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.64m（参照する裕度）を加えて設定している。



図A 蓋等により積雪しない場合の例

図B 上部の受圧面積が小さい場合の例

図4.1-1 強度計算における荷重の組合せの設定フロー

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (1/5)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t) 水平津波荷重 (P t) 又は静水圧荷重 (P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	津波時 1	○	○	—	○*1 遡上津波荷重 (P t)	○	○	○
	津波時 2	○	○	—	○*2 遡上津波荷重 (P t)	○	○	○
	重畳時	○	○	○	○*2 遡上津波荷重 (P t)	—	○	○
防波壁 (逆 T 擁壁)	津波時	○	○	—	○*1 遡上津波荷重 (P t)	○	○	○
	津波時 1	○	○	—	○*1 遡上津波荷重 (P t)	○	○	○
防波壁 (波返重力擁壁)	津波時 2	○	○	—	○*2 遡上津波荷重 (P t)	○	○	○
	重畳時	○	○	○	○*2 遡上津波荷重 (P t)	—	○	○

注記*1：日本海東縁部を波源とした津波による遡上津波荷重 (P t)

*2：海域活断層を波源とした津波による遡上津波荷重 (P t)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (2/5)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t) 水平津波荷重 (P t) 又は静水圧荷重 (P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
防波壁通路防波扉 (1号機北側), (2号機北側), (荷揚場南), (3号機東側)	津波時	○	-	-	○*1	-	○	○
	津波時	○	-	-	○*1	-	-	-
1号機取水槽流路縮小工	重畳時	○	-	○	○*2	-	-	-

注記*1：日本海東縁部を波源とした津波による遡上津波荷重 (P t)

*2：海域活断層を波源とした津波による遡上津波荷重 (P t)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (3/5)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	湖上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t) 水平津波荷重 (P t) 又は静水圧荷重 (P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
屋外排水路逆止弁 ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬	津波時	○	-	-	○*1 静水圧荷重 (P h)	-	-	-
	重畳時	○	-	○	○*2 静水圧荷重 (P h)	-	-	-
	津波時	○	-	-	○*1 静水圧荷重 (P h)	-	○	-
	重畳時	○	-	○	静水圧荷重 (P h)	-	-	-
取水槽除じん機エリア防水 壁 タービン建物 地下 1 階 復 水系配管室防水壁 タービン建物 地下 1 階 復 水器室北西側防水壁 タービン建物 地下 1 階 復 水器室北側防水壁 タービン建物 地下 1 階 復 水器室北東側防水壁	津波時	○	-	-	○*1 静水圧荷重 (P h)	-	-	-
	重畳時	○	-	○	静水圧荷重 (P h)	-	-	-
	重畳時	○	-	○	静水圧荷重 (P h)	-	-	-
	重畳時	○	-	○	静水圧荷重 (P h)	-	-	-

注記*1：日本海東縁部を波源とした津波による静水圧荷重 (P h)

*2：海域活断層を波源とした津波による静水圧荷重 (P h)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (4/5)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d)又は K S d)	遡上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t) 水平津波荷重 (P t) 又は静水圧荷重 (P h)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
取水槽除じん機エリア水密扉 (東)	津波時	○	-	-	○*	-	○	-
取水槽除じん機エリア水密扉 (西)	津波時	○	-	-	○*	-	○	-
取水槽除じん機エリア水密扉 (北)	津波時	○	-	-	○*	-	○	-
タービン建物 地下1階復水系配管室北側水密扉	重畳時	○	-	○	○	-	-	-
タービン建物 地下1階復水系配管室南側水密扉	重畳時	○	-	○	○	-	-	-
タービン建物 地下1階封水回収ポンプ室北側水密扉	重畳時	○	-	○	○	-	-	-

注記*：日本海東縁部を波源とした津波による静水圧荷重 (P h)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (5/5)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S _d 又は K _{Sd})	遡上津波荷重 (P _t), 突き上げ津波荷重 (P _t) 水平津波荷重 (P _t) 又は静水圧荷重 (P _h)	衝突荷重 (P _c)	風荷重 (P _k)	積雪荷重 (P _s)
取水槽床ドレン逆止弁	重畳時	○	-	○	○	-	-	○
タービン建物床ドレン逆止弁	重畳時	○	-	○	○	-	-	-
電動弁	重畳時	○	-	○	○	-	-	-
逆止弁	重畳時	○	-	○	○	-	-	-
ポンプ	重畳時	○	-	○	○	-	-	-
配管	重畳時	○	-	○	○	-	-	-
貫通部止水処置	重畳時	○	-	○	○	-	-	-
取水槽水位計	重畳時	○	-	○	○	-	-	-

4.2 許容限界

許容限界は、V-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」にて設定している。

津波荷重を考慮した施設ごとの構造強度設計上の性能目標及び機能保持の評価方針を踏まえて、評価部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めて施設ごとの許容限界を表 4.2-1 に示す。

各施設の許容限界の詳細は、各計算書で評価部位の応力や変形の状態を考慮し、評価部位ごとに設定する。

4.2.1 施設ごとの許容限界

(1) 防波壁

a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

(a) 鋼管杭

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼管杭がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成 14 年 3 月）」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、降伏曲げモーメント及び許容せん断応力度として設定する。

(b) 被覆コンクリート壁

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、被覆コンクリート壁（鉄筋コンクリート造）がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会、2002 年制定）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(c) 止水目地

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、主要な構造物の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため、境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、メーカー規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

(d) 改良地盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物風及び積雪による荷重に対し、改良地盤の健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、改良地盤がすべり破壊しないことを確認する評価方針とし

ている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。

(e) 岩盤，セメントミルク

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，余震，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，十分な支持機能を有する岩盤に設置する設計とするために，防波壁（多重鋼管杭式擁壁）を支持する岩盤の極限支持力に基づき，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。また，岩盤及びセメントミルクの健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために，岩盤及びセメントミルクがすべり破壊しないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき，すべり安全率 1.2 以上とする。

b. 防波壁（逆T擁壁）

(a) 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(b) グラウンドアンカ

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）が滑動・転倒しない設計とするためにグラウンドアンカを設置する方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（（社）地盤工学会，平成24年5月）」に基づき，設計アンカー力として設定する。

(c) 止水目地

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，主要な構造物の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

(d) 改良地盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，積載

物、風及び積雪による荷重に対し、十分な支持機能を有する改良地盤に設置する設計とするために、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき改良地盤の極限支持力を設定する。また、改良地盤の健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、改良地盤がすべり破壊しないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率1.2以上とする。

(e) 岩盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、十分な支持機能を有する岩盤に設置する設計とするために、防波壁（逆T擁壁）を支持する岩盤の極限支持力に基づき、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

c. 防波壁（波返重力擁壁）

(a) 重力擁壁

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、重力擁壁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(b) ケーソン

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」及び「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，1999年）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(c) H形鋼

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、H形鋼がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「道路橋示方書（I共通編・IV下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、許容せん断応力度として設定する。

(d) 止水目地

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，余震，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，主要な構造物の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，メーカー規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

(e) 改良地盤，MMR

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，十分な支持機能を有する改良地盤に設置する設計とするために，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき改良地盤及びMMRの極限支持力を設定する。また，改良地盤及びMMRの健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために，改良地盤がすべり破壊しないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき，すべり安全率1.2以上とする。

(f) 岩盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，十分な支持機能を有する岩盤に設置する設計とするために，防波壁（波返重力擁壁）を支持する岩盤の極限支持力に基づき，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

(2) 防波壁通路防波扉

a. 扉体

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，扉体を構成する鋼製部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成28年3月）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

b. 戸当り

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重，風及び積雪を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，戸当りを構成する部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成28年3月）」及び「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，適切な裕度をも

って弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

c. 鋼管杭

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼管杭がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、降伏曲げモーメント及び許容せん断応力度として設定する。

d. 基礎スラブ（鉄筋コンクリート）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鉄筋コンクリートが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会、2002年制定）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

e. 改良地盤，MMR

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、風及び積雪による荷重に対し、十分な支持機能を有する改良地盤に設置する設計とするために、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき改良地盤の極限支持力を設定する。また、改良地盤の健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、改良地盤がすべり破壊しないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率1.2以上とする。

f. 岩盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、風及び積雪による荷重に対し、十分な支持機能を有する岩盤に設置する設計とするために、防波壁通路防波扉を支持する岩盤の極限支持力に基づき、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

(3) 流路縮小工（1号機取水槽流路縮小工）

a. 縮小板，取付板及び固定ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び余震に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会、2005改定）」を踏まえて、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

b. 1号機取水管端部

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び余震に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005改定)」を踏まえて、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(4) 屋外排水路逆止弁

a. 扉体

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、扉体を構成する鋼製部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)((社)ダム・堰施設技術協会,平成28年3月)」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(5) 防水壁

a. 取水槽除じん機エリア防水壁

(a) 鋼板,柱及び水平材

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005改定)」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(b) アンカーボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会,2010改定)」及び「ステンレス建築構造設計基準・同解説[第2版](ステンレス構造建築協会,2001)」に基づき適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、許容耐力として設定する。

b. 復水器エリア防水壁

(a) 鋼板,柱,梁,胴縁,根太,ブレース及び斜材

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、鋼製部材が、おおむね弾性

状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（(社)日本建築学会，2005 改定）」に基づき短期許容応力度として設定する。

(b) アンカーボルト

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、アンカーボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010 改定）」に基づき許容耐力として設定する。

(6) 水密扉

a. 取水槽除じん機エリア水密扉

(a) 取水槽除じん機エリア水密扉（東，西）

イ. 扉板，水密扉戸当り用支柱，水平材及び外部縦柱

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（(社)日本建築学会，2005 改定）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

ロ. アンカーボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010 改定）」及び「ステンレス建築構造設計基準・同解説 [第2版]（ステンレス構造建築協会，2001）」に基づき適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、許容耐力として設定する。

(b) 取水槽除じん機エリア水密扉（北）

イ. 扉板及び水密扉戸当り用支柱

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（(社)日本建築学会，2005 改定）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

ロ. アンカーボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」及び「ステンレス建築構造設計基準・同解説 [第2版]（ステンレス構造建築協会，2001）」に基づき適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、許容耐力として設定する。

b. 復水器エリア水密扉

(a) 扉板，芯材及びカンヌキ

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、扉板，芯材及びカンヌキが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005 改定）」に基づき短期許容応力度として設定する。

(b) アンカーボルト

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、アンカーボルトが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」に基づき許容耐力として設定する。

(7) 床ドレン逆止弁

a. 取水槽床ドレン逆止弁

(a) 弁本体，フロートガイド，基礎ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重，余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、弁本体，フロートガイド及び基礎ボルトの構造部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005 年度版（2007 年追補版を含む））J SME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢAS）を許容限界として設定する。

(b) フロート

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重，余震及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、弁に有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることを踏まえ、フロートに想定される算出圧力が，水圧試験で確認された水圧以下であることを確認するため，水圧試験の水圧を許容限界として設定する。

b. タービン建物床ドレン逆止弁

(a) 弁本体，フロートガイド，取付部

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，弁本体，フロートガイド及び取付部の構造部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005年度版(2007年追補版を含む)）J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会）に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢA S）を許容限界として設定する。

(b) フロート

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，弁に有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることを踏まえ，フロートに想定される算出圧力が，水圧試験で確認された水圧以下であることを確認するため，水圧試験の水圧を許容限界として設定する。

(8) 隔離弁

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，弁に有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることを踏まえ，弁本体に想定される算出圧力が，水圧試験で確認された水圧以下であることを確認するため，水圧試験の水圧を許容限界として設定する。

(9) ポンプ

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，ポンプケーシング及び基礎ボルトが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005年度版(2007年追補版を含む)）J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会）に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢA S）を許容限界として設定する。

(10) 配管

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，配管が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005年度版(2007年追補版を含む)）J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会）に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢA S）を許容限界として設定する。

(11) 貫通部止水処置

a. シール材

考慮する荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するシール材が、有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

b. ブーツ

考慮する荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するブーツが、有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

c. モルタル

考慮する荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するモルタルが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることから、許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会、2002年制定）」に基づき算定した付着荷重を許容限界として設定する。

d. 電路貫通部金属ボックス

考慮する荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工する電路貫通部金属ボックスアンカーボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005年度版(2007年追補版を含む)）J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会）に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢA S）を許容限界として設定する。

(12) 取水槽水位計

a. 基礎ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入時の浸水津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、基礎ボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005年度版(2007年追補版を含む)）J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会）に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢA S）を許容限界として設定する。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (1/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	G+P+Pt+Pc+ Pk+Ps G+P+Pt+KSd+ Pk+Ps	鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」に基づき, 降伏曲げモーメント及び許容せん断応力度とする。
		被覆コンクリート壁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」に基づき, 短期許容応力度とする。
		止水目地	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により, 有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。
		改良地盤, セメントミルク, 岩盤	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき, すべり安全率 1.2 以上とする。
		岩盤	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (2/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 (逆 T 擁壁)	G+P+Pt+Pc+ Pk+Ps	逆 T 擁壁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年 制定)」に基づき, 短期許容応力度とする。
		グラウンドアンカ	引張	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 ((社) 地盤工学会, 平成 24 年 5 月)」に基づき, 設計アンカー力とする。
		止水目地	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により, 有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。
		改良地盤	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき, すべり安全率 1.2 以上とする。
		岩盤, 改良地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき, VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (3/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 (波返重力擁壁)	G+P+Pt+Pc+ Pk+Ps G+P+Pt+KSd+ Pk+Ps	重力擁壁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」に基づき, 短期許容応力度とする。
		ケーソン	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」及び「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法- ((社) 日本建築学会, 1999 年)」に基づき, 短期許容応力度とする。
		H形鋼	せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」に基づき, 許容せん断応力度として設定する。
		止水目地	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカー規格, 漏水試験及び変形試験により, 有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (4/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 (波返重力擁壁)	G+P+Pt+Pc+ Pk+Ps	改良地盤, MMR	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
	G+P+Pt+KSd+ Pk+Ps	改良地盤, MMR, 岩盤	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (5/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 通路防 波扉 (1号 機北側) (2号 機北側) (荷揚 場南) (3号 機東側)	G+Pt+Pk+Ps	扉体, 戸当り	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)((社)ダム・堰施設技術協会,平成28年3月)」に基づき,短期許容応力度以下とする。
		鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書(I共通編・IV下部構造編)・同解説((社)日本道路協会,平成14年3月)」に基づき,降伏曲げモーメント及び許容せん断応力度とする。
		基礎スラブ(鉄筋コンクリート), 戸当り	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]((社)土木学会,2002年制定)」に基づき,短期許容応力度とする。
		改良地盤, MMR	すべり安全率	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき,すべり安全率1.2以上とする。
		改良地盤, 岩盤	支持力	支持機能を喪失する状態	極限支持力に基づき,VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (6/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
1号機 取水槽 流路縮 小工	G+P+Pt G+P+Pt+KSd	縮小板, 取付板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005年改定)」を踏まえ短期許容応力度以下とする。
		固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
		1号機 取水管 端部	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (7/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
屋外排水路逆止弁	G+Ph G+Ph+KSd	扉体 (板材)	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準 (案) (基礎解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成28年3月)」に基づき, 短期許容応力度とする。
		扉体 (補強材)	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (8/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取水槽 除じん機 エリア防水壁	G + Ph + Pk	鋼板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社) 日本建築学会, 2005年改定)」を踏まえ短期許容応力度以下とする。
		水平材	曲げ, せん断		
		柱	曲げ, せん断		
		アンカーボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (9/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
復水器 エリア 防水壁	G+Ph+KSd	鋼板	曲げ	部材が 弾性域 にとど まらず 塑性域 に入る 状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005年改定)」を踏まえ短期許容応力度以下とする。
		柱, 梁, 胴縁, 斜材	曲げ, せん断, 圧縮		
		根太	曲げ, せん断		
		ブレース	圧縮		
		アンカーボルト	引張, せん断	部材が 弾性域 にとど まらず 塑性域 に入る 状態	「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会, 2010年改定)」に基づき算定した, 許容耐力以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (10/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取水槽 除じん 機エリア水密扉	G +Ph+Pk	扉板, 水平材	曲げ, せん断	部材が 弾性域 にとど まらず 塑性域 に入る 状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005年改定)」を踏まえ短期許容応力度以下とする。
		水密扉戸 当り用支柱, 外部縦柱	曲げ, せん断		
		アンカー ボルト	引張, せん断	部材が 弾性域 にとど まらず 塑性域 に入る 状態	

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (11/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
復水器 エリア 水密扉	G+Ph+KSd	扉板	曲げ	部材が 弾性域 にとど まらず 塑性域 に入る 状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005年改定)」を踏まえ短期許容応力度以下とする。
		芯材	曲げ, せん断		
		カンヌキ	曲げ, せん断		
		アンカー ボルト	引張, せん断	部材が 弾性域 にとど まらず 塑性域 に入る 状態	「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会, 2010年改定)」に基づき算定した, 許容耐力以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (12/17)

施設名		荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
床ドレン逆止弁	取水槽 床ドレン逆止弁	D+Pt+Sd +Ps	弁本体, フロート ガイド	圧縮, 曲 げ	部材が弾性域 にとどまらず 塑性域に入る 状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本 機械学会, 2005/2007)」に準 じて供用状態 C の許容応力 (許容応力状態Ⅲ _A S) 以下 とする。
			基礎ボルト	引張, せん断		
			フロート	圧縮		
	タービン建物 床ドレン逆止弁	D+Ph+Sd	弁本体, フロート ガイド	圧縮, 曲 げ	部材が弾性域 にとどまらず 塑性域に入る 状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本 機械学会, 2005/2007)」に準 じて供用状態 C の許容応力 (許容応力状態Ⅲ _A S) 以下 とする。
			取付部	引張, 曲 げ		
			フロート	圧縮		

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (13/17)

施設名		荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
隔離弁	電動弁	D+Ph+Sd	弁本体	内圧	有意な漏えいに至る状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
	逆止弁					

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (14/17)

施設名		荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
ポンプ		D+Ph+Sd	ポンプケーシング	内圧, 曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007)」に準じて供用状態Cの許容応力(許容応力状態Ⅲ _A S) 以下とする。
		D+Pt+Sd	基礎ボルト	引張, せん断		

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (15/17)

施設名		荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
配管		D+Ph+Sd	配管	内圧, 曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007)」に準じて供用状態Cの許容応力(許容応力状態Ⅲ _A S) 以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (16/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
貫通部 止水処 置	D+Ph+KSd	シー ル 材	せん断	有意な 漏えい に至る 状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブー ツ	引張		
		モル タ ル	圧縮, せん断	部材が 弾性域 にとど まらず 塑性域 に入る 状態	
	D+KSd	電路貫 通部金 属ボッ クスア ンカー ボルト	引張, せん断		「発電用原子力設備規格 設計・建設 規格((社)日本機械学会, 2005/2007)」 に準じて供用状態Cの許容応力(許容 応力状態Ⅲ _A S)以下とする。

R0
補
S2
VI-3-別添3-1

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (17/17)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取水槽 水位計	D+Pt+Ph+Sd	基礎ボ ルト	引張, せん断	部材が 弾性域 にとど まらず 塑性域 に入る 状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設 規格((社)日本機械学会, 2005/2007)」 に準じて供用状態Cの許容応力(許容 応力状態Ⅲ _A S)以下とする。

5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意のうえ、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ F E M等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

余震荷重を基に設定した入力地震動に対する評価手法は、以下に示す解析法により、 J E A G 4 6 0 1 に基づき実施することを基本とする。

- ・ 時刻歴応答解析
- ・ F E M等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

5.1 津波防護施設に関する評価式

5.1.1 防波壁

(1) 評価方針

防波壁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴の違いから、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）、防波壁（逆T擁壁）及び防波壁（波返重力擁壁）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁、波返重力擁壁）の荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 防波壁（逆T擁壁）の荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- e. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-1-1～表 5.1-1-3 に示す。

表 5.1-1-1 評価部位及び評価内容（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））

評価部位	評価内容
鋼管杭	曲げ，せん断
被覆コンクリート壁	曲げ，せん断
止水目地	変形
改良地盤，セメントミルク，岩盤	すべり安全率
岩盤	支持力

表 5.1-1-2 評価部位及び評価内容（防波壁（逆T擁壁））

評価部位	評価内容
逆T擁壁	曲げ，せん断
グラウンドアンカ	引張
止水目地	変形
改良地盤	支持力，すべり安全率
岩盤	支持力

表 5.1-1-3 評価部位及び評価内容（防波壁（波返重力擁壁））

評価部位	評価内容
重力擁壁	曲げ，せん断
ケーソン	曲げ，せん断
H形鋼	せん断
止水目地	変形
改良地盤	支持力，すべり安全率
MMR	支持力，すべり安全率
岩盤	支持力

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添3-2-1「防波壁の強度計算書」に示す。

5.1.2 防波壁通路防波扉

(1) 評価方針

防波壁通路防波扉の評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，風及び積雪による荷重を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-2 に示す。

表 5.1-2 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
扉体	曲げ, せん断
戸当り	曲げ, せん断
鋼管杭	曲げ, せん断
基礎スラブ (鉄筋コンクリート)	曲げ, せん断
改良地盤, MMR	支持力, すべり安全率
岩盤	支持力

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については, VI-3-別添 3-2-2「防波壁通路防波扉の強度計算書」に示す。

5.1.3 流路縮小工

(1) 評価方針

1号機取水槽流路縮小工の評価を行う場合, 以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴, 津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し, 評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは, 地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び余震を考慮した荷重を考慮し, 評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については, 公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-3 に示す。

表 5.1-3 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
縮小板	曲げ, せん断
取付板	曲げ, せん断
固定ボルト	引張, せん断
1号機取水管端部	曲げ, せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については, VI-3-別添 3-2-3「1号機取水槽流路縮小工の強度計算書」に示す。

5.2 浸水防止設備に関する評価式

5.2.1 屋外排水路逆止弁

(1) 評価方針

屋外排水路逆止弁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。津波時及び重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-1 に示す。

表 5.2-1 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
扉体（板材）	曲げ，せん断
扉体（補強材）	曲げ，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-4「屋外排水路逆止弁の強度計算書」に示す。

5.2.2 防水壁

(1) 取水槽除じん機エリア防水壁

a. 評価方針

取水槽除じん機エリア防水壁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に見用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-2-1 に示す。

表 5.2-2-1 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
鋼板	曲げ, せん断
柱	曲げ, せん断
水平材	曲げ, せん断
アンカーボルト	引張, せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-5「防水壁の強度計算書」に示す。

(2) 復水器エリア防水壁

a. 評価方針

防水壁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-2-2 に示す。

表 5.2-2-2 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
鋼板	曲げ
柱	曲げ, せん断, 圧縮
梁	曲げ, せん断, 圧縮
胴縁	曲げ, せん断, 圧縮
斜材	曲げ, せん断, 圧縮
根太	曲げ, せん断
ブレース	圧縮
アンカーボルト	引張, せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-5「防水壁の強度計算書」に示す。

5.2.3 水密扉

(1) 取水槽除じん機エリア水密扉

a. 評価方針

取水槽除じん機エリア水密扉の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-3-1 に示す。

表 5.2-3-1 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
扉板	曲げ，せん断
水密扉戸当り用支柱	曲げ，せん断
水平材	曲げ，せん断
外部縦柱	曲げ，せん断
アンカーボルト	引張，せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-6「水密扉の強度計算書」に示す。

(2) 復水器エリア水密扉

a. 評価方針

水密扉の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-3-2 に示す。

表 5.2-3-2 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
扉板	曲げ
芯材	曲げ, せん断
カンヌキ	曲げ, せん断
アンカーボルト	引張, せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、V-3-別添 3-2-6「水密扉の強度計算書」に示す。

5.2.4 床ドレン逆止弁

(1) 取水槽床ドレン逆止弁

a. 評価方針

取水槽床ドレン逆止弁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、津波によって生じる突き上げ津波荷重、余震及び積雪を考慮した荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-4-1 に示す。

表 5.2-4-1 評価部位及び評価内容 (取水槽床ドレン逆止弁)

評価部位	評価内容
弁本体	圧縮, 曲げ
フロートガイド	
フロート	圧縮
基礎ボルト	引張, せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-7「床ドレン逆止弁の強度計算書」に示す。

(2) タービン建物床ドレン逆止弁

a. 評価方針

タービン建物床ドレン逆止弁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは，津波による溢水又は内部溢水の浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については，公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-4-2 に示す。

表 5.2-4-2 評価部位及び評価内容（タービン建物床ドレン逆止弁）

評価部位	評価内容
弁本体	圧縮，曲げ
フロートガイド	
フロート	圧縮
取付部	引張，曲げ

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-7「床ドレン逆止弁の強度計算書」に示す。

5.2.5 隔離弁

(1) 評価方針

隔離弁の評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，考慮する荷重のうち，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-5 に示す。

表 5.2-5 評価部位及び評価内容（隔離弁）

評価部位	評価内容
弁本体	内圧

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-8「隔離弁，機器・配管の強度計算書」に示す。

5.2.6 ポンプ

(1) 評価方針

ポンプの評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，考慮する荷重のうち，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-6 に示す。

表 5.2-6 評価部位及び評価内容（ポンプ）

評価部位	評価内容
ポンプケーシング	内圧，曲げ
基礎ボルト	引張，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-8 「隔離弁，機器・配管の強度計算書」に示す。

5.2.7 配管

(1) 評価方針

配管の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，考慮する荷重のうち，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-7 に示す。

表 5.2-7 評価部位及び評価内容（配管）

評価部位	評価内容
配管	内圧，曲げ

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-8 「隔離弁，機器・配管の強度計算書」に示す。

5.2.8 貫通部止水処置

(1) 評価方針

貫通部止水処置の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、考慮する荷重のうち、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-8 に示す。

表 5.2-8 評価部位及び評価内容（貫通部止水処置）

評価部位	評価内容
シール材	せん断
ブーツ	引張
モルタル	圧縮，せん断
電路貫通部金属ボックス アンカーボルト	引張，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-9「貫通部止水処置の強度計算書」に示す。

5.3 津波監視設備に関する評価式

5.3.1 取水槽水位計

(1) 評価方針

取水槽水位計の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、考慮する荷重のうち、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.3-1 に示す。

表 5.3-1 評価部位及び評価内容（取水槽水位計）

評価部位	評価内容
基礎ボルト	引張，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-10「取水槽水位計の強度計算書」に示す。

6. 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 27 年 12 月一部改訂）
- ・建築基準法・同施行令
- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002 年制定）
- ・耐津波設計に係る設工認審査ガイド
- ・グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（（社）地盤工学会，平成 24 年 5 月）
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，1999 改定）
- ・ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）
- ・鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- ・ステンレス建築構造設計基準・同解説 [第 2 版]（ステンレス構造建築協会，2001）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1 -2005/2007（（社）日本機械学会）
- ・港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（沿岸技術研究センター，2009 年版）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，平成 19 年 7 月）
- ・水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版（公益社団法人 日本水道協会）
- ・日本産業規格（J I S）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・機械工学便覧（（社）日本機械学会）

VI-3-別添 3-2 津波への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添3-2-5 防水壁の強度計算書

目 次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	配置概要	2
2.2	構造計画	4
2.2.1	タービン建物復水器エリア防水壁	4
2.2.2	取水槽除じん機エリア防水壁	8
2.3	評価方針	9
2.4	適用規格・基準等	11
3.	タービン建物地下 1 階復水系配管室防水壁	12
3.1	強度評価方法	12
3.1.1	記号の説明	12
3.1.2	評価対象部位	14
3.1.3	荷重及び荷重の組合せ	15
3.1.4	許容限界	17
3.1.5	評価方法	19
3.1.6	評価条件	25
4.	タービン建物地下 1 階復水器室北西側防水壁	26
4.1	強度評価方法	26
4.1.1	記号の説明	26
4.1.2	評価対象部位	29
4.1.3	荷重及び荷重の組合せ	31
4.1.4	許容限界	35
4.1.5	評価方法	37
4.1.6	評価条件	47
5.	タービン建物地下 1 階復水器室北側防水壁	49
5.1	強度評価方法	49
5.1.1	記号の説明	49
5.1.2	評価対象部位	52
5.1.3	荷重及び荷重の組合せ	54
5.1.4	許容限界	57
5.1.5	評価方法	59
5.1.6	評価条件	71
6.	タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁	73
6.1	強度評価方法	73

6.1.1	記号の説明	73
6.1.2	評価対象部位	78
6.1.3	荷重及び荷重の組合せ	80
6.1.4	許容限界	83
6.1.5	評価方法	85
6.1.6	評価条件	100
7.	取水槽除じん機エリア防水壁	102
7.1	強度評価方法	102
7.1.1	記号の説明	102
7.1.2	評価対象部位	104
7.1.3	荷重及び荷重の組合せ	105
7.1.4	許容限界	107
7.1.5	評価方法	109
7.1.6	評価条件	115
8.	評価結果	116

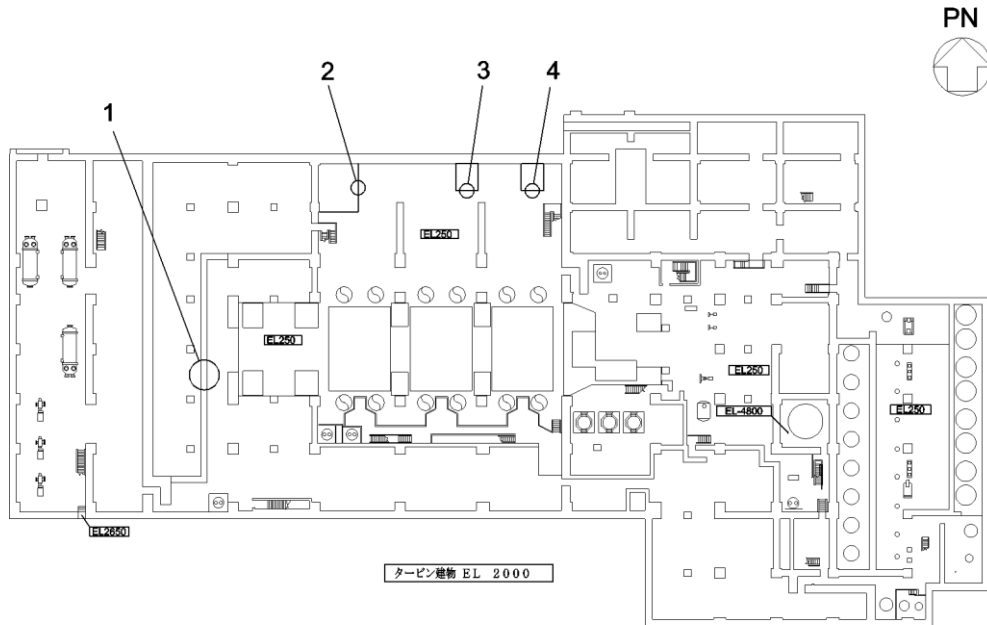
1. 概要

本計算書は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」に基づき、浸水防止設備であるタービン建物復水器エリア防水壁及び取水槽除じん機エリア防水壁（以下「防水壁」という。）が、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重又は地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風による荷重に対して、十分な構造健全性及び止水性を有していることを説明するものである。

2. 一般事項

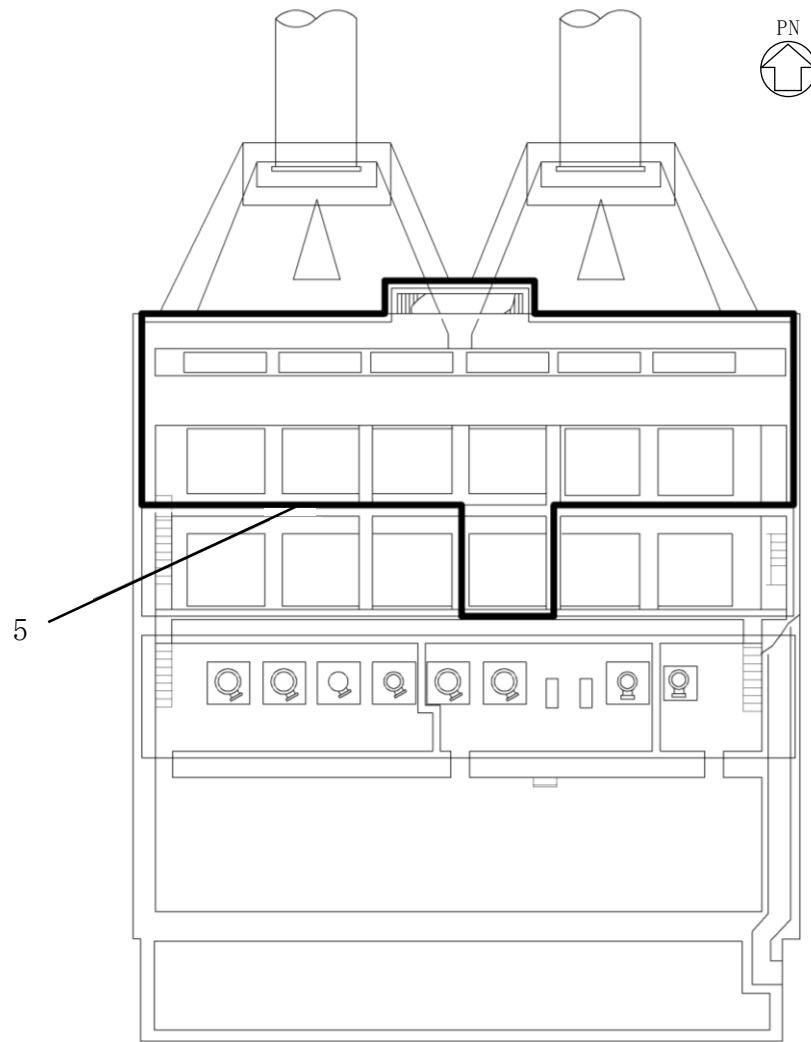
2.1 配置概要

防水壁の一覧及び設置位置図を図 2-1 に示す。



1	タービン建物地下 1 階復水系配管室防水壁
2	タービン建物地下 1 階復水器室北西側防水壁
3	タービン建物地下 1 階復水器室北側防水壁
4	タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁

図 2-1(1) 防水壁の設置位置図 (タービン建物復水器エリア)



取水槽除じん機エリア EL 8800

5	取水槽除じん機エリア防水壁
---	---------------

図 2-1(2) 防水壁の設置位置図 (取水槽除じん機エリア)

2.2 構造計画

2.2.1 タービン建物復水器エリア防水壁

タービン建物復水器エリア防水壁は鋼板、柱、梁、胴縁、根太、斜材、ブレース及びアンカーボルトにより構成され、アンカーボルトにより建物躯体と接合する構造とする。タービン建物復水器エリア防水壁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1(1) タービン建物復水器エリア防水壁の構造計画
(タービン建物地下 1 階復水系配管室防水壁)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
柱及び胴縁で補強した鋼板を建物床及び壁面にアンカーボルトにて固定する。	鋼板、胴縁、柱及びアンカーボルトにより構成する。	<p>平面図</p> <p>A-A 正面図</p> <p>B-B 断面図</p>

表 2-1(2) タービン建物復水器エリア防水壁の構造計画
 (タービン建物地下 1 階復水器室北西側防水壁)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
柱、梁及び胴縁で補強した鋼板を建物床及び壁面にアンカーボルトにて固定する。	鋼板、柱、梁、胴縁及びアンカーボルトにより構成する。	<p>梁</p> <p>柱</p> <p>胴縁</p> <p>アンカーボルト</p> <p>鋼板</p> <p>平面図 (梁伏図)</p> <p>平面図 (一般部)</p> <p>胴縁</p> <p>梁</p> <p>柱</p> <p>鋼板</p> <p>アンカーボルト</p> <p>A-A 正面図</p>

表 2-1(3) タービン建物復水器エリア防水壁の構造計画
 (タービン建物地下 1 階復水器室北側防水壁)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
柱, 梁, 水平ブレース及び胴縁で補強した鋼板を建物床及び壁面にアンカーボルトにて固定する。	鋼板, 柱, 梁, 水平ブレース, 胴縁及びアンカーボルトにより構成する。	<p>アンカーボルト</p> <p>梁(上段)</p> <p>鋼板</p> <p>平面図(梁(上段))</p> <p>水平ブレース</p> <p>胴縁</p> <p>柱</p> <p>平面図(一般部)</p> <p>梁(中段)</p> <p>平面図(梁(中段))</p> <p>梁(上段)</p> <p>柱</p> <p>胴縁</p> <p>鋼板</p> <p>梁(中段)</p> <p>アンカーボルト</p> <p>A-A 正面図</p>

表 2-1(4) タービン建物復水器エリア防水壁の構造計画
 (タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
柱, 梁, 胴縁, 根太及び斜材で補強した鋼板を建物壁面にアンカーボルトにて固定する。	鋼板, 柱, 梁, 胴縁, 根太, 斜材及びアンカーボルトにより構成する。	<p>アンカーボルト</p> <p>梁</p> <p>平面図 (壁頂部)</p> <p>アンカーボルト</p> <p>鋼板</p> <p>柱</p> <p>胴縁</p> <p>平面図 (一般部)</p> <p>アンカーボルト</p> <p>根太</p> <p>鋼板</p> <p>梁</p> <p>A/A</p> <p>平面図 (床梁)</p> <p>斜材</p> <p>柱</p> <p>胴縁</p> <p>梁</p> <p>鋼板</p> <p>斜材</p> <p>アンカーボルト</p> <p>A-A 正面図</p>

2.2.2 取水槽除じん機エリア防水壁

取水槽除じん機エリア防水壁は、鋼板、水平材、柱及びアンカーボルトにより構成され、アンカーボルトにより取水槽躯体と接合する構造とする。

取水槽除じん機エリア防水壁の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 取水槽除じん機エリア防水壁の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
柱及び水平材で補強した鋼板を取水槽躯体にアンカーボルトにて固定する。	鋼板、柱、水平材及びアンカーボルトにより構成する。	<p>正面図</p> <p>断面図</p>

2.3 評価方針

防水壁の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、防水壁の評価対象部位に作用する応力等が許容限界内に収まることを、各設備の「3.1 強度評価方法」「4.1 強度評価方法」「5.1 強度評価方法」「6.1 強度評価方法」「7.1 強度評価方法」に示す方法により、「3.1.6 評価条件」「4.1.6 評価条件」「5.1.6 評価条件」「6.1.6 評価条件」「7.1.6 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、応力評価の確認事項を「8. 評価結果」にて確認する。

防水壁の強度評価フローを図 2-2 に示す。防水壁の強度評価においては、その構造を踏まえ、静水圧荷重、余震に伴う荷重及び風荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し、評価対象部位を設定する。

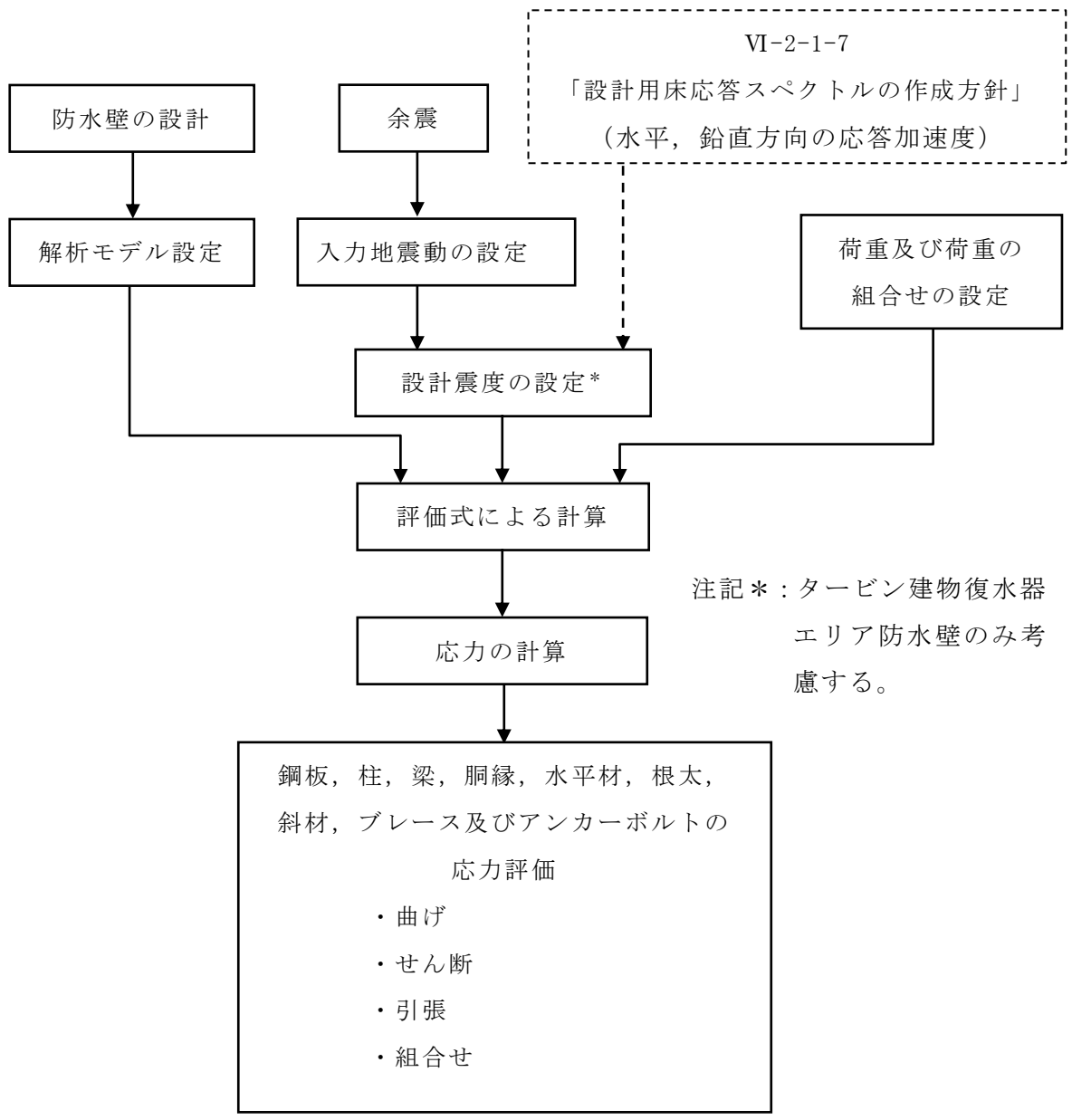


図 2-2 防水壁の強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）
- ・ 水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版（（社）日本水道協会）

3. タービン建物地下 1 階復水系配管室防水壁

3.1 強度評価方法

3.1.1 記号の説明

タービン建物地下 1 階復水系配管室防水壁の評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1(1) タービン建物地下 1 階復水系配管室防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
w_1	kN/m	鋼板に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
P_h	kN/m ²	静水圧荷重
ρ_o	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
H	mm	浸水深さ
h	mm	水圧作用高さ
P	kN/m ²	動水圧荷重
β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数(1.0)
α_H	—	水平方向の余震震度
S_d	kN/m	余震による地震荷重
t	mm	鋼板の厚さ
ρ_s	t/m ³	鋼板の密度
σ_1	N/mm ²	鋼板に生じる曲げ応力度
M_1	kN・m	鋼板の曲げモーメント
Z_1	mm ³	鋼板の断面係数
L_1	mm	鋼板の短辺長さ
w_2	kN/m	胴縁に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
b_2	mm	胴縁に作用する荷重の負担幅
m_2	kg/m	胴縁の質量分布
σ_2	N/mm ²	胴縁に生じる曲げ応力度
M_2	kN・m	胴縁の曲げモーメント
Z_2	mm ³	胴縁の断面係数
L_2	mm	胴縁の支持スパン
τ_2	N/mm ²	胴縁に生じるせん断応力度
Q_2	kN	胴縁のせん断力
A_{S2}	mm ²	胴縁のせん断断面積

表 3-1(2) タービン建物地下 1 階復水系配管室防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$s f_{t2}$	N/mm^2	胴縁の短期許容引張応力度
w_3	kN/m	柱に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
b_3	mm	柱に作用する荷重の負担幅
m_3	kg/m	柱の質量分布
σ_3	N/mm^2	柱に生じる曲げ応力度
M_3	$kN \cdot m$	柱の曲げモーメント
Z_3	mm^3	柱の断面係数
L_3	mm	柱全長
τ_3	N/mm^2	柱に生じるせん断応力度
Q_3	kN	柱のせん断力
A_{s3}	mm^2	柱のせん断断面積
$s f_{t3}$	N/mm^2	柱の短期許容引張応力度
Q_d	kN	アンカーボルト 1 本当りに生じるせん断力
Q_4	kN	柱に生じるせん断力
n	本	柱に取り付くアンカーボルトの本数

3.1.2 評価対象部位

当該防水壁の評価対象部位は「2.2 構造計画」に示す構造上の特性を踏まえ選定する。

当該防水壁に生じる静水圧及び余震に伴う荷重は鋼板、胴縁及び柱に伝わり、柱を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達されることから、評価対象部位を鋼板、胴縁、柱及びアンカーボルトとする。評価対象部位を図 3-1 に示す。

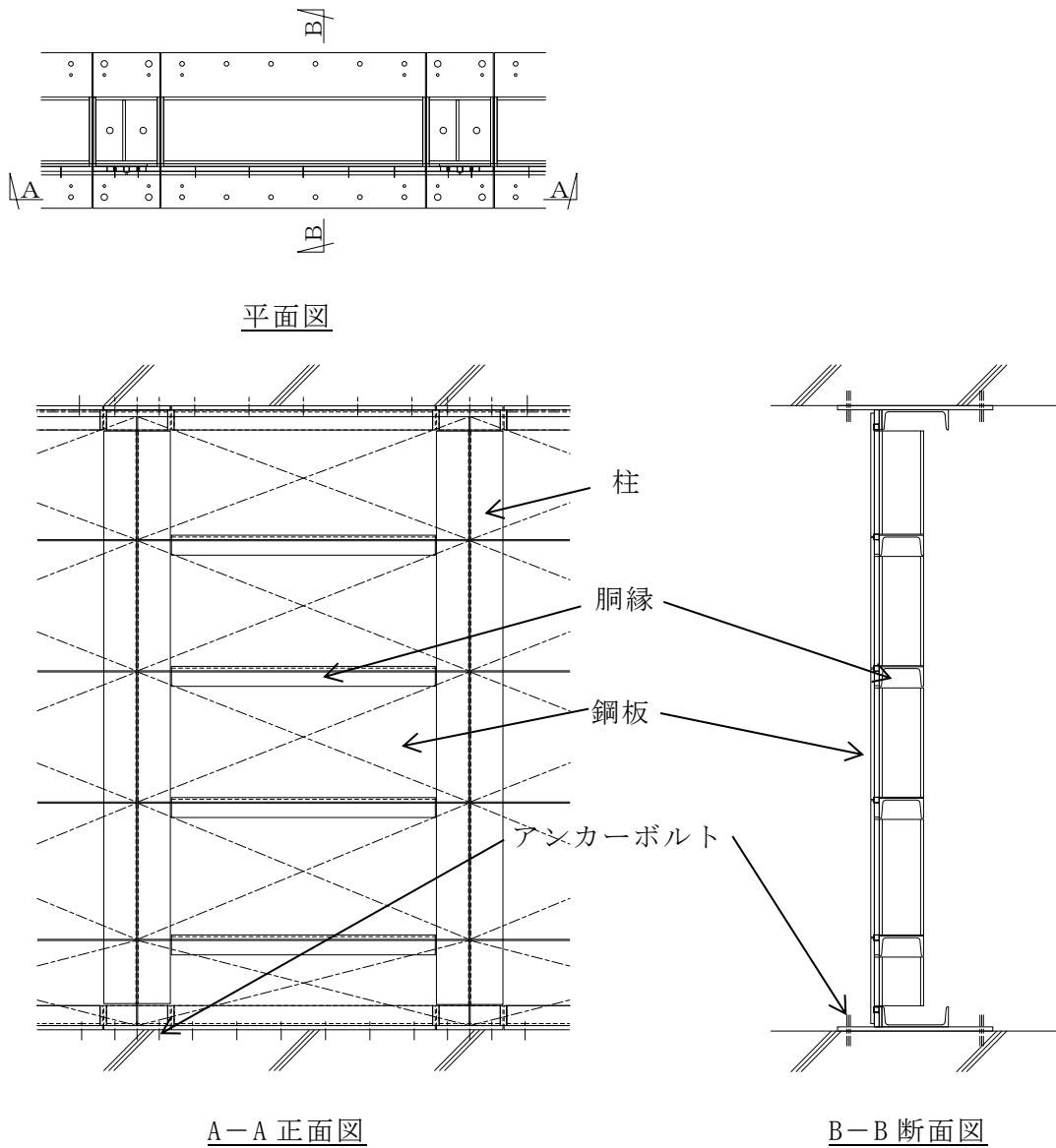


図 3-1 評価対象部位

3.1.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

(1) 荷重の組合せ

当該防水壁の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h + K S d$$

P_h : 静水圧荷重

$K S d$: 余震荷重

(2) 荷重の設定

a. 静水圧荷重 (P_h)

浸水に伴う静水圧荷重を考慮する。静水圧荷重は、評価対象部位周辺の水の密度に当該部分の浸水深さを考慮した水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、当該防水壁下端の最大静水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 3-2 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

b. 余震荷重 (K S d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S d による地震力及び動水圧を考慮する。評価に用いる余震震度は VI-2-1-7 「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。また、余震震度は防水壁設置階と上階の最大値とし、水平震度は NS 方向と EW 方向の大きい方を用いる。当該防水壁の余震震度を表 3-3 に示す。

動水圧荷重は「水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版（（社）日本水道協会）」（以下「水道施設耐震工法指針・解説」という。）に基づき、各部位に作用する動水圧を次式により算出する。この時、当該防水壁下端の最大動水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。動水圧荷重の算定に用いる浸水深さ及び水圧作用高さ表 3-2 に、動水圧荷重の算出結果は表 3-4 に示す。

$$P = \beta \cdot 7 / 8 \cdot \alpha_H \cdot \rho_o \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h \cdot 10^{-6}}$$

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (1.0)

α_H : 水平方向の余震震度

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 浸水深さ (mm)

h : 水圧作用高さ (mm)

表 3-2 浸水深さ、水圧作用高さ及び水の密度

浸水深さ H (mm)	水圧作用高さ h (mm)	水の密度 ρ_o (t/m ³)
3300	3300	1.03

表 3-3 余震震度

建物	設置場所	弾性設計用地震動 S d の 余震震度*
		水平 α_H
タービン建物	EL 2.0m	0.60

注記* : 設計用震度 I (1.0ZPA) を示す。

表 3-4 動水圧荷重の算出結果

部位	動水圧荷重 P (kN/m ²)
防水壁	17.50

3.1.4 許容限界

許容限界は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 使用材料

当該防水壁を構成する鋼板、胴縁、柱及びアンカーボルトの使用材料を表 3-5 に示す。

表 3-5 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
鋼板	SS400	PL-16
胴縁	SS400	[-200×90×8×13.5
柱	SS400	H-300×300×10×15
アンカーボルト	SS400	M24

(2) 許容限界

a. 鋼材

鋼材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）」（以下「S 規準」という。）を踏まえて表 3-6 の値とする。

表 3-6 鋼材の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)			
	引張	圧縮	曲げ*	せん断
SS400	235	235	235	135

注記*：上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」（以下「各種合成構造設計指針・同解説」という。）を踏まえて表 3-7 の値とする。

なお，アンカーボルトがせん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力，定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 3-7 アンカーボルトの許容限界

材質	許容耐力 (kN)
	せん断
SS400 (M24)	58

3.1.5 評価方法

当該防水壁を構成する鋼板，胴縁，柱及びアンカーボルトに発生する応力より算定する応力度が，許容限界以下であることを確認する。

(1) 鋼板

鋼板に生じる応力は，鋼板を両端ピンの単純はりとして次式により算出し，鋼板の短期許容応力度以下であることを確認する。鋼板に作用する荷重の例を図 3-2 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_1 = (P_h + P) \cdot b_1 + S d$$

w_1 : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_1 : 鋼板の幅 (単位幅 : 1.0m)

$S d$: 余震による地震荷重 (kN/m)

$$(t \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_H \cdot \rho_s \cdot g)$$

t : 鋼板の厚さ (mm)

α_H : 水平方向の余震震度

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 鋼板に生じる曲げ応力度

$$\sigma_1 = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

$$M_1 = w_1 \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

σ_1 : 鋼板に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 鋼板の曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 鋼板の断面係数 (mm³)

L_1 : 鋼板の短辺長さ (mm)

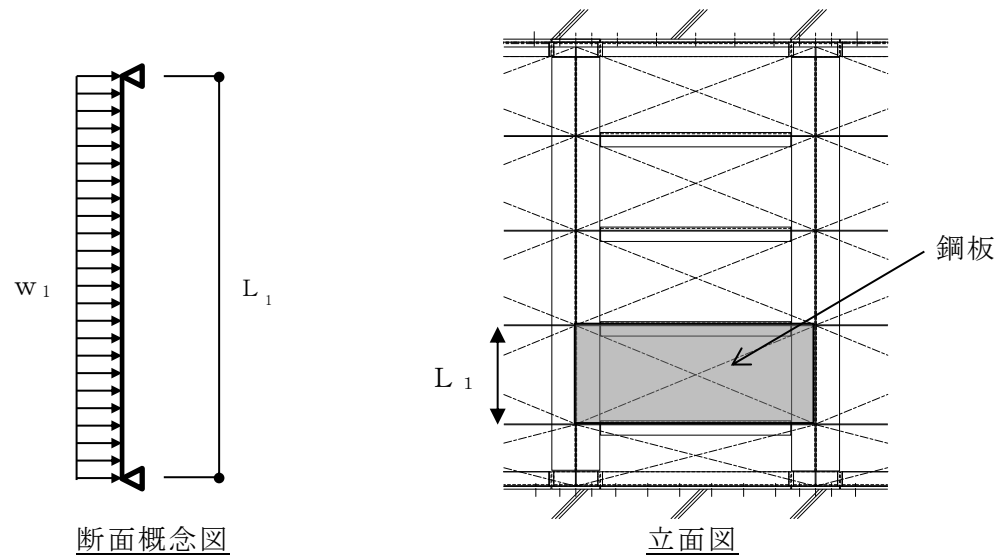


図 3-2 鋼板に作用する荷重の例

(2) 胴縁

胴縁に生じる応力は、胴縁を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、胴縁の短期許容曲げ応力度以下であることを確認する。胴縁に作用する荷重の例を図 3-3 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_2 = (P_h + P) \cdot b_2 \cdot 10^{-3} + S_d$$

w_2 : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_2 : 胴縁に作用する荷重の負担幅 (mm)

S_d : 余震による地震荷重 (kN/m)

$$\left((\rho_s \cdot b_2 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g \right)$$

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

t : 鋼板の厚さ (mm)

m_2 : 胴縁の質量分布 (kg/m)

α_H : 水平方向の余震震度

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 胴縁に生じる曲げ応力度

$$\sigma_2 = (M_2 \cdot 10^6) / Z_2$$

$$M_2 = w_2 \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

σ_2 : 胴縁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_2 : 胴縁の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : 胴縁の断面係数 (mm³)

L_2 : 胴縁の支持スパン (mm)

c. 胴縁に生じるせん断応力度

$$\tau_2 = (Q_2 \cdot 10^3) / A_{s2}$$

$$Q_2 = w_2 \cdot (L_2 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_2 : 胴縁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

Q_2 : 胴縁のせん断力 (kN)

A_{s2} : 胴縁のせん断断面積 (mm²)

L_2 : 胴縁の支持スパン (mm)

d. 胴縁に生じる組合せ応力度

胴縁に生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3 \cdot \tau_2^2} \leq_s f_{t2}$$

σ_2 : 胴縁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ_2 : 胴縁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

$s f_{t2}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)

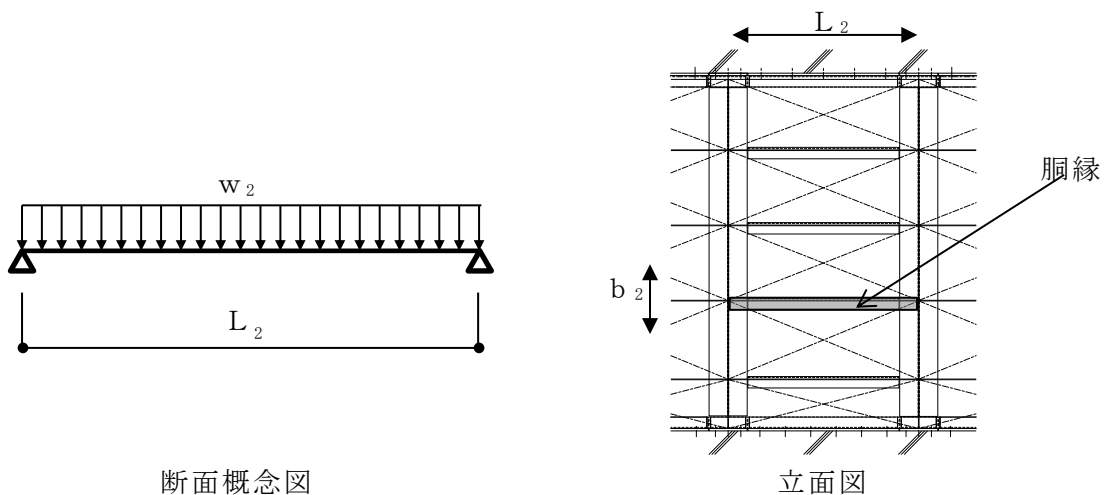


図 3-3 胴縁に作用する荷重の例

(3) 柱

柱に生じる応力は、柱を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、柱の短期許容応力度以下であることを確認する。柱に作用する荷重の例を図 3-4 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_3 = (P_h + P) \cdot b_3 \cdot 10^{-3} + S_d$$

w_3 : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_3 : 柱に作用する荷重の負担幅 (mm)

S_d : 余震による地震荷重 (kN/m)

$$\left((\rho_s \cdot b_3 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot L_2 / b_2 \cdot 10^{-3} + m_3 \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g \right)$$

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

t : 鋼板の厚さ (mm)

m_2 : 胴縁の質量分布 (kg/m)

L_2 : 胴縁の支持スパン (mm)

b_2 : 胴縁に作用する荷重の負担幅 (mm)

m_3 : 柱の質量分布 (kg/m)

α_H : 水平方向の余震震度

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_3 = (M_3 \cdot 10^6) / Z_3$$

$$M_3 = w_3 \cdot (L_3 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

σ_3 : 柱に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_3 : 柱の曲げモーメント (kN・m)

Z_3 : 柱の断面係数 (mm³)

L_3 : 柱全長 (mm)

c. 柱に生じるせん断応力度

$$\tau_3 = (Q_3 \cdot 10^3) / A_{s3}$$

$$Q_3 = w_3 \cdot (L_3 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_3 : 柱に生じるせん断応力度 (N/mm²)

Q_3 : 柱のせん断力 (kN)

A_{s3} : 柱のせん断断面積 (mm²)

L_3 : 柱全長 (mm)

d. 柱に生じる組合せ応力度

柱に生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma_3^2 + 3 \cdot \tau_3^2} \leq_s f_{t3}$$

σ_3 : 柱に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ_3 : 柱に生じるせん断応力度 (N/mm²)

$_s f_{t3}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)

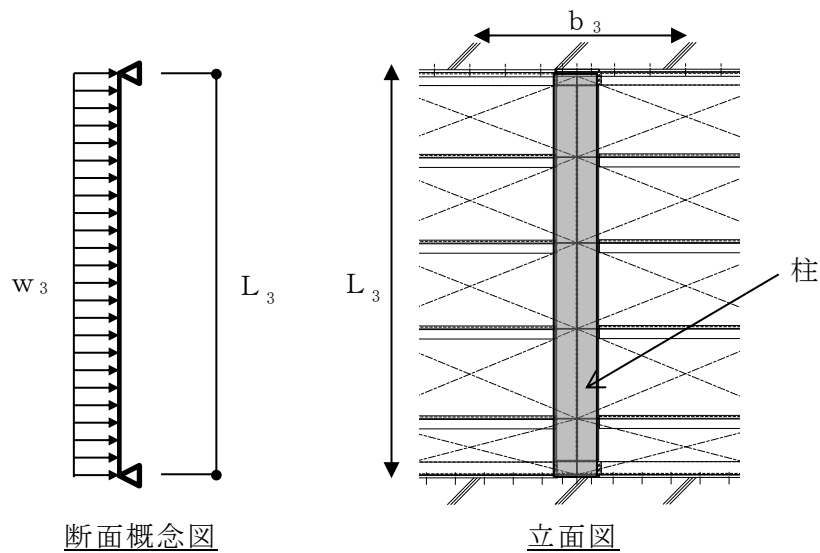


図 3-4 柱に作用する荷重の例

(4) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力は次式より算出し，アンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。アンカーボルトに生じる荷重の例を図 3-5 に示す。

$$Q_d = Q_4 / n$$

Q_d : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_4 : 柱に生じるせん断力 (kN)

n : 柱に取り付くアンカーボルトの本数 (本)

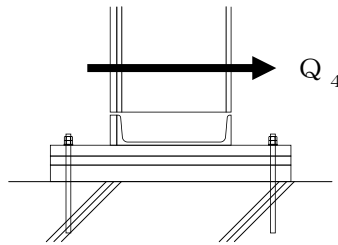


図 3-5 アンカーボルトに生じる荷重の例

3.1.6 評価条件

「3.1.5 評価方法」に用いる入力値を表3-8に示す。

表3-8 強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	h	mm	水圧作用高さ	3300
	H	mm	浸水深さ	3300
	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	α_H	—	水平方向の余震震度	0.60
	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0
鋼板	ρ_s	t/m ³	鋼板の密度	7.85
	t	mm	鋼板の厚さ	16
	Z ₁	mm ³	鋼板の断面係数	42.67×10 ³
	L ₁	mm	鋼板の短辺長さ	620
胴縁	b ₂	mm	胴縁に作用する荷重の負担幅	606
	m ₂	kg/m	胴縁の質量分布	51.0
	Z ₂	mm ³	胴縁の断面係数	249×10 ³
	L ₂	mm	胴縁の全長	1500
	A _{S2}	mm ²	胴縁のせん断断面積	1384
柱	b ₃	mm	柱に作用する荷重の負担幅	1500
	m ₃	kg/m	柱の質量分布	153.0
	Z ₃	mm ³	柱の断面係数	1350×10 ³
	L ₃	mm	柱全長	2816
	A _{S3}	mm ²	柱のせん断断面積	2700
アンカーボルト	n	本	柱に取り付くアンカーボルトの本数	6

4. タービン建物地下1階復水器室北西側防水壁

4.1 強度評価方法

4.1.1 記号の説明

タービン建物地下1階復水器室北西側防水壁の評価に用いる記号を表4-1に示す。

表4-1(1) タービン建物地下1階復水器室北西側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
w_1	kN/m	鋼板に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
P_h	kN/m ²	静水圧荷重
ρ_o	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
H	mm	浸水深さ
h	mm	水圧作用高さ
P	kN/m ²	動水圧荷重
β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (1.0)
α_H	—	水平方向の余震震度
α_V	—	鉛直方向の余震震度
S_d	kN/m	余震による水平地震荷重
S_{dV}	kN/m	余震による鉛直地震荷重
t	mm	鋼板の厚さ
ρ_s	t/m ³	鋼板の密度
σ_{b1}	N/mm ²	鋼板に生じる曲げ応力度
M_1	kN・m	鋼板の曲げモーメント
Z_1	mm ³	鋼板の断面係数
L_1	mm	鋼板の短辺長さ
w_{x2}	kN/m	胴縁に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
w_{y2}	kN/m	胴縁に作用する余震を考慮した荷重
b_2	mm	胴縁に作用する荷重の負担幅
m_2	kg/m	胴縁の質量分布
σ_{bx2}	N/mm ²	胴縁に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by2}	N/mm ²	胴縁に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x2}	kN・m	胴縁に生じる強軸回りの曲げモーメント
M_{y2}	kN・m	胴縁に生じる弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x2}	mm ³	胴縁の強軸回りの断面係数

表 4-1(2) タービン建物地下 1 階復水器室北西側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
Z_{y2}	mm^3	胴縁の弱軸回りの断面係数
L_2	mm	胴縁の全長
τ_{x2}	N/mm^2	胴縁に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y2}	N/mm^2	胴縁に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x2}	kN	胴縁の強軸方向のせん断力
Q_{y2}	kN	胴縁の弱軸方向のせん断力
A_{Sx2}	mm^2	胴縁の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy2}	mm^2	胴縁の弱軸方向のせん断断面積
$s f_{t2}$	N/mm^2	胴縁の短期許容引張応力度
w_3	kN/m	柱に作用する静水压荷重及び余震を考慮した荷重
b_3	mm	柱に作用する荷重の負担幅
m_3	kg/m	柱の質量分布
σ_{bx3}	N/mm^2	柱に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by3}	N/mm^2	柱に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	柱の強軸回りの曲げモーメント
M_{y3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	柱の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x3}	mm^3	柱の強軸回りの断面係数
Z_{y3}	mm^3	柱の弱軸回りの断面係数
L_3	mm	柱全長
τ_{x3}	N/mm^2	柱に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y3}	N/mm^2	柱に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x3}	kN	柱の強軸方向のせん断力
Q_{y3}	kN	柱の弱軸方向のせん断力
A_{Sx3}	mm^2	柱の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy3}	mm^2	柱の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_{c(t)3}$	N/mm^2	柱に生じる軸応力度
$N_{c(t)3}$	kN	柱の圧縮又は引張軸力
A_{g3}	mm^2	柱の断面積
N_3	kN	柱の軸力
$s f_{bx3}$	N/mm^2	柱の強軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{by3}$	N/mm^2	柱の弱軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)3}$	N/mm^2	柱の短期許容圧縮又は許容引張応力度
$s f_{t3}$	N/mm^2	柱の短期許容引張応力度

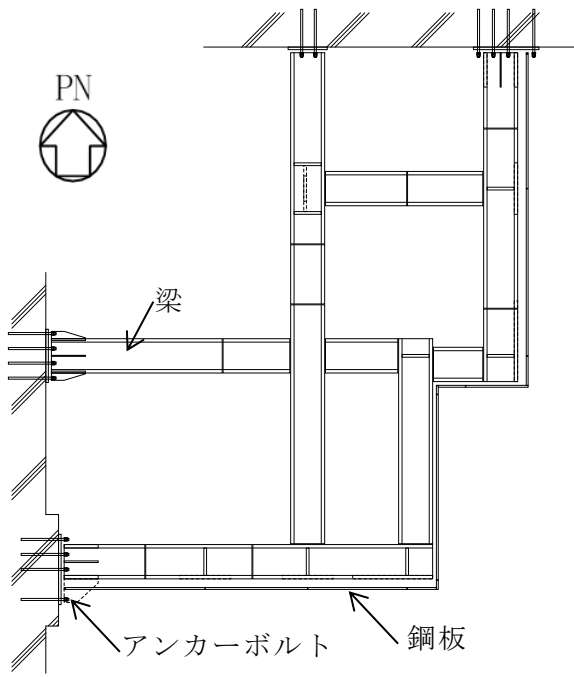
表 4-1(3) タービン建物地下 1 階復水器室北西側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
w_{x4}	kN/m	梁に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
w_{y4}	kN/m	梁に作用する余震を考慮した荷重
b_4	mm	梁に作用する荷重の負担幅
σ_{bx4}	N/mm ²	梁に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by4}	N/mm ²	梁に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x4}	kN・m	梁の強軸回りの曲げモーメント
M_{y4}	kN・m	梁の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x4}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数
Z_{y4}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数
L_4	mm	梁全長
τ_{x4}	N/mm ²	梁に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y4}	N/mm ²	梁に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x4}	kN	梁の強軸方向のせん断力
Q_{y4}	kN	梁の弱軸方向のせん断力
A_{sx4}	mm ²	梁の強軸方向のせん断断面積
A_{sy4}	mm ²	梁の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_{c(t)4}$	N/mm ²	梁に生じる軸応力度
$N_{c(t)4}$	kN	梁の圧縮又は引張軸力
A_{g4}	mm ²	梁の断面積
$s f_{bx4}$	N/mm ²	梁の強軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{by4}$	N/mm ²	梁の弱軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)4}$	N/mm ²	梁の短期許容圧縮又は許容引張応力度
$s f_{t4}$	N/mm ²	梁の短期許容引張応力度
T_5	kN	柱又は梁に生じる引張力
n_5	本	柱又は梁に取り付くアンカーボルトの本数
T_{d5}	kN	アンカーボルト 1 本当たりに生じる引張力
T_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容引張力
Q_5	kN	柱又は梁に生じるせん断力
Q_{d5}	kN	アンカーボルト 1 本当たりに生じるせん断力
Q_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力

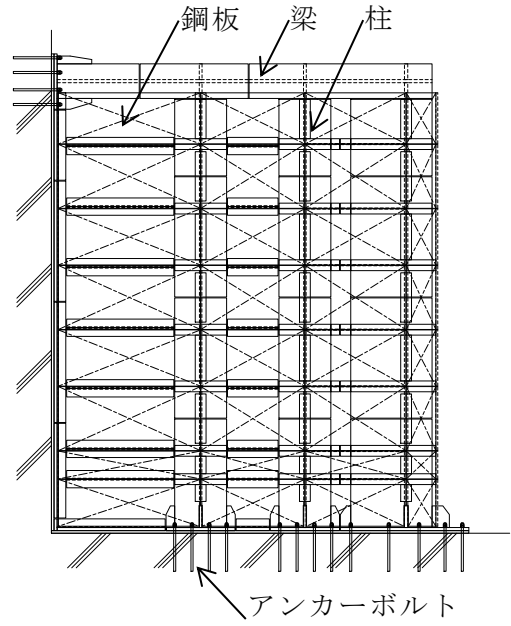
4.1.2 評価対象部位

当該防水壁の評価対象部位は「2.2 構造計画」に示す構造上の特性を踏まえ選定する。

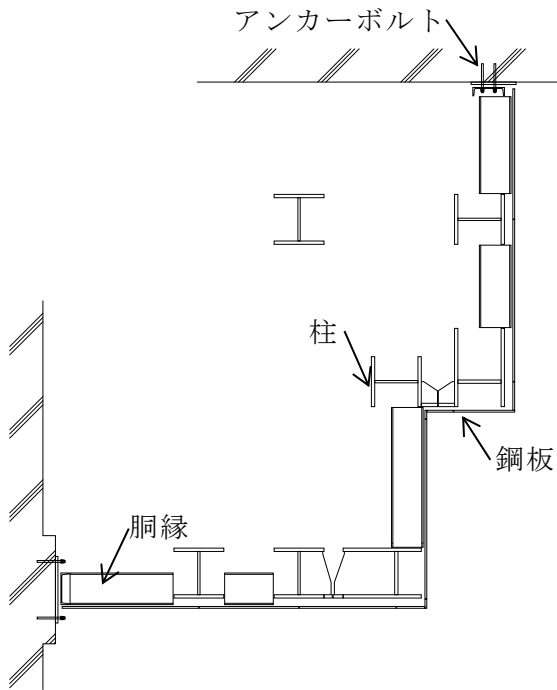
当該防水壁に生じる静水圧及び余震に伴う荷重は鋼板、胴縁、柱及び梁に伝わり、柱及び梁を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達されることから、評価対象部位を鋼板、胴縁、柱、梁及びアンカーボルトとする。評価対象部位を図4-1に示す。



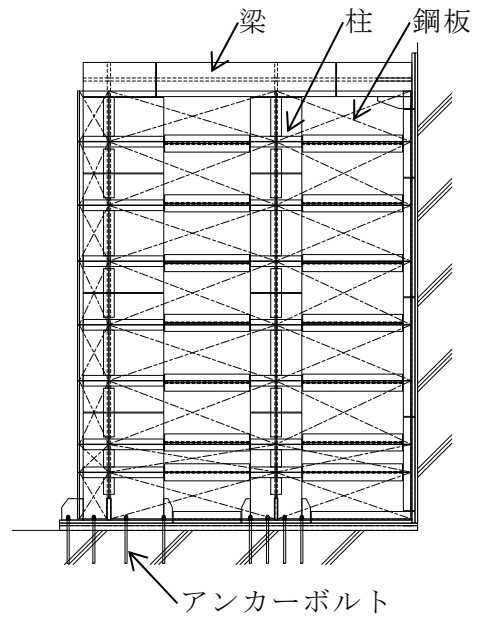
平面図 (梁伏図)



立面図 (南面)



平面図



立面図 (東面)

図 4-1 評価対象部位

4.1.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

(1) 荷重の組合せ

当該防水壁の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h + K S d$$

P_h : 静水圧荷重

$K S d$: 余震荷重

(2) 荷重の設定

a. 静水圧荷重 (P_h)

浸水に伴う静水圧荷重を考慮する。静水圧荷重は、評価対象部位周辺の水の密度に当該部分の浸水深さを考慮した水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、鋼板、胴縁及び柱においては当該防水壁下端の最大静水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。また、梁においては荷重負担幅下端の最大静水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 4-2 に、防水壁の水圧作用高さの概念図を図 4-2 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

b. 余震荷重 (K S d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S d による地震力及び動水圧を考慮する。評価に用いる余震震度は VI-2-1-7 「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定し、設計用床応答スペクトルに基づき設定する場合に適用する減衰定数は 2 % とする。また、余震震度は防水壁設置階と上階の最大値とし、水平震度は N S 方向と E W 方向の大きい方を用いる。当該防水壁の余震震度を表 4-3 に示す。

動水圧荷重は「水道施設耐震工法指針・解説」に基づき、各部位に作用する動水圧を次式により算出する。この時、鋼板、胴縁及び柱においては当該防水壁下端の最大動水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。また、梁においては梁の荷重負担幅下端の最大動水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。防水壁の水圧作用高さの概念図を図 4-2 に、動水圧荷重の算定に用いる浸水深さ及び水圧作用高さを表 4-2 に、動水圧荷重の算出結果を表 4-4 に示す。

$$P = \beta \cdot 7 / 8 \cdot \alpha_H \cdot \rho_o \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h \cdot 10^{-6}}$$

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (1.0)

α_H : 水平方向の余震震度

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 浸水深さ (mm)

h : 防水壁の水圧作用高さ (mm)

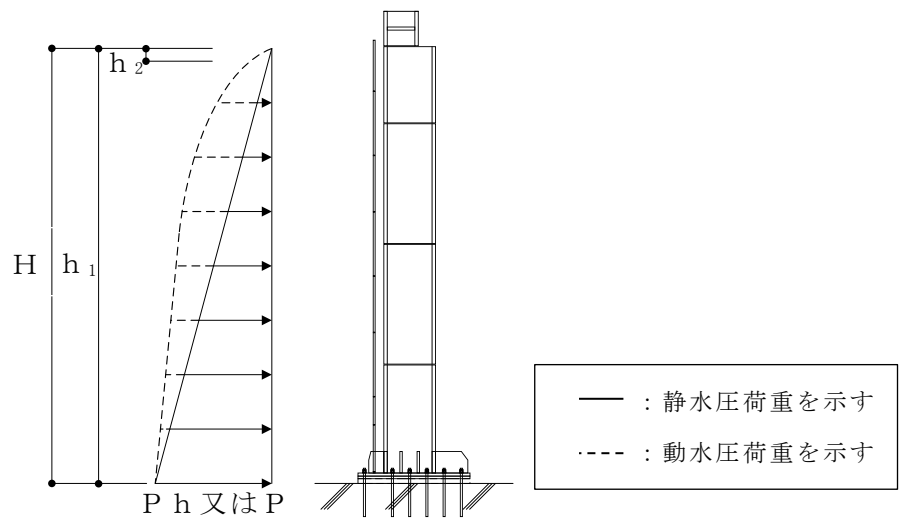


図 4-2 防水壁の水圧作用高さの断面概念図

表 4-2 浸水深さ，水圧作用高さ及び水の密度

浸水深さ H (mm)	水圧作用高さ		水の密度 ρ_0 (t/m ³)
	h_1 (mm)	h_2 (mm)	
	鋼板，胴縁， 柱	梁	
5050	5050	145	1.03

表 4-3 余震震度

設置場所	タービン建物 EL 0.25m			
固有周期 (s)	N S 方向 : 0.0506 E W 方向 : 0.0329 鉛直 : 0.0181			
減衰定数 (%)	N S 方向 : 2.0 E W 方向 : - 鉛直 : -			
地震力	弾性設計用地震動 S d			
モード	固有周期 (s)	水平震度		鉛直震度
		N S 方向	E W 方向	
1 次	0.0506	1.72* ¹	-	-
動的地震力* ²		-	0.60	0.32

注記*1：設計用床応答スペクトル I (S d) に基づき設定した震度。

*2：設計用震度 I (1.0ZPA)を示す。

表 4-4 動水圧荷重の算出結果

部位	動水圧荷重 P (kN/m ²)
鋼板, 胴縁, 柱	76.77
梁	13.01

4.1.4 許容限界

許容限界は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 使用材料

当該防水壁を構成する鋼板、胴縁、柱、梁及びアンカーボルトの使用材料を表 4-5 に示す。

表 4-5 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
鋼板	SS400	PL-22
柱	SN490B	BH-600×600×28×40 BH-600×940×40×40
梁	SN490B	BH-400×400×36×40 BH-400×500×28×40
胴縁	SS400	2-[-380×100×10.5×16
アンカーボルト	SS400	M24

(2) 許容限界

a. 鋼材

鋼材の許容限界は、「S 規準」を踏まえて表 4-6 の値とする。

表 4-6 鋼材の許容限界

材質	部材厚さ (mm)	短期許容応力度 (N/mm ²)			
		引張	圧縮* ²	曲げ* ²	せん断
SS400	$t \leq 40$ * ¹	235	235	235	135
	$40 < t \leq 100$ * ¹	215	215	215	124
SN490B	$t \leq 40$ * ¹	325	325	325	187
	$40 < t \leq 100$ * ¹	295	295	295	171

注記*1：t は板厚を示す。

*2：上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容荷重は「各種合成構造設計指針・同解説」を踏まえて表 4-7 の値とする。

なお、アンカーボルトが引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、アンカーボルトがせん断力を受ける場合においては、アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表 4-7 アンカーボルトの許容限界

材質	許容耐力 (kN)	
	引張	せん断
SS400 (M24)	76	58

4.1.5 評価方法

当該防水壁を構成する鋼板，胴縁，柱，梁及びアンカーボルトに発生する応力より算定する応力度が，許容限界以下であることを確認する。

(1) 鋼板

鋼板に生じる応力は，鋼板を両端ピンの単純はりとして次式により算出し，鋼板の短期許容応力度以下であることを確認する。鋼板に作用する荷重の例を図 4-3 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_1 = (P_h + P) \cdot b_1 + S d$$

w_1 : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_1 : 鋼板の幅 (単位幅 : 1.0m)

$S d$: 余震による地震荷重 ($t \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_H \cdot \rho_s \cdot g$) (kN/m)

t : 鋼板の厚さ (mm)

α_H : 水平方向の余震震度

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 鋼板に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b1} = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

$$M_1 = w_1 \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

σ_{b1} : 鋼板に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 鋼板の曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 鋼板の断面係数 (mm³)

L_1 : 鋼板の短辺長さ (mm)

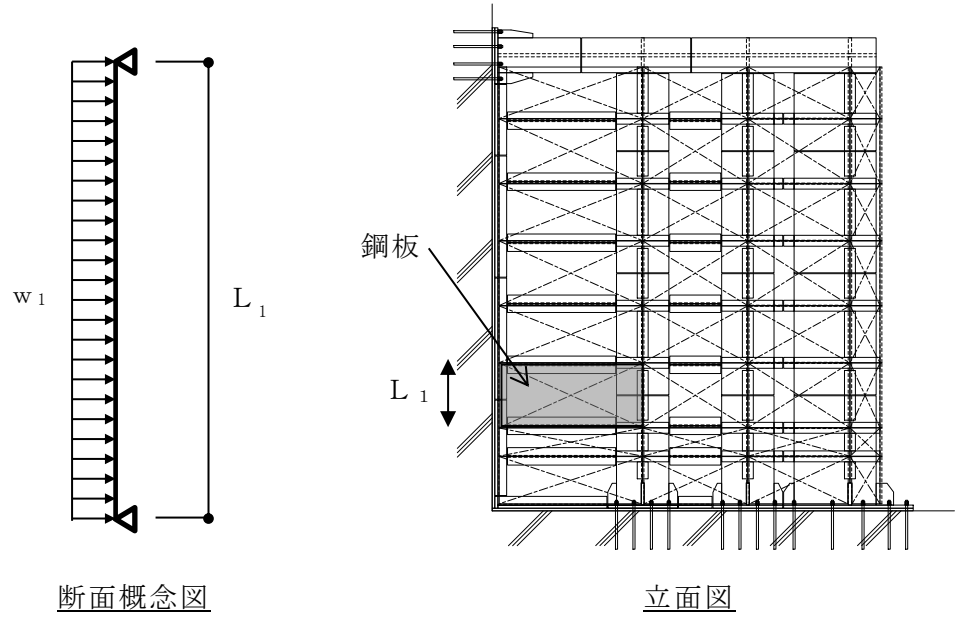


図 4-3 鋼板に作用する荷重の例

(2) 胴縁

胴縁に生じる応力は、胴縁を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、胴縁の短期許容応力度以下であることを確認する。胴縁に作用する荷重の例を図 4-4 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_{x2} = (P_h + P) \cdot b_2 \cdot 10^{-3} + S d$$

$$w_{y2} = S d_v$$

w_{x2} : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

w_{y2} : 余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_2 : 胴縁に作用する荷重の負担幅 (mm)

$S d$: 胴縁に生じる余震による水平地震荷重 (kN/m)

$$((\rho_s \cdot b_2 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g)$$

$S d_v$: 胴縁に生じる余震による鉛直地震荷重 (kN/m)

$$((\rho_s \cdot b_2 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot 10^{-3}) \cdot (1 \pm \alpha_v) \cdot g)$$

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

t : 鋼板の厚さ (mm)

m_2 : 胴縁の質量分布 (kg/m)

α_H : 水平方向の余震震度

α_v : 鉛直方向の余震震度
 g : 重力加速度 (m/s^2)

b. 胴縁に生じる曲げ応力度

$$\begin{aligned}\sigma_{bx2} &= (M_{x2} \cdot 10^6) / Z_{x2} \\ \sigma_{by2} &= (M_{y2} \cdot 10^6) / Z_{y2} \\ M_{x2} &= w_{x2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8 \\ M_{y2} &= w_{y2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8\end{aligned}$$

$\sigma_{bx2}, \sigma_{by2}$: 胴縁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm^2)
 M_{x2}, M_{y2} : 胴縁の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント ($kN \cdot m$)
 Z_{x2}, Z_{y2} : 胴縁の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm^3)
 L_2 : 胴縁全長 (mm)

c. 胴縁に生じるせん断応力度

$$\begin{aligned}\tau_{x2} &= (Q_{x2} \cdot 10^3) / A_{sx2} \\ \tau_{y2} &= (Q_{y2} \cdot 10^3) / A_{sy2} \\ Q_{x2} &= w_{x2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3}) / 2 \\ Q_{y2} &= w_{y2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3}) / 2\end{aligned}$$

τ_{x2}, τ_{y2} : 胴縁に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm^2)
 Q_{x2}, Q_{y2} : 胴縁の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)
 A_{sx2}, A_{sy2} : 胴縁の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm^2)
 L_2 : 胴縁全長 (mm)

d. 胴縁に生じる組合せ応力度

胴縁に生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づき次式により算定し、短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx2} + \sigma_{by2})^2 + 3 \cdot \tau_2^2} \leq_s f_{t2}$$

$\sigma_{bx2}, \sigma_{by2}$: 胴縁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm^2)
 τ_2 : 胴縁に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x2}, \tau_{y2})$ (N/mm^2)
 $s f_{t2}$: 短期許容引張応力度 (N/mm^2)

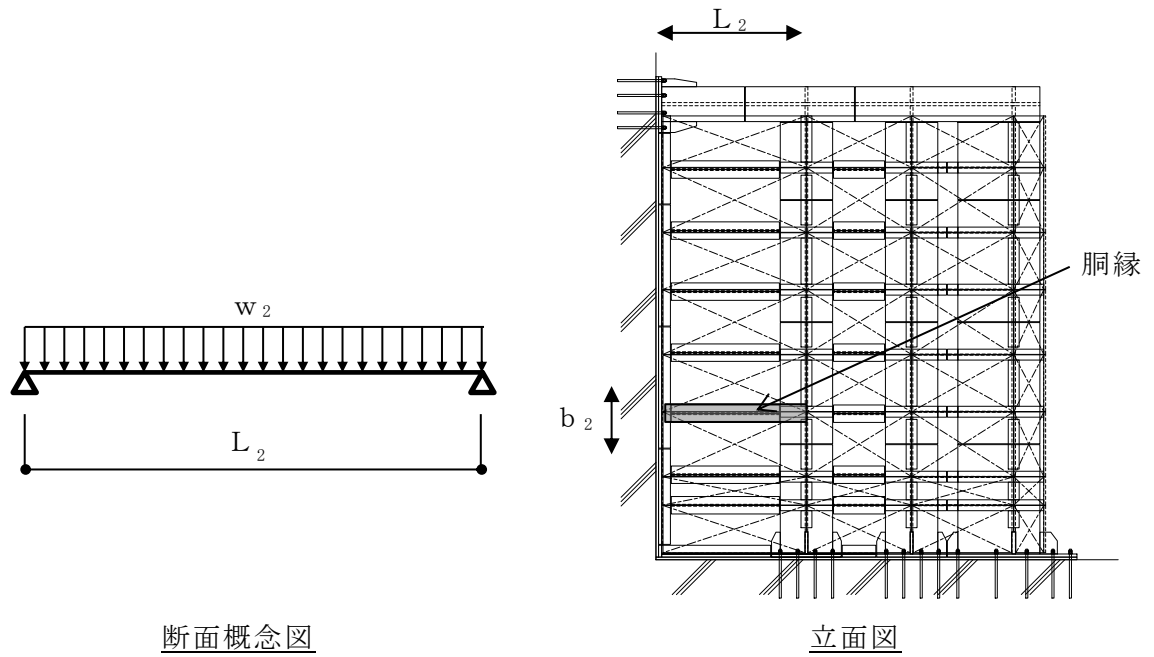


図 4-4 胴縁に作用する荷重の例

(3) 柱

柱に生じる応力は、柱を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、柱の短期許容応力度以下であることを確認する。柱に作用する荷重の例を図 4-5 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_3 = (P_h + P) \cdot b_3 \cdot 10^{-3} + S d$$

w_3 : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_3 : 柱に作用する荷重の負担幅 (mm)

$S d$: 余震による地震荷重 (kN/m)

$$\left((\rho_s \cdot b_3 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot L_2 / b_2 \cdot 10^{-3} + m_3 \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g \right)$$

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

t : 鋼板の厚さ (mm)

m_2 : 胴縁の質量分布 (kg/m)

L_2 : 胴縁全長 (mm)

b_2 : 胴縁に作用する荷重の負担幅 (mm)

m_3 : 柱の質量分布 (kg/m)

α_H : 水平方向の余震震度

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{bx3} = (M_{x3} \cdot 10^6) / Z_{x3}$$

$$\sigma_{by3} = (M_{y3} \cdot 10^6) / Z_{y3}$$

$$M_{x3} = w_{x3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$M_{y3} = w_{y3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$\sigma_{bx3}, \sigma_{by3}$: 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

M_{x3}, M_{y3} : 柱の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

Z_{x3}, Z_{y3} : 柱の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

L_3 : 柱全長 (mm)

c. 柱に生じるせん断応力度

$$\tau_{x3} = (Q_{x3} \cdot 10^3) / A_{sx3}$$

$$\tau_{y3} = (Q_{y3} \cdot 10^3) / A_{sy3}$$

$$Q_{x3} = w_{x3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{y3} = w_{y3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_{x3}, τ_{y3} : 柱に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x3}, Q_{y3} : 柱の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)

A_{sx3}, A_{sy3} : 柱の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

d. 柱に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)3} = (N_{c(t)3} \cdot 10^3) / A_{g3}$$

$$N_{c(t)3} = N_3 \cdot (1 \pm \alpha_v)$$

$\sigma_{c(t)3}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t)3}$: 柱の圧縮又は引張軸力 (kN)

A_{g3} : 柱の断面積 (mm²)

N_3 : 柱の軸力 (kN)

α_v : 鉛直方向の余震震度

e. 柱に生じる組合せ応力度

柱に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{b_{x3}}/s f_{b_{x3}} + \sigma_{b_{y3}}/s f_{b_{y3}} + \sigma_{c(t)3}/s f_{c(t)3} \leq 1.0$$

$\sigma_{b_{x3}}, \sigma_{b_{y3}}$: 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{b_{x3}}, s f_{b_{y3}}$: 柱の強軸及び回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)3}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)3}$: 短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

柱に生じる曲げ応力度，軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{b_{x3}} + \sigma_{b_{y3}} + \sigma_{c(t)3})^2 + 3\tau_3^2} \leq s f_{t3}$$

$\sigma_{b_{x3}}, \sigma_{b_{y3}}$: 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)3}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

τ_3 : 柱に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x3}, \tau_{y3})$ (N/mm²)

$s f_{t3}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)

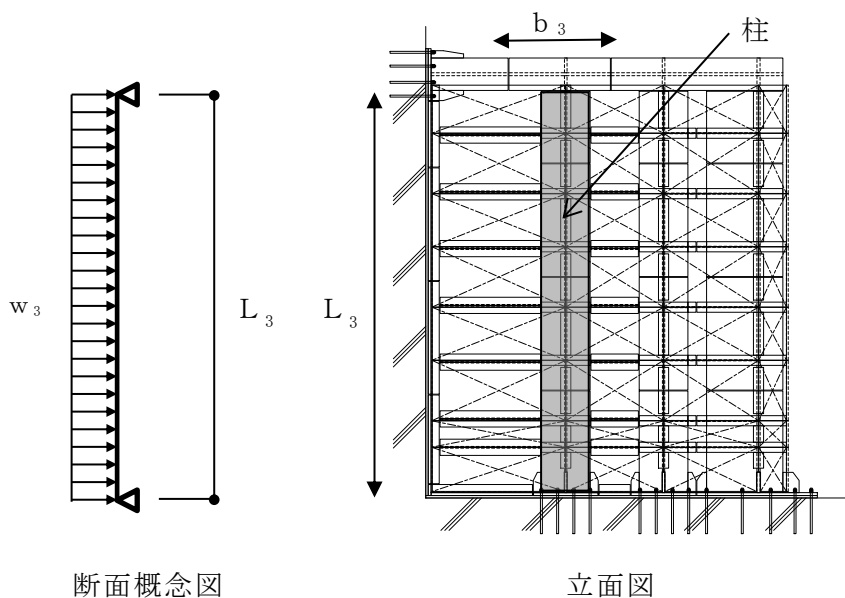


図 4-5 柱に作用する荷重の例

(4) 梁

梁に生じる応力は、梁を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、梁の短期許容応力度以下であることを確認する。梁に作用する荷重の例を図4-6に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_{x4} = (P_h + P) \cdot b_4 \cdot 10^{-3} + S_d$$

$$w_{y4} = S_{dv}$$

w_{x4} : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

w_{y4} : 余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_4 : 梁に作用する荷重の負担幅 (mm)

S_d : 余震による地震荷重 (kN/m)

S_{dv} : 余震による鉛直地震荷重 (kN/m)

b. 梁に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{bx4} = (M_{x4} \cdot 10^6) / Z_{x4}$$

$$\sigma_{by4} = (M_{y4} \cdot 10^6) / Z_{y4}$$

$$M_{x4} = w_{x4} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$M_{y4} = w_{y4} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$\sigma_{bx4}, \sigma_{by4}$: 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

M_{x4}, M_{y4} : 梁の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

Z_{x4}, Z_{y4} : 梁の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

L_4 : 梁全長 (mm)

c. 梁に生じるせん断応力度

$$\tau_{x4} = (Q_{x4} \cdot 10^3) / A_{Sx4}$$

$$\tau_{y4} = (Q_{y4} \cdot 10^3) / A_{Sy4}$$

$$Q_{x4} = w_{x4} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{y4} = w_{y4} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_{x4}, τ_{y4} : 梁に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x4}, Q_{y4} : 梁の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)

A_{Sx4}, A_{Sy4} : 梁の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

d. 梁に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)4} = (N_{c(t)4} \cdot 10^3) / A_{g4}$$

$\sigma_{c(t)4}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t)4}$: 梁の圧縮又は引張軸力 (kN)

A_{g4} : 梁の断面積 (mm²)

e. 梁に生じる組合せ応力度

梁に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{bx4}/s f_{bx4} + \sigma_{by4}/s f_{by4} + \sigma_{c(t)4}/s f_{c(t)4} \leq 1.0$$

$\sigma_{bx4}, \sigma_{by4}$: 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{bx4}, s f_{by4}$: 梁の強軸及び弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)4}$: 短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

梁に生じる曲げ応力度，軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は，次式により算出し，短期許容引張応力度以下であることを確認する。

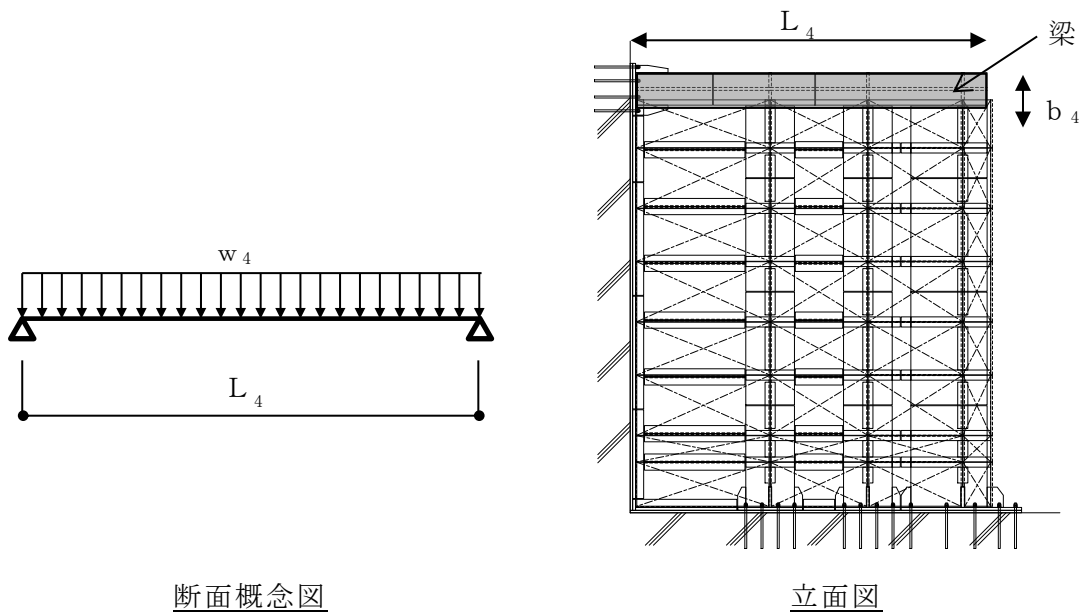
$$\sqrt{(\sigma_{bx4} + \sigma_{by4} + \sigma_{c(t)4})^2 + 3\tau_4^2} \leq_s f_{t4}$$

σ_{bx4} ， σ_{by4} : 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

τ_4 : 梁に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x4}, \tau_{y4})$ (N/mm²)

$s f_{t4}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)



断面概念図

立面図

図 4-6 梁に作用する荷重の例

(5) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力が、「各種合成構造設計指針」に基づき算定したアンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。アンカーボルトに生じる荷重の例を図 4-7 に示す。

$$(T_{d5}/T_a)^2 + (Q_{d5}/Q_a)^2 \leq 1$$

$$T_{d5} = T_5 / n_5$$

$$T_{d5}/T_a \leq 1.0$$

T_5 : 柱又は梁に生じる引張力 (kN)

n_5 : 柱又は梁に取り付くアンカーボルトの本数 (本)

T_{d5} : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

$$Q_{d5} = Q_5 / n_5$$

$$Q_{d5}/Q_a \leq 1.0$$

Q_5 : 柱又は梁に生じるせん断力 (kN)

Q_{d5} : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

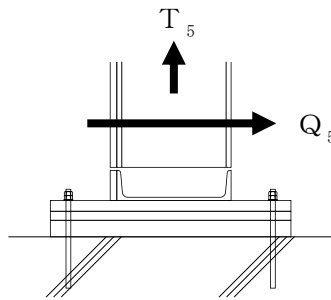


図 4-7 アンカーボルトに生じる荷重の例

4.1.6 評価条件

「4.1.4 評価方法」に用いる評価条件に用いる入力値を表4-8に示す。

表4-8(1) 強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	H	mm	浸水深さ	5050
	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	α_H	—	水平方向の余震震度	1.72
	α_V	—	鉛直方向の余震震度	0.32
	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0
鋼板	h	mm	水圧作用高さ	5050
	ρ_s	t/m ³	鋼板の密度	7.85
	t	mm	鋼板の厚さ	22
	Z ₁	mm ³	鋼板の断面係数	80.67×10 ³
	L ₁	mm	鋼板の短辺長さ	750
胴縁	h	mm	水圧作用高さ	5050
	b ₂	mm	胴縁に作用する荷重の負担幅	725
	m ₂	kg/m	胴縁の質量分布	214.1
	Z _{x2}	mm ³	胴縁の強軸回りの断面係数	1526×10 ³
	Z _{y2}	mm ³	胴縁の弱軸回りの断面係数	141×10 ³
	L ₂	mm	胴縁全長	2300
	A _{Sx2}	mm ²	胴縁の強軸方向のせん断断面積	7308
	A _{Sy2}	mm ²	胴縁の弱軸方向のせん断断面積	6400
柱	h	mm	水圧作用高さ	5050
	b ₃	mm	柱に作用する荷重の負担幅	1800
	m ₃	kg/m	柱の質量分布	601.6
	Z _{x3}	mm ³	柱の強軸回りの断面係数	13659×10 ³
	Z _{y3}	mm ³	柱の弱軸回りの断面係数	4803×10 ³
	L ₃	mm	柱全長	5280
	A _{Sx3}	mm ²	柱の強軸方向のせん断断面積	14560
	A _{Sy3}	mm ²	柱の弱軸方向のせん断断面積	48000
	A _{g3}	mm ²	柱の断面積	62560

表 4-8(2) 強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
梁	h	mm	水圧作用高さ	145
	Z_{x4}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数	5697×10^3
	Z_{y4}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数	2140×10^3
	b ₄	mm	梁に作用する荷重の負担幅	575
	L ₄	mm	梁全長	3600
	A_{Sx4}	mm ²	梁の強軸方向のせん断断面積	11520
	A_{Sy4}	mm ²	梁の弱軸方向のせん断断面積	32000
	A_{g4}	mm ²	梁の断面積	43520
アンカーボルト	n ₅	本	柱又は梁に取り付くアンカーボルトの本数	16

5. タービン建物地下1階復水器室北側防水壁

5.1 強度評価方法

5.1.1 記号の説明

タービン建物地下1階復水器室北側防水壁の評価に用いる記号を表5-1に示す。

表5-1(1) タービン建物地下1階復水器室北側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
w_1	kN/m	鋼板に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
P_h	kN/m ²	静水圧荷重
ρ_o	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
H	mm	浸水深さ
h	mm	水圧作用高さ
P	kN/m ²	動水圧荷重
β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (1.0)
α_H	—	水平方向の余震震度
α_V	—	鉛直方向の余震震度
S_d	kN/m	余震による水平地震荷重
S_{dV}	kN/m	余震による鉛直地震荷重
t	mm	鋼板の厚さ
ρ_s	t/m ³	鋼板の密度
σ_{b1}	N/mm ²	鋼板に作用する曲げ応力度
M_1	kN・m	鋼板の曲げモーメント
Z_1	mm ³	鋼板の断面係数
L_1	mm	鋼板の短辺長さ
w_{x2}	kN/m	胴縁に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
w_{y2}	kN/m	胴縁に作用する余震を考慮した荷重
b_2	mm	胴縁に作用する荷重の負担幅
m_2	kg/m	胴縁の質量分布
σ_{bx2}	N/mm ²	胴縁に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by2}	N/mm ²	胴縁に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x2}	kN・m	胴縁に生じる強軸回りの曲げモーメント
M_{y2}	kN・m	胴縁に生じる弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x2}	mm ³	胴縁の強軸回りの断面係数

表 5-1(2) タービン建物地下 1 階復水器室北側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
Z_{y2}	mm^3	胴縁の弱軸回りの断面係数
L_2	mm	胴縁全長
τ_{x2}	N/mm^2	胴縁に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y2}	N/mm^2	胴縁に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x2}	kN	胴縁の強軸方向のせん断力
Q_{y2}	kN	胴縁の弱軸方向のせん断力
A_{Sx2}	mm^2	胴縁の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy2}	mm^2	胴縁の弱軸方向のせん断断面積
$s f_{t2}$	N/mm^2	胴縁の短期許容引張応力度
w_3	kN/m	柱に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
b_3	mm	柱に作用する荷重の負担幅
m_3	kg/m	柱の質量分布
σ_{bx3}	N/mm^2	柱に作用する強軸回りの曲げ応力度
σ_{by3}	N/mm^2	柱に作用する弱軸回りの曲げ応力度
M_{x3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	柱の強軸回りの曲げモーメント
M_{y3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	柱の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x3}	mm^3	柱の強軸回りの断面係数
Z_{y3}	mm^3	柱の弱軸回りの断面係数
L_3	mm	柱全長
τ_{x3}	N/mm^2	柱に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y3}	N/mm^2	柱に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x3}	kN	柱の強軸方向のせん断力
Q_{y3}	kN	柱の弱軸方向のせん断力
A_{Sx3}	mm^2	柱の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy3}	mm^2	柱の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_c(t)_3$	N/mm^2	柱に生じる軸応力度
$N_c(t)_3$	kN	柱の圧縮又は引張軸力
A_{g3}	mm^2	柱の断面積
N_3	kN	柱の軸力
$s f_{bx3}$	N/mm^2	柱の強軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{by3}$	N/mm^2	柱の弱軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)_3}$	N/mm^2	柱の短期許容圧縮又は許容引張応力度

表 5-1(3) タービン建物地下 1 階復水器室北側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$s f_{t3}$	N/mm ²	柱の短期許容引張応力度
w_{x4}	kN/m	梁に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
w_{y4}	kN/m	梁に作用する余震を考慮した荷重
b_4	mm	梁に作用する荷重の負担幅
σ_{bx4}	N/mm ²	梁に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by4}	N/mm ²	梁に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x4}	kN・m	梁の強軸回りの曲げモーメント
M_{y4}	kN・m	梁の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x4}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数
Z_{y4}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数
τ_{x4}	N/mm ²	梁に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y4}	N/mm ²	梁に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x4}	kN	梁の強軸方向のせん断力
Q_{y4}	kN	梁の弱軸方向のせん断力
A_{Sx4}	mm ²	梁の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy4}	mm ²	梁の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_{c(t)4}$	N/mm ²	梁に生じる軸応力度
$N_{c(t)4}$	kN	梁の圧縮又は引張軸力
A_{g4}	mm ²	梁の断面積
$s f_{xb4}$	N/mm ²	梁の強軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{yb4}$	N/mm ²	梁の弱軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)4}$	N/mm ²	梁の短期許容圧縮又は許容引張応力度
$s f_{t4}$	N/mm ²	梁の短期許容引張応力度
$\sigma_{c(t)5}$	N/mm ²	水平ブレースに生じる軸応力度
$N_{c(t)5}$	kN	水平ブレースの圧縮又は引張軸力
A_{g5}	mm ²	水平ブレースの断面積
T_6	kN	柱又は梁に生じる引張力
n_6	本	柱又は梁に取り付くアンカーボルトの本数
T_{d6}	kN	アンカーボルト 1 本当たりに生じる引張力
T_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容引張力
Q_6	kN	柱又は梁に生じるせん断力
Q_{d6}	kN	アンカーボルト 1 本当たりに生じるせん断力
Q_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力

5.1.2 評価対象部位

当該防水壁の評価対象部位は「2.2 構造計画」に示す構造上の特性を踏まえ選定する。

当該防水壁に生じる静水圧及び余震に伴う荷重は鋼板、胴縁、柱、梁及び水平ブレースに伝わり、柱及び梁を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達されることから、評価対象部位を鋼板、胴縁、柱、梁、水平ブレース及びアンカーボルトとする。評価対象部位を図 5-1 に示す。

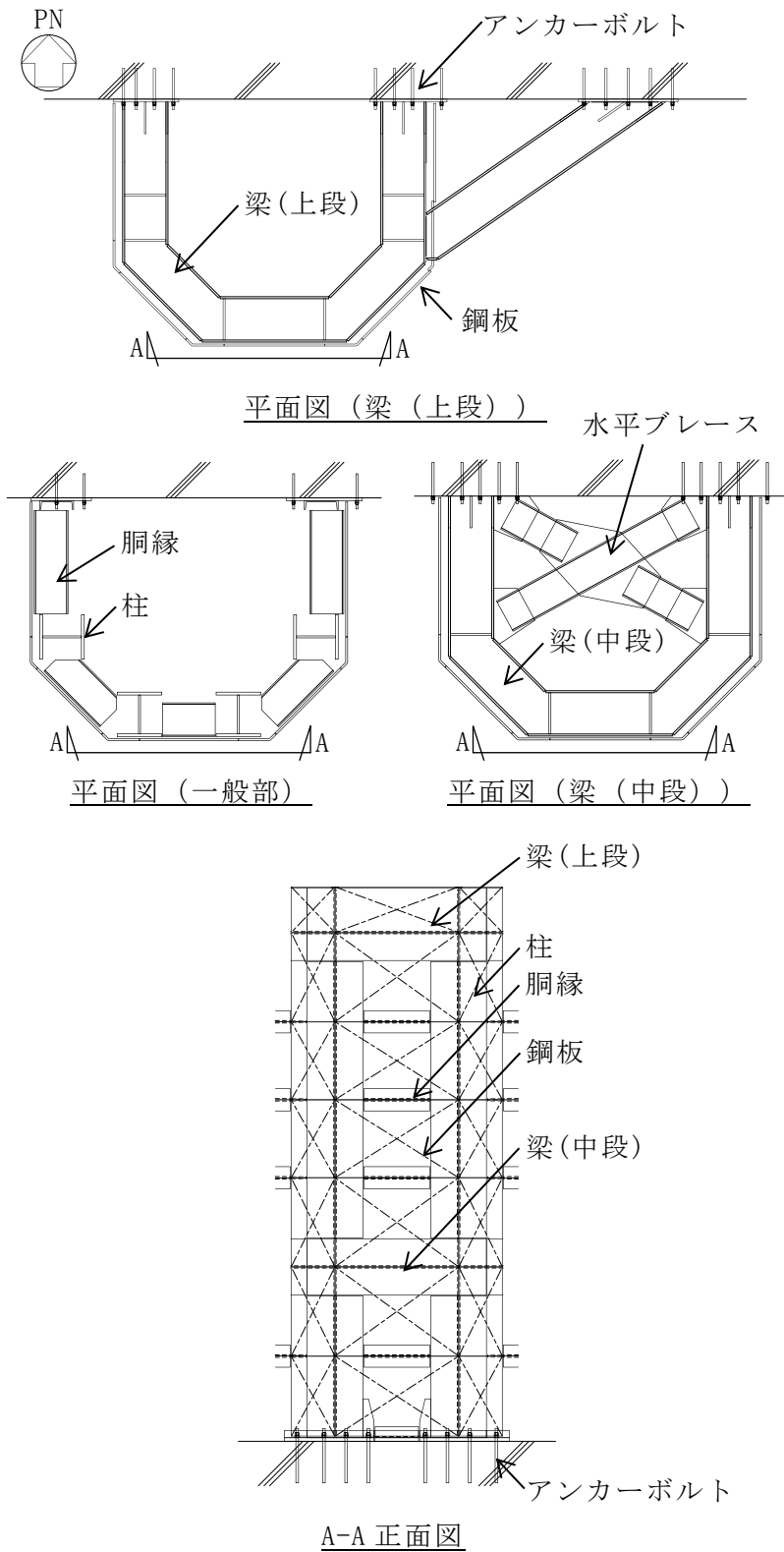


図 5-1 評価対象部位

5.1.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

(1) 荷重の組合せ

当該防水壁の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h + K S d$$

P_h : 静水圧荷重

$K S d$: 余震荷重

(2) 荷重の設定

a. 静水圧荷重 (P_h)

浸水に伴う静水圧荷重を考慮する。静水圧荷重は、評価対象部位周辺の水の密度に当該部分の浸水深さを考慮した水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、鋼板、胴縁、柱、梁及び水平ブレースにおいては当該防水壁下端の最大静水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。なお、梁（上段）においては梁の荷重負担幅下端の最大静水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 5-2 に、防水壁の水圧作用高さの概念図を図 5-2 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

b. 余震荷重 (K S d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S d による地震力及び動水圧を考慮する。評価に用いる余震震度は VI-2-1-7 「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定し、設計用床応答スペクトルに基づき設定する場合に適用する減衰定数は 2 % とする。また、余震震度は防水壁設置階と上階の最大値とし、水平震度は N S 方向と E W 方向の大きい方を用いる。当該防水壁の余震震度を表 5-3 に示す。

動水圧荷重は「水道施設耐震工法指針・解説」に基づき、各部位に作用する動水圧を次式により算出する。この時、鋼板、胴縁、柱、梁及び水平ブレースにおいては当該防水壁下端の最大動水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。なお、梁（上段）においては梁の荷重負担幅下端の最大動水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。防水壁の水圧作用高さの概念図を図 5-2 に、動水圧荷重の算定に用いる浸水深さ及び水圧作用高さを表 5-2 に、動水圧荷重の算出結果を表 5-4 に示す。

$$P = \beta \cdot 7 / 8 \cdot \alpha_H \cdot \rho_o \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h \cdot 10^{-6}}$$

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (1.0)

α_H : 水平方向の余震震度

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 浸水高さ (mm)

h : 水圧作用高さ (mm)

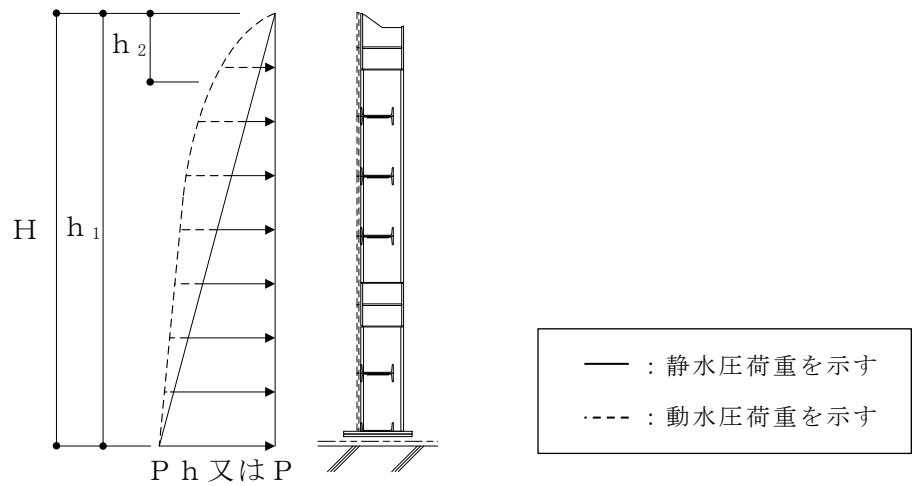


図 5-2 防水壁の水圧作用高さの断面概念図

表 5-2 浸水深さ，水圧作用高さ及び水の密度

浸水深さ H (mm)	水圧作用高さ		水の密度 $\rho_o(t/m^3)$
	h_1 (mm)	h_2 (mm)	
	鋼板，胴縁， 柱，水平ブレース， 梁（中段）	梁（上段）	
5050	5050	810	1.03

表 5-3 余震震度

設置場所	タービン建物 EL 0.25m			
固有周期 (s)	N S 方向：0.0154 E W 方向：0.0207 鉛直：0.0593			
減衰定数 (%)	N S 方向：－ E W 方向：－ 鉛直：2.0			
地震力	弾性設計用地震動 S d			
モード	固有周期 (s)	水平震度		鉛直震度
		N S 方向	E W 方向	
1 次	0.0593	－	－	1.44 ^{*1}
動的地震力 ^{*2}		0.56	0.60	－

注記*1：設計用床応答スペクトル I (S d) に基づき設定した震度。

*2：設計用震度 I (1.0ZPA) を示す。

表 5-4 動水圧荷重の算出結果

部位	動水圧荷重 P (kN/m ²)
鋼板, 胴縁, 柱, 梁 (中段)	26.78
梁 (上段)	10.73

5.1.4 許容限界

許容限界は、VI-3-別添3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 使用材料

防水壁を構成する鋼板, 胴縁, 柱, 梁, 水平ブレース及びアンカーボルトの使用材料を表 5-5 に示す。

表 5-5 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
鋼板	SS400	PL-22
柱	SN490B	BH-500×500×22×32
梁	SN490B	BH-500×500×19×22
水平ブレース	SS400	2-[-380×100×10.5×16
胴縁	SS400	2-[-380×100×10.5×16
アンカーボルト	SS400	M24

(2) 許容限界

a. 鋼材

鋼材の許容限界は、「S規準」を踏まえて表5-6の値とする。

表5-6 鋼材の許容限界

材質	部材厚さ (mm)	短期許容応力度 (N/mm ²)			
		引張	圧縮* ²	曲げ* ²	せん断
SS400	$t \leq 40^{*1}$	235	235	235	135
	$40 < t \leq 100^{*1}$	215	215	215	124
SN490B	$t \leq 40^{*1}$	325	325	325	187
	$40 < t \leq 100^{*1}$	295	295	295	171

注記*1：tは板厚を示す。

*2：上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は「各種合成構造設計指針・同解説」を踏まえて表5-7の値とする。

なお，アンカーボルトが引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，アンカーボルトがせん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力，定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表5-7 アンカーボルトの許容限界

材質	許容耐力 (kN)	
	引張	せん断
SS400 (M24)	83	58

5.1.5 評価方法

当該防水壁を構成する鋼板，胴縁，柱，梁，水平ブレース及びアンカーボルトに発生する応力より算定する応力度が，許容限界以下であることを確認する。

(1) 鋼板

鋼板に生じる応力は，鋼板を両端ピンの単純はりとして次式により算出し，鋼板の短期許容応力度以下であることを確認する。鋼板に作用する荷重の例を図 5-3 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_1 = (P_h + P) \cdot b_1 + S_d$$

w_1 : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_1 : 鋼板の幅 (単位幅 : 1.0m)

S_d : 余震による地震荷重 ($t \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_H \cdot \rho_s \cdot g$) (kN/m)

t : 鋼板の厚さ (mm)

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

α_H : 水平方向の余震震度

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 鋼板に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b1} = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

$$M_1 = w_1 \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

σ_{b1} : 鋼板に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 鋼板の曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 鋼板の断面係数 (mm³)

L_1 : 鋼板の短辺長さ (mm)

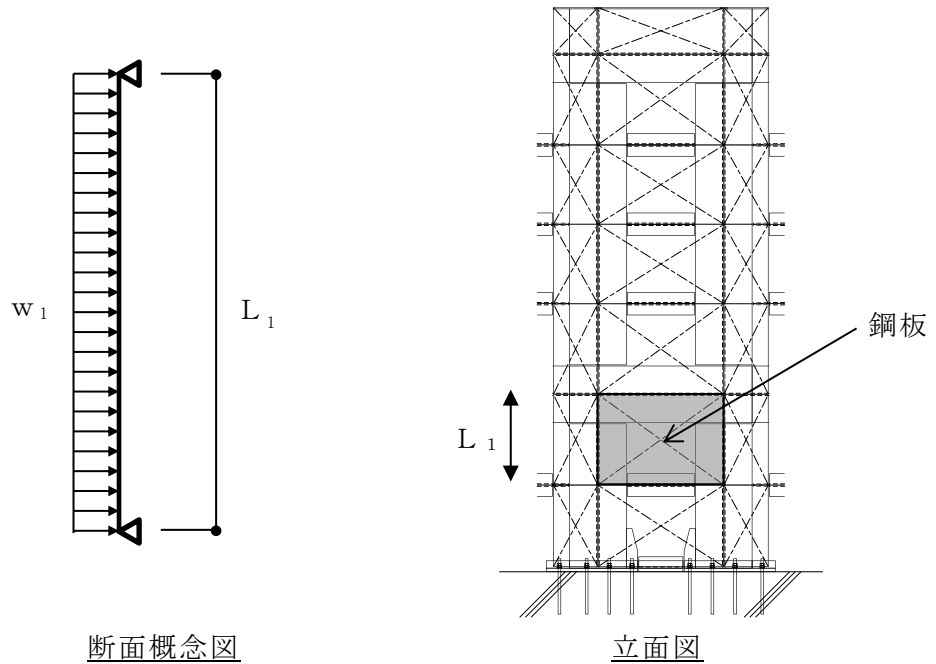


図 5-3 鋼板に作用する荷重の例

(2) 胴縁

胴縁に生じる応力は、胴縁を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、胴縁の短期許容応力度以下であることを確認する。胴縁に作用する荷重の例を図 5-4 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_{x2} = (P_h + P) \cdot b_2 \cdot 10^{-3} + S d$$

$$w_{y2} = S d_v$$

w_{x2} : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

w_{y2} : 余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_2 : 胴縁に作用する荷重の負担幅 (mm)

$S d$: 胴縁に生じる余震による水平地震荷重 (kN/m)

$$((\rho_s \cdot b_2 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g)$$

$S d_v$: 胴縁に生じる余震による鉛直地震荷重 (kN/m)

$$((\rho_s \cdot b_2 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot 10^{-3}) \cdot (1 \pm \alpha_V) \cdot g)$$

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

t : 鋼板の厚さ (mm)

m_2 : 胴縁の質量分布 (kg/m)

α_H : 水平方向の余震震度
 α_V : 鉛直方向の余震震度
 g : 重力加速度 (m/s^2)

b. 胴縁に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{bx2} = (M_{x2} \cdot 10^6) / Z_{x2}$$

$$\sigma_{by2} = (M_{y2} \cdot 10^6) / Z_{y2}$$

$$M_{x2} = w_{x2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$M_{y2} = w_{y2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$\sigma_{bx2}, \sigma_{by2}$: 胴縁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm^2)

M_{x2}, M_{y2} : 胴縁の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント ($kN \cdot m$)

Z_{x2}, Z_{y2} : 胴縁の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm^3)

L_2 : 胴縁全長 (mm)

c. 胴縁に生じるせん断応力度

$$\tau_{x2} = (Q_{x2} \cdot 10^3) / A_{sx2}$$

$$\tau_{y2} = (Q_{y2} \cdot 10^3) / A_{sy2}$$

$$Q_{x2} = w_{x2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{y2} = w_{y2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_{x2}, τ_{y2} : 胴縁に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm^2)

Q_{x2}, Q_{y2} : 胴縁の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)

A_{sx2}, A_{sy2} : 胴縁の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm^2)

L_2 : 胴縁全長 (mm)

d. 胴縁に生じる組合せ応力度

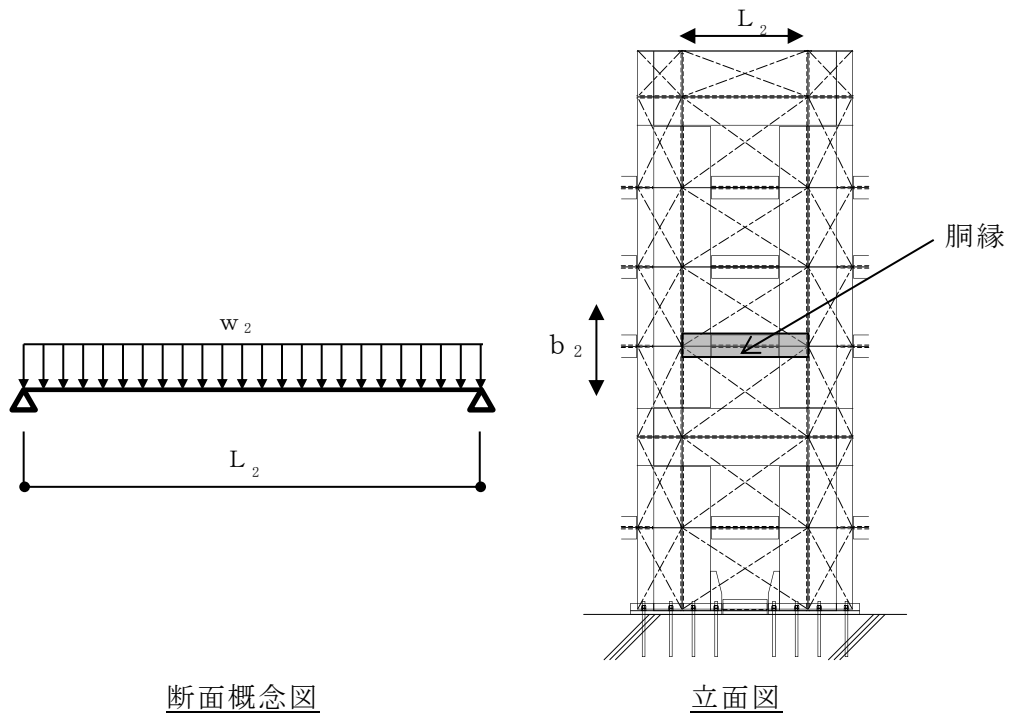
胴縁に生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx2} + \sigma_{by2})^2 + 3 \cdot \tau_2^2} \leq_s f_{t2}$$

$\sigma_{bx2}, \sigma_{by2}$: 胴縁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

τ_2 : 胴縁に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x2}, \tau_{y2})$ (N/mm²)

$s f_{t2}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)



断面概念図

立面図

図 5-4 胴縁に作用する荷重の例

(3) 柱

柱に生じる応力は、柱を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、柱の短期許容応力度以下であることを確認する。柱に作用する荷重の例を図 5-5 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_3 = (P_h + P) \cdot b_3 \cdot 10^{-3} + S_d$$

w_3 : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_3 : 柱に作用する荷重の負担幅 (mm)

S_d : 余震による地震荷重 (kN/m)

$$\left((\rho_s \cdot b_3 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot L_2 / b_2 \cdot 10^{-3} + m_3 \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g \right)$$

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

t : 鋼板の厚さ (mm)

m_2 : 胴縁の質量分布 (kg/m)

L_2 : 胴縁全長 (mm)

b_2 : 胴縁に作用する荷重の負担幅 (mm)

m_3 : 柱の質量分布 (kg/m)

α_H : 水平方向の余震震度

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b_{x3}} = (M_{x3} \cdot 10^6) / Z_{x3}$$

$$\sigma_{b_{y3}} = (M_{y3} \cdot 10^6) / Z_{y3}$$

$$M_{x3} = w_{x3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$M_{y3} = w_{y3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$\sigma_{b_{x3}}, \sigma_{b_{y3}}$: 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

M_{x3}, M_{y3} : 柱の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

Z_{x3}, Z_{y3} : 柱の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

L_3 : 柱全長 (mm)

c. 柱に生じるせん断応力度

$$\tau_{x3} = (Q_{x3} \cdot 10^3) / A_{Sx3}$$

$$\tau_{y3} = (Q_{y3} \cdot 10^3) / A_{Sy3}$$

$$Q_{x3} = w_{x3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{y3} = w_{y3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_{x3}, τ_{y3} : 柱に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x3}, Q_{y3} : 柱の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)

A_{Sx3}, A_{Sy3} : 柱の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

L_3 : 柱全長 (mm)

d. 柱に作用する軸応力度

$$\sigma_{c(t)3} = (N_{c(t)3} \cdot 10^3) / A_{g3}$$

$$N_{c(t)3} = N_3 \cdot (1 \pm \alpha_v)$$

$\sigma_{c(t)3}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t)3}$: 柱の圧縮又は引張軸力 (kN)

A_{g3} : 柱の断面積 (mm²)

N_3 : 柱の軸力 (kN)

α_v : 鉛直方向の余震震度

e. 柱に作用する組合せ応力度

柱に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{b_{x3}}/s f_{b_{x3}} + \sigma_{b_{y3}}/s f_{b_{y3}} + \sigma_{c(t)3}/s f_{c(t)3} \leq 1.0$$

$\sigma_{b_{x3}}, \sigma_{b_{y3}}$: 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{b_{x3}}, s f_{b_{y3}}$: 柱の強軸及び弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)3}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)3}$: 短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

柱に生じる曲げ応力度，軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は，次式により算出し，短期引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{b_{x3}} + \sigma_{b_{y3}} + \sigma_{c(t)3})^2 + 3\tau_3^2} \leq s f_{t3}$$

$\sigma_{b_{x3}}, \sigma_{b_{y3}}$: 柱の強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)3}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

τ_3 : 柱に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x3}, \tau_{y3})$ (N/mm²)

$s f_{t3}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)

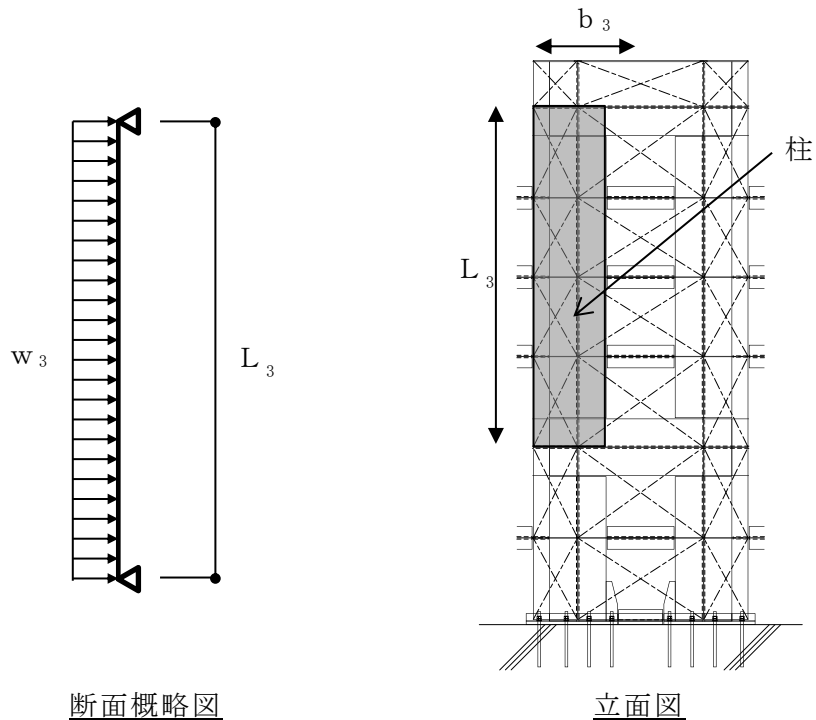


図 5-5 柱に作用する荷重の例

(4) 梁及び水平ブレース

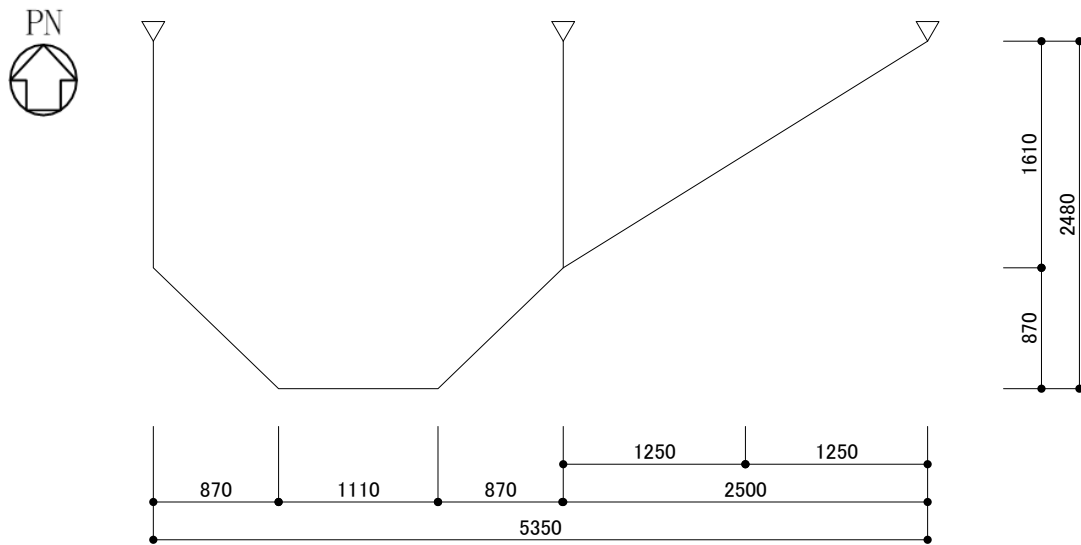
梁及び水平ブレースは、2次元フレームモデルにモデル化し、梁及び水平ブレースに生じる応力が梁及び水平ブレースの短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 解析モデル

梁及び水平ブレースは、梁要素にモデル化し、2次元フレーム解析により応力を算定する。検討スパンは、接合部の現況を考慮した有効長さとして評価する。解析に使用するコードは、「SD」である。なお、解析コードの検証及び妥当性の確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。解析モデル図を図5-6に、梁に作用する荷重の例を図5-7に示す。解析に用いる物性値は以下とする。

ヤング係数 : $E = 2.05 \times 10^5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

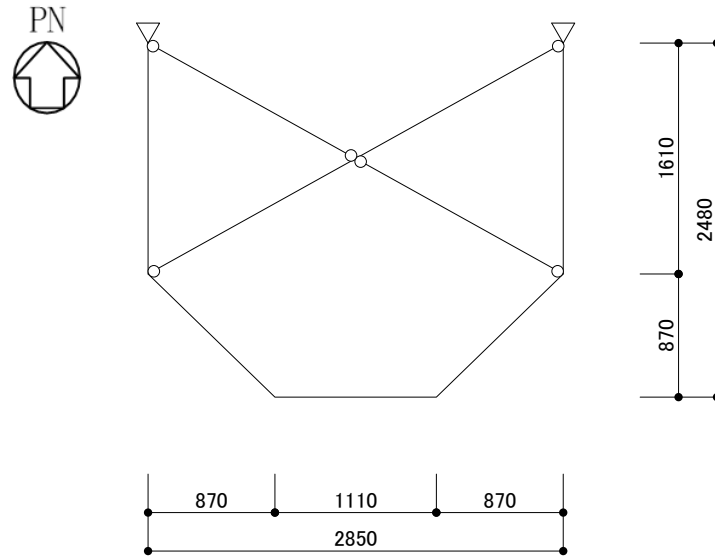
せん断弾性係数 : $G = 0.79 \times 10^5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$



条件	記号	備考
部材接合条件	○	ピン接合
支点境界条件	△	ピン支点

梁（上段）

図5-6(1) 梁解析モデル図



条件	記号	備考
部材接合条件	○	ピン接合
支点境界条件	△	ピン支点

梁（中段）

図 5-6(2) 梁及び水平ブレース解析モデル図

b. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_{x4} = (P_h + P) \cdot b_4 \cdot 10^{-3} + S d$$

$$w_{y4} = S d_v$$

w_{x4} : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

w_{y4} : 余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_4 : 梁に作用する荷重の負担幅 (mm)

$S d$: 余震による地震荷重 (kN/m)

$S d_v$: 余震による鉛直地震荷重 (kN/m)

c. 梁に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b x 4} = (M_{x 4} \cdot 10^6) / Z_{x 4}$$

$$\sigma_{b y 4} = (M_{y 4} \cdot 10^6) / Z_{y 4}$$

$\sigma_{b x 4}, \sigma_{b y 4}$: 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{x 4}, M_{y 4}$: 梁の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

$Z_{x 4}, Z_{y 4}$: 梁の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

d. 梁に生じるせん断応力度

$$\tau_{x 4} = (Q_{x 4} \cdot 10^3) / A_{S x 4}$$

$$\tau_{y 4} = (Q_{y 4} \cdot 10^3) / A_{S y 4}$$

$\tau_{x 4}, \tau_{y 4}$: 梁に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

$Q_{x 4}, Q_{y 4}$: 梁の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)

$A_{S x 4}, A_{S y 4}$: 梁の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

e. 梁に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t) 4} = (N_{c(t) 4} \cdot 10^3) / A_{g 4}$$

$\sigma_{c(t) 4}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t) 4}$: 梁の圧縮又は引張軸力 (kN)

$A_{g 4}$: 梁の断面積 (mm²)

f. 梁に生じる組合せ応力度

梁に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{b x 4} / s f_{b x 4} + \sigma_{b y 4} / s f_{b y 4} + \sigma_{c(t) 4} / s f_{c(t) 4} \leq 1.0$$

$\sigma_{b x 4}, \sigma_{b y 4}$: 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{b x 4}, s f_{b y 4}$: 梁の強軸及び弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t) 4}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t) 4}$: 短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

梁に生じる曲げ応力度，軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は，次式により算出し，短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx4} + \sigma_{by4} + \sigma_{c(t)4})^2 + 3\tau_4^2} \leq_s f_{t4}$$

- $\sigma_{bx4}, \sigma_{by4}$: 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
- $\sigma_{c(t)4}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)
- τ_4 : 梁に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x4}, \tau_{y4})$ (N/mm²)
- $s f_{t4}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)

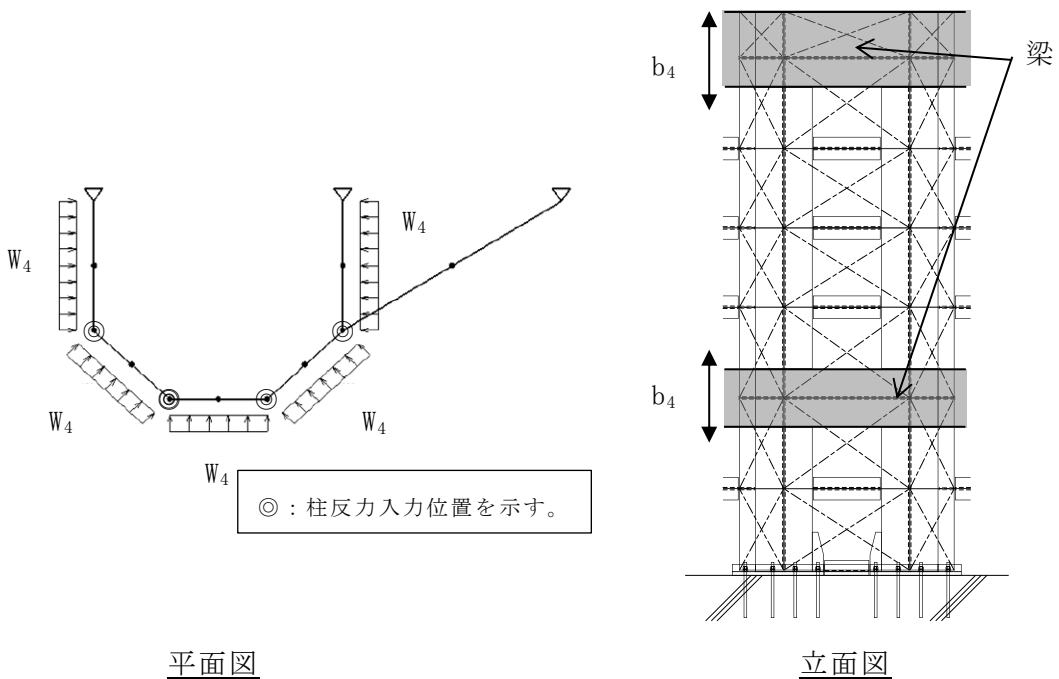


図 5-7 梁に作用する荷重の例

- g. 水平ブレースに生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)5} = (N_{c(t)5} \cdot 10^3) / A_{g5}$$

- $\sigma_{c(t)5}$: 水平ブレースに生じる軸応力度 (N/mm²)
- $N_{c(t)5}$: 水平ブレースの圧縮又は引張軸力 (kN)
- A_{g5} : 水平ブレースの断面積 (mm²)

(5) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力が、「各種合成構造設計指針」に基づき算定したアンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。アンカーボルトに生じる荷重の例を図 5-8 に示す。

$$(T_{d6}/T_a)^2 + (Q_{d6}/Q_a)^2 \leq 1$$

$$T_{d6} = T_6 / n_6$$

$$T_{d6}/T_a \leq 1.0$$

T_6 : 柱又は梁に生じる引張力 (kN)

n_6 : 柱又は梁に取り付くアンカーボルトの本数 (本)

T_{d6} : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

$$Q_{d6} = Q_6 / n_6$$

$$Q_{d6}/Q_a \leq 1.0$$

Q_6 : 柱又は梁に生じるせん断力 (kN)

Q_{d6} : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

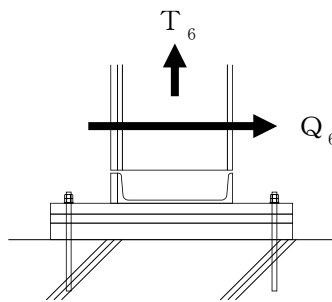


図 5-8 アンカーボルトに生じる荷重の例

5.1.6 評価条件

「5.1.5 評価方法」に用いる評価条件を表5-8に示す。

表5-8(1) 強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	H	mm	浸水深さ	5050
	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	α_H	—	水平方向の余震震度	0.60
	α_V	—	鉛直方向の余震震度	1.44
	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0
鋼板	h	mm	水圧作用高さ	5050
	ρ_s	t/m ³	鋼板の密度	7.85
	t	mm	鋼板の厚さ	22
	Z ₁	mm ³	鋼板の断面係数	80.67×10 ³
	L ₁	mm	鋼板の短辺長さ	850
胴縁	h	mm	水圧作用高さ	5050
	b ₂	mm	胴縁に作用する荷重の負担幅	700
	m ₂	kg/m	胴縁の質量分布	265.1
	Z _{x2}	mm ³	胴縁の強軸回りの断面係数	1526×10 ³
	Z _{y2}	mm ³	胴縁の弱軸回りの断面係数	141×10 ³
	L ₂	mm	胴縁の全長	1610
	A _{Sx2}	mm ²	胴縁の強軸方向のせん断断面積	7308
	A _{Sy2}	mm ²	胴縁の弱軸方向のせん断断面積	6400
柱	h	mm	水圧作用高さ	5050
	b ₃	mm	柱に作用する荷重の負担幅	2040
	m ₃	kg/m	柱の質量分布	428.3
	Z _{x3}	mm ³	柱の強軸回りの断面係数	7627×10 ³
	Z _{y3}	mm ³	柱の弱軸回りの断面係数	2668×10 ³
	L ₃	mm	柱全長	2850
	A _{Sx3}	mm ²	柱の強軸方向のせん断断面積	9592
	A _{Sy3}	mm ²	柱の弱軸方向のせん断断面積	32000
	A _{g3}	mm ²	柱の断面積	41592

表 5-8(2) 強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
梁	b_4	mm	梁に作用する荷重の負担幅	810
	h	mm	水圧作用高さ	5050 (810*)
	M_{x4}	kN・m	梁の強軸回りの曲げモーメント	89.7
	M_{y4}	kN・m	梁の弱軸回りの曲げモーメント	3.18
	Z_{x4}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数	5631×10^3
	Z_{y4}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数	1834×10^3
	Q_{x4}	kN	梁の強軸方向のせん断力	87.7
	Q_{y4}	kN	梁の弱軸方向のせん断力	9.86
	A_{Sx4}	mm ²	梁の強軸方向のせん断断面積	8664
	A_{Sy4}	mm ²	梁の弱軸方向のせん断断面積	22000
	$N_{c(t)4}$	kN	梁の圧縮又は引張軸力	318.64
水平ブレース	A_{g4}	mm ²	梁の断面積	30664
	$N_{c(t)5}$	kN	水平ブレースの圧縮又は引張軸力	298.33
アンカーボルト	A_{g5}	mm ²	水平ブレースの断面積	13880
	n_6	本	柱又は梁に取り付くアンカーボルトの本数	16

注記*：梁（上段）の水圧作用高さを示す。

6. タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁

6.1 強度評価方法

6.1.1 記号の説明

タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁の評価に用いる記号を表 6-1 に示す。

表 6-1(1) タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
w_1	kN/m	鋼板に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
P_h	kN/m ²	静水圧荷重
ρ_o	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
H	mm	浸水深さ
h	mm	水圧作用高さ
P	kN/m ²	動水圧荷重
β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数(1.0)
α_H	—	水平方向の余震震度
S_d	kN/m	余震による水平地震荷重
t	mm	鋼板の厚さ
ρ_s	t/m ³	鋼板の密度
σ_{b1}	N/mm ²	鋼板に生じる曲げ応力度
M_1	kN・m	鋼板の曲げモーメント
Z_1	mm ³	鋼板の断面係数
L_1	mm	鋼板の短辺長さ
w_{x2}	kN/m	胴縁に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
w_{y2}	kN/m	胴縁に作用する余震を考慮した荷重
S_{dv}	kN/m	余震による鉛直地震荷重
b_2	mm	胴縁に作用する荷重の負担幅
m_2	kg/m	胴縁の質量分布
α_v	—	鉛直方向の余震震度
σ_{bx2}	N/mm ²	胴縁に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by2}	N/mm ²	胴縁に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x2}	kN・m	胴縁に生じる強軸回りの曲げモーメント
M_{y2}	kN・m	胴縁に生じる弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x2}	mm ³	胴縁の強軸回りの断面係数

表 6-1(2) タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
Z_{y2}	mm^3	胴縁の弱軸回りの断面係数
L_2	mm	胴縁全長
τ_{x2}	N/mm^2	胴縁に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y2}	N/mm^2	胴縁に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x2}	kN	胴縁の強軸方向のせん断力
Q_{y2}	kN	胴縁の弱軸方向のせん断力
A_{Sx2}	mm^2	胴縁の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy2}	mm^2	胴縁の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_c(t)_2$	N/mm^2	胴縁に生じる軸応力度
$N_c(t)_2$	kN	胴縁の圧縮又は引張軸力
A_{g2}	mm^2	胴縁の断面積
N_2	kN	胴縁の軸力
${}_s f_{bx2}$	N/mm^2	胴縁の強軸方向の短期許容曲げ応力度
${}_s f_{by2}$	N/mm^2	胴縁の弱軸方向の短期許容曲げ応力度
${}_s f_c(t)_2$	N/mm^2	胴縁の短期許容圧縮又は許容引張応力度
${}_s f_{t2}$	N/mm^2	胴縁の短期許容引張応力度
w_{x3}	kN/m	根太に作用する静水压荷重及び余震を考慮した荷重
w_{y3}	kN/m	根太に作用する余震を考慮した荷重
b_3	mm	根太に作用する荷重の負担幅
m_3	kg/m	根太の質量分布
σ_{bx3}	N/mm^2	根太に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by3}	N/mm^2	根太に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	根太に生じる強軸回りの曲げモーメント
M_{y3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	根太に生じる弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x3}	mm^3	根太の強軸回りの断面係数
Z_{y3}	mm^3	根太の弱軸回りの断面係数
L_3	mm	根太全長
τ_{x3}	N/mm^2	根太に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y3}	N/mm^2	根太に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x3}	kN	根太の強軸方向のせん断力
Q_{y3}	kN	根太の弱軸方向のせん断力
A_{Sx3}	mm^2	根太の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy3}	mm^2	根太の弱軸方向のせん断断面積

表 6-1(3) タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$s f_{t3}$	N/mm ²	根太の短期許容引張応力度
w_4	kN/m	柱に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
b_4	mm	柱に作用する荷重の負担幅
σ_{bx4}	N/mm ²	柱に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by4}	N/mm ²	柱に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x4}	kN・m	柱の強軸回りの曲げモーメント
M_{y4}	kN・m	柱の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x4}	mm ³	柱の強軸回りの断面係数
Z_{y4}	mm ³	柱の弱軸回りの断面係数
L_4	mm	柱全長
τ_{x4}	N/mm ²	柱に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y4}	N/mm ²	柱に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x4}	kN	柱の強軸方向のせん断力
Q_{y4}	kN	柱の弱軸方向のせん断力
A_{sx4}	mm ²	柱の強軸方向のせん断断面積
A_{sy4}	mm ²	柱の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_{c(t)4}$	N/mm ²	柱に生じる軸応力度
$N_{c(t)4}$	kN	柱の圧縮又は引張軸力
A_{g4}	mm ²	柱の断面積
N_4	kN	柱の軸力
$s f_{bx4}$	N/mm ²	柱の強軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{by4}$	N/mm ²	柱の弱軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)4}$	N/mm ²	柱の短期許容圧縮又は許容引張応力度
$s f_{t4}$	N/mm ²	柱の短期許容引張応力度
w_{x5}	kN/m	梁に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
w_{y5}	kN/m	梁に作用する余震を考慮した荷重
b_5	mm	梁に作用する荷重の負担幅
σ_{bx5}	N/mm ²	梁に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by5}	N/mm ²	梁に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x5}	kN・m	梁の強軸回りの曲げモーメント
M_{y5}	kN・m	梁の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x5}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数

表 6-1(4) タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
Z_{y5}	mm^3	梁の弱軸回りの断面係数
L_5	mm	梁全長
τ_{x5}	N/mm^2	梁に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y5}	N/mm^2	梁に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x5}	kN	梁の強軸方向のせん断力
Q_{y5}	kN	梁の弱軸方向のせん断力
A_{Sx5}	mm^2	梁の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy5}	mm^2	梁の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_c(t)_5$	N/mm^2	梁に生じる軸応力度
$N_c(t)_5$	kN	梁の圧縮又は引張軸力
A_{g5}	mm^2	梁の断面積
$s f_{bx5}$	N/mm^2	梁の強軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{by5}$	N/mm^2	梁の弱軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)_5}$	N/mm^2	梁の短期許容圧縮又は許容引張応力度
$s f_{t5}$	N/mm^2	梁の短期許容引張応力度
w_{x6}	kN/m	斜材に作用する静水压荷重及び余震を考慮した荷重
w_{y6}	kN/m	余震を考慮した荷重
b_6	mm	斜材に作用する荷重の負担幅
σ_{bx6}	N/mm^2	斜材に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by6}	N/mm^2	斜材に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x6}	kN・m	斜材の強軸回りの曲げモーメント
M_{y6}	kN・m	斜材の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x6}	mm^3	斜材の強軸回りの断面係数
Z_{y6}	mm^3	斜材の弱軸回りの断面係数
L_6	mm	斜材全長
τ_{x6}	N/mm^2	斜材に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y6}	N/mm^2	斜材に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x6}	kN	斜材の強軸方向のせん断力
Q_{y6}	kN	斜材の弱軸方向のせん断力
A_{Sx6}	mm^2	斜材の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy6}	mm^2	斜材の弱軸方向のせん断断面積

表 6-1(5) タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$\sigma_{c(t)6}$	N/mm ²	斜材に生じる軸応力度
$N_{c(t)6}$	kN	斜材の圧縮又は引張軸力
A_{g6}	mm ²	斜材の断面積
$s f_{bx6}$	N/mm ²	梁の強軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{by6}$	N/mm ²	梁の弱軸方向の短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)6}$	N/mm ²	斜材の短期許容圧縮又は許容引張応力度
$s f_{t6}$	N/mm ²	斜材の短期許容引張応力度
T_7	kN	斜材に発生する引張力
n_7	本	斜材に取り付くアンカーボルトの本数
T_{d7}	kN	アンカーボルト 1 本当たりに生じる引張力
T_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容引張力
Q_7	kN	斜材に生じるせん断力
Q_{d7}	kN	アンカーボルト 1 本当たりに生じるせん断力
Q_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力

6.1.2 評価対象部位

当該防水壁の評価対象部位は「2.2 構造計画」に示す防水壁の構造上の特性を踏まえ選定する。

当該防水壁に生じる静水圧及び余震に伴う荷重は鋼板、胴縁、根太、柱、梁及び斜材に伝わり、梁及び斜材を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達されることから、評価対象部位を鋼板、胴縁、根太、柱、梁、斜材及びアンカーボルトとする。評価対象部位を図6-1に示す。

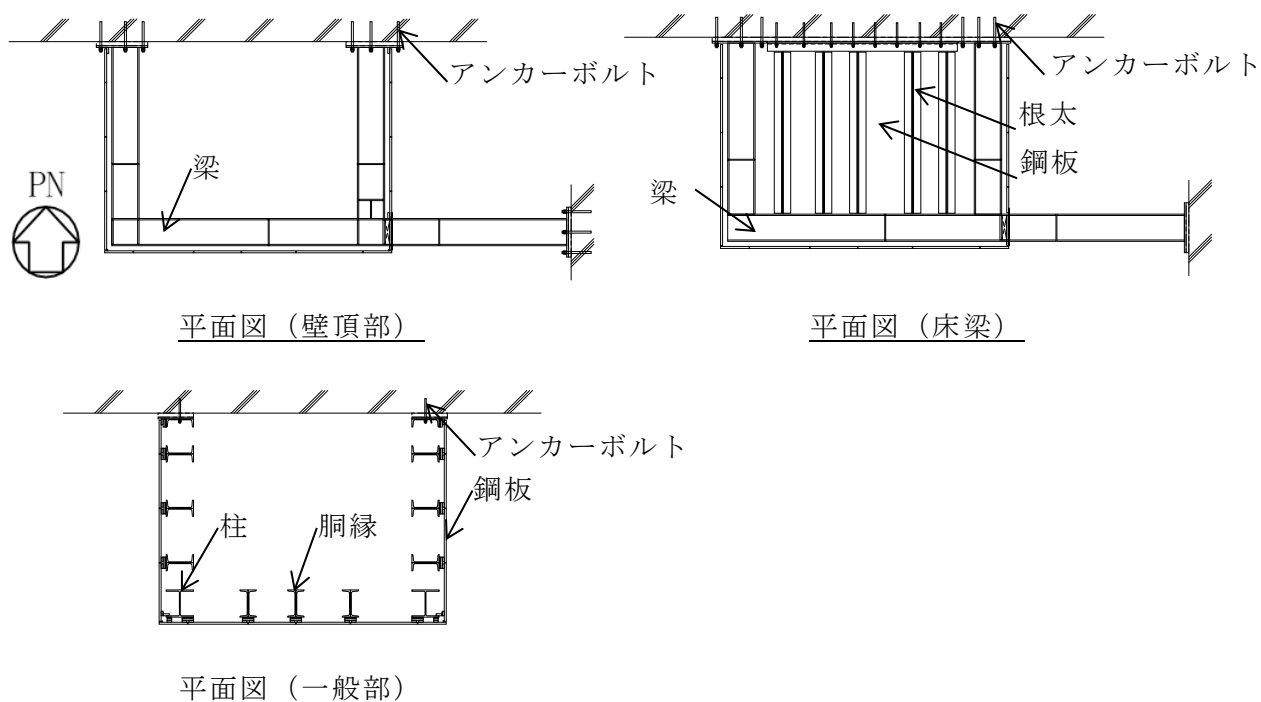
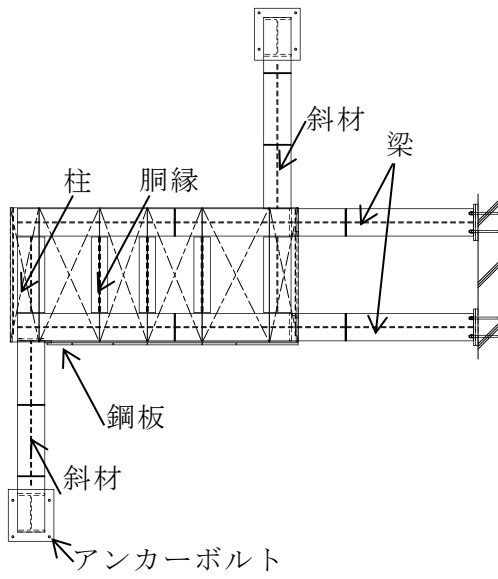
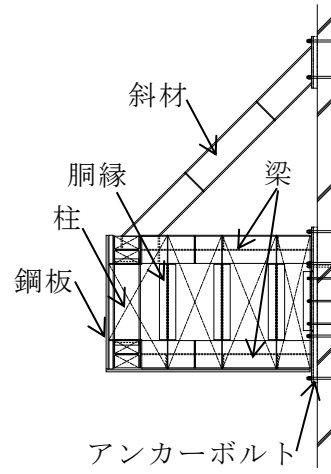


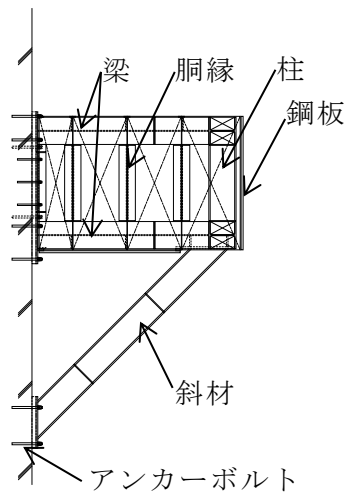
図6-1(1) 評価対象部位



正面図



東側立面図



西側立面図

図 6-1(2) 評価対象部位

6.1.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

(1) 荷重の組合せ

当該防水壁の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h + K S d$$

P_h : 静水圧荷重

$K S d$: 余震荷重

(2) 荷重の設定

a. 静水圧荷重 (P_h)

浸水に伴う静水圧荷重を考慮する。静水圧荷重は、評価対象部位周辺の水の密度に当該部分の浸水深さを考慮した水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、鋼板、梁、胴縁、根太及び柱においては当該防水壁下端の最大静水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。また、斜材においては斜材のフランジ下端の最大静水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 6-2 に、防水壁の水圧作用高さの概念図を図 6-2 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

b. 余震荷重 (K S d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S d による地震力及び動水圧を考慮する。評価に用いる余震震度は VI-2-1-7 「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。また、余震震度は防水壁設置階と上階の最大値とし、水平震度は N S 方向と E W 方向の大きい方を用いる。当該防水壁の余震震度を表 6-3 に示す。

動水圧荷重は「水道施設耐震工法指針・解説」に基づき、各部位に作用する動水圧は次式により算出する。この時、鋼板、梁、胴縁、根太及び柱においては当該防水壁下端の最大動水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。また、斜材においては、斜材のフランジ下端の最大動水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。防水壁の水圧作用高さの概念図を図 6-2 に、動水圧荷重の算定に用いる浸水深さ及び水圧作用高さを表 6-2 に、動水圧荷重の算出結果は表 6-4 に示す。

$$P = \beta \cdot 7 / 8 \cdot \alpha_H \cdot \rho_o \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h \cdot 10^{-6}}$$

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (1.0)

α_H : 水平方向の余震震度

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 浸水深さ (mm)

h : 水圧作用高さ (mm)

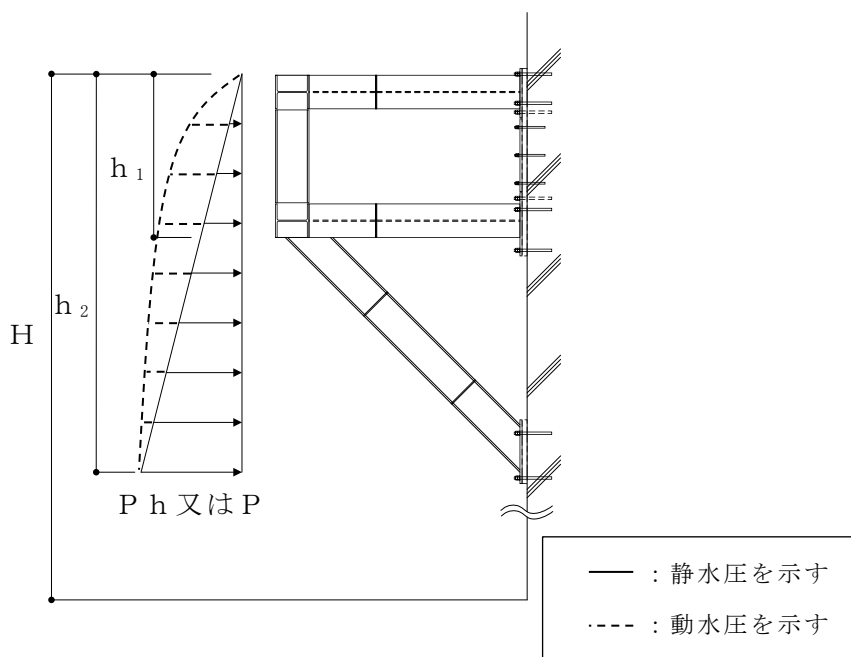


図 6-2 防水壁の水圧作用高さの断面概念図

表 6-2 浸水深さ、水圧作用高さ及び水の密度

浸水深さ H (mm)	水圧作用高さ		水の密度 ρ_0 (t/m ³)
	h_1 (mm)	h_2 (mm)	
	鋼板, 胴縁, 根太, 柱, 梁	斜材	
5050	1494	3550	1.03

表 6-3 余震震度

建物	設置場所	弾性設計用地震動 S d の 余震震度*	
		水平 α_H	鉛直 α_V
タービン建物	EL 0.250m	0.60	0.32

注記* : 設計用震度 I (1.0ZPA)を示す。

表 6-4 動水圧荷重の算出結果

部位	動水圧荷重 P (kN/m ²)
鋼板, 胴縁, 根太, 柱, 梁	14.57
斜材	22.45

6.1.4 許容限界

許容限界は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 使用材料

当該防水壁を構成する鋼板、胴縁、根太、柱、梁、斜材及びアンカーボルトの使用材料を表 6-5 に示す。

表 6-5 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
鋼板	SS400	PL-22
胴縁, 根太	SS400	[-300×90×10×15.5
柱, 梁, 斜材	SS400	H-300×300×10×15
アンカーボルト	SS400	M22

(2) 許容限界

a. 鋼材

鋼材の許容限界は、「S 規準」を踏まえて表 6-6 の値とする。

表 6-6 鋼材の許容限界

材質	部材厚さ (mm)	短期許容応力度 (N/mm ²)			
		引張	圧縮*2	曲げ*2	せん断
SS400	$t \leq 40^{*1}$	235	235	235	135
	$40 < t \leq 100^{*1}$	215	215	215	124

注釈*1: t は板厚を示す。

*2: 上限値であり, 座屈長さ等を勘案して設定する。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は「各種合成構造設計指針・同解説」を踏まえて表 6-7 の値とする。

なお、アンカーボルトが引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、アンカーボルトがせん断力を受ける場合においては、アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表 6-7 アンカーボルトの許容限界

材質	許容耐力 (kN)	
	引張	せん断
SS400	71	49

6.1.5 評価方法

当該防水壁を構成する鋼板，胴縁，根太，柱，梁，斜材及びアンカーボルトに発生する応力より算定する応力度が，許容限界以下であることを確認する。

(1) 鋼板

鋼板に生じる応力は，鋼板を両端ピンの単純はりとして次式により算出し，鋼板の短期許容応力度以下であることを確認する。鋼板に作用する荷重の例を図 6-3 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_1 = (P_h + P) \cdot b_1 + S_d$$

w_1 : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_1 : 鋼板の幅 (単位幅 : 1.0m)

S_d : 鋼板に生じる余震による地震荷重 ($t \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_H \cdot \rho_s \cdot g$) (kN/m)

t : 鋼板の厚さ (mm)

α_H : 水平方向の余震震度

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 鋼板に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b1} = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

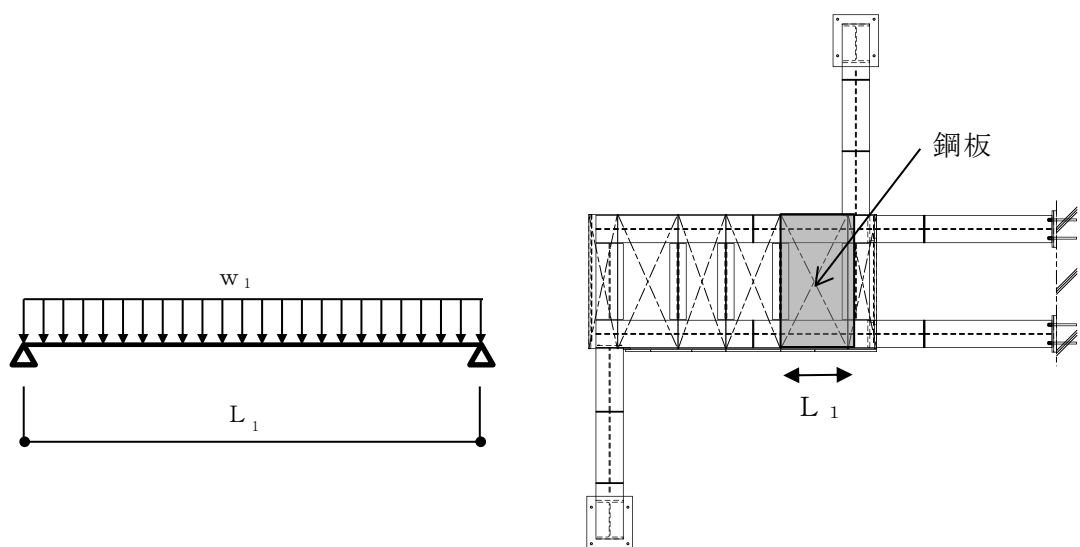
$$M_1 = w_1 \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

σ_{b1} : 鋼板に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 鋼板の曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 鋼板の断面係数 (mm³)

L_1 : 鋼板の短辺長さ (mm)



断面概念図

立面図

図 6-3 鋼板に作用する荷重の例

(2) 胴縁

胴縁に生じる応力は、胴縁を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、胴縁の短期許容応力度以下であることを確認する。胴縁に作用する荷重の例を図 6-4 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_{x2} = (P_h + P) \cdot b_2 \cdot 10^{-3} + S d$$

$$w_{y2} = S d_v$$

w_{x2} : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

w_{y2} : 余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_2 : 胴縁に作用する荷重の負担幅 (mm)

$S d$: 胴縁に生じる余震による水平地震荷重 (kN/m)

$$((\rho_s \cdot b_2 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g)$$

$S d_v$: 胴縁に生じる余震による鉛直地震荷重 (kN/m)

$$((\rho_s \cdot b_2 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot 10^{-3}) \cdot (1 \pm \alpha_V) \cdot g)$$

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

t : 鋼板の厚さ (mm)

m_2 : 胴縁の質量分布 (kg/m)

α_H : 水平方向の余震震度
 α_V : 鉛直方向の余震震度
 g : 重力加速度 (m/s^2)

b. 胴縁に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{bx2} = (M_{x2} \cdot 10^6) / Z_{x2}$$

$$\sigma_{by2} = (M_{y2} \cdot 10^6) / Z_{y2}$$

$$M_{x2} = w_{x2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$M_{y2} = w_{y2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$\sigma_{bx2}, \sigma_{by2}$: 胴縁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm^2)
 M_{x2}, M_{y2} : 胴縁の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント ($kN \cdot m$)
 Z_{x2}, Z_{y2} : 胴縁の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm^3)
 L_2 : 胴縁全長 (mm)

c. 胴縁に生じるせん断応力度

$$\tau_{x2} = (Q_{x2} \cdot 10^3) / A_{sx2}$$

$$\tau_{y2} = (Q_{y2} \cdot 10^3) / A_{sy2}$$

$$Q_{x2} = w_{x2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{y2} = w_{y2} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_{x2}, τ_{y2} : 胴縁に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm^2)
 Q_{x2}, Q_{y2} : 胴縁の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)
 A_{sx2}, A_{sy2} : 胴縁の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm^2)
 L_2 : 胴縁全長 (mm)

d. 胴縁に作用する軸応力度

$$\sigma_{c(t)2} = (N_{c(t)2} \cdot 10^3) / A_{g2}$$

$$N_{c(t)2} = N_2 \cdot (1 \pm \alpha_V)$$

$\sigma_{c(t)2}$: 胴縁に生じる軸応力度 (N/mm^2)
 $N_{c(t)2}$: 胴縁の圧縮又は引張軸力 (kN)
 A_{g2} : 胴縁の断面積 (mm^2)
 N_2 : 胴縁の軸力 (kN)
 α_V : 鉛直方向の余震震度

e. 胴縁に生じる組合せ応力度

胴縁に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{b_{x2}}/s f_{b_{x2}} + \sigma_{b_{y2}}/s f_{b_{y2}} + \sigma_{c(t)2}/s f_{c(t)2} \leq 1.0$$

- $\sigma_{b_{x2}}, \sigma_{b_{y2}}$: 胴縁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
- $s f_{b_{x2}}, s f_{b_{y2}}$: 胴縁の強軸及び弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)
- $\sigma_{c(t)2}$: 胴縁に生じる軸応力度 (N/mm²)
- $s f_{c(t)2}$: 短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

胴縁に生じる曲げ応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{b_{x2}} + \sigma_{b_{y2}} + \sigma_{c(t)2})^2 + 3\tau_2^2} \leq s f_{t2}$$

- $\sigma_{b_{x2}}, \sigma_{b_{y2}}$: 胴縁の強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
- $\sigma_{c(t)2}$: 胴縁に生じる軸応力度 (N/mm²)
- τ_2 : 胴縁に生じるせん断応力度 max (τ_{x2}, τ_{y2}) (N/mm²)
- $s f_{t2}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)

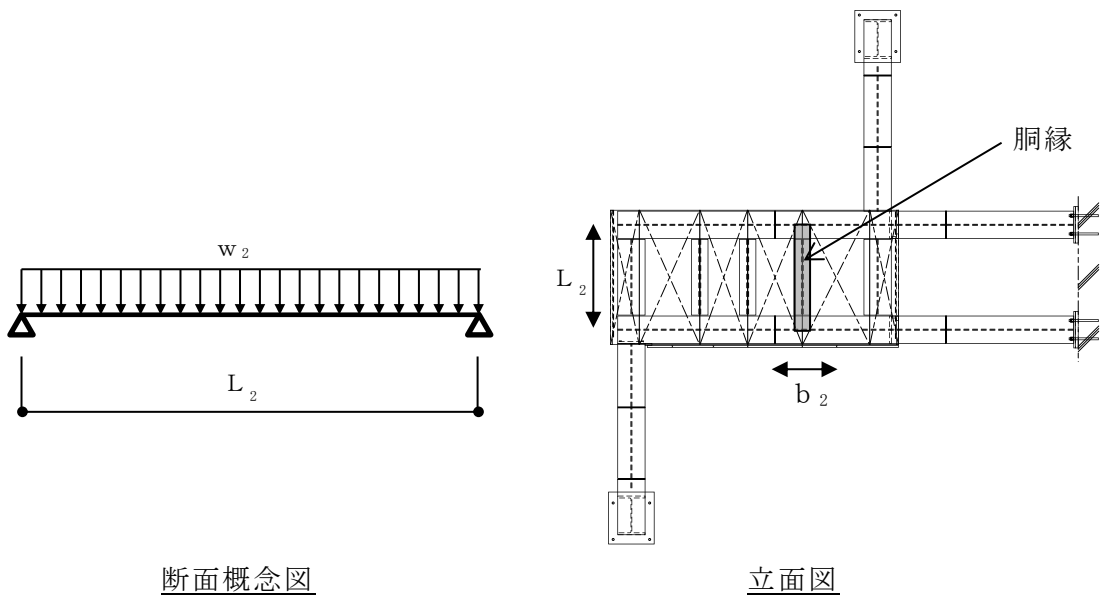


図 6-4 胴縁に作用する荷重の例

(3) 根太

根太に生じる応力は、根太を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、根太の短期許容応力度以下であることを確認する。根太に作用する荷重の例を図 6-5 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_{x3} = (P_h + P) \cdot b_3 \cdot 10^{-3} + S_d$$

$$w_{y3} = S_{dv}$$

w_{x3} : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

w_{y3} : 余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_3 : 根太に作用する荷重の負担幅 (mm)

S_d : 根太に生じる余震による水平地震荷重 (kN/m)

$$((\rho_s \cdot b_3 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_3 \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g)$$

S_{dv} : 根太に生じる余震による鉛直地震荷重 (kN/m)

$$((\rho_s \cdot b_3 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_3 \cdot 10^{-3}) \cdot (1 \pm \alpha_V) \cdot g)$$

ρ_s : 鋼板の密度 (t/m³)

t : 鋼板の厚さ (mm)

m_3 : 根太の質量分布 (kg/m)

α_H : 水平方向の余震震度

α_V : 鉛直方向の余震震度

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 根太に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{bx3} = (M_{x3} \cdot 10^6) / Z_{x2}$$

$$\sigma_{by3} = (M_{y3} \cdot 10^6) / Z_{y2}$$

$$M_{x3} = w_{x3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$M_{y3} = w_{y3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$\sigma_{bx3}, \sigma_{by3}$: 根太に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

M_{x3}, M_{y3} : 根太の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

Z_{x3}, Z_{y3} : 根太の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

L_3 : 根太全長 (mm)

c. 根太に生じるせん断応力度

$$\tau_{x3} = (Q_{x3} \cdot 10^3) / A_{sx2}$$

$$\tau_{y3} = (Q_{y3} \cdot 10^3) / A_{sy2}$$

$$Q_{x3} = w_{x3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{y3} = w_{y3} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_{x3}, τ_{y3} : 根太に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x3}, Q_{y3} : 根太の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)

A_{sx3}, A_{sy3} : 根太の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

L_3 : 根太全長 (mm)

d. 根太に生じる組合せ応力度

根太に生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx3} + \sigma_{by3})^2 + 3 \cdot \tau_3^2} \leq_s f_{t3}$$

$\sigma_{bx3}, \sigma_{by3}$: 根太に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

τ_3 : 根太に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x3}, \tau_{y3})$ (N/mm²)

$s f_{t3}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)

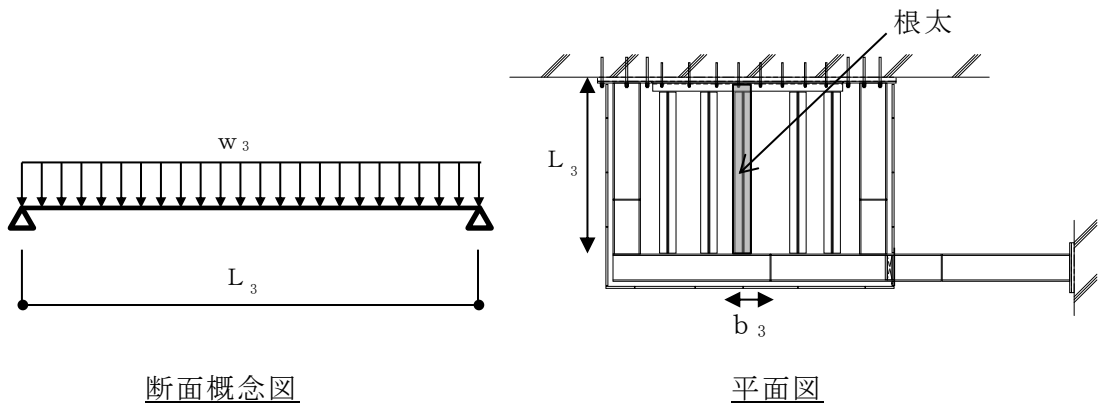


図 6-5 根太に作用する荷重の例

(4) 柱

柱に生じる応力は、柱を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、柱の短期許容応力度以下であることを確認する。柱に作用する荷重の例を図 6-6 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_4 = (P_h + P) \cdot b_4 \cdot 10^{-3} + S_d$$

w_4 : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_4 : 柱に作用する荷重の負担幅 (mm)

S_d : 余震による地震荷重 (kN/m)

b. 柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b_{x4}} = (M_{x4} \cdot 10^6) / Z_{x4}$$

$$\sigma_{b_{y4}} = (M_{y4} \cdot 10^6) / Z_{y4}$$

$$M_{x4} = w_{x4} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$M_{y4} = w_{y4} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$\sigma_{b_{x4}}, \sigma_{b_{y4}}$: 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

M_{x4}, M_{y4} : 柱の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

Z_{x4}, Z_{y4} : 柱の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

L_4 : 柱全長 (mm)

c. 柱に生じるせん断応力度

$$\tau_{x4} = (Q_{x4} \cdot 10^3) / A_{S_{x4}}$$

$$\tau_{y4} = (Q_{y4} \cdot 10^3) / A_{S_{y4}}$$

$$Q_{x4} = w_{x4} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{y4} = w_{y4} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_{x4}, τ_{y4} : 柱に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x4}, Q_{y4} : 柱の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)

$A_{S_{x4}}, A_{S_{y4}}$: 柱の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

L_4 : 柱全長 (mm)

d. 柱に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)4} = (N_{c(t)4} \cdot 10^3) / A_{g4}$$

$$N_{c(t)4} = N_4 \cdot (1 \pm \alpha_v)$$

$\sigma_{c(t)4}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t)4}$: 柱の圧縮又は引張軸力 (kN)

A_{g4} : 柱の断面積 (mm²)

N_4 : 柱の軸力 (kN)

α_v : 鉛直方向の余震震度

e. 柱に生じる組合せ応力度

柱に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{bx4}/s f_{bx4} + \sigma_{by4}/s f_{by4} + \sigma_{c(t)4}/s f_{c(t)4} \leq 1.0$$

$\sigma_{bx4}, \sigma_{by4}$: 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{bx4}, s f_{by4}$: 柱の強軸及び弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)4}$: 短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

柱に生じる曲げ断応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期許容引張応力度以下であることを確認する。

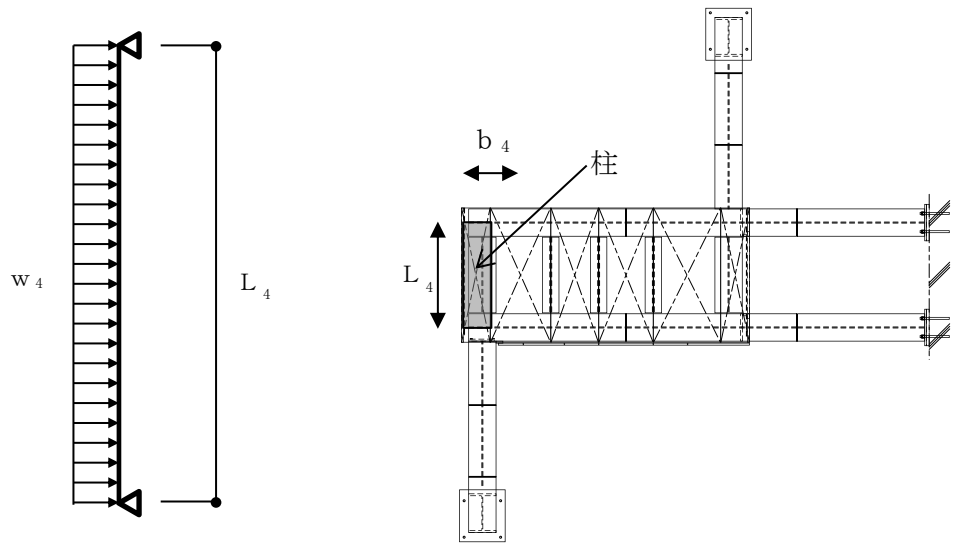
$$\sqrt{(\sigma_{bx4} + \sigma_{by4} + \sigma_{c(t)4})^2 + 3\tau_4^2} \leq s f_{t4}$$

$\sigma_{bx4}, \sigma_{by4}$: 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

τ_4 : 柱に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x4}, \tau_{y4})$ (N/mm²)

$s f_{t4}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)



断面概念図

立面図

図 6-6 柱に作用する荷重の例

(5) 梁

梁に生じる応力は、梁を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、梁の短期許容応力度以下であることを確認する。梁に作用する荷重の例を図 6-7 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_{x5} = (P_h + P) \cdot b_5 \cdot 10^{-3} + S d$$

$$w_{y5} = S d_v$$

w_{x5} : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

w_{y5} : 余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_5 : 梁に作用する荷重の負担幅 (mm)

$S d$: 余震による地震荷重 (kN/m)

$S d_v$: 余震による鉛直地震荷重 (kN/m)

b. 梁に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{bx5} = (M_{x5} \cdot 10^6) / Z_{x5}$$

$$\sigma_{by5} = (M_{y5} \cdot 10^6) / Z_{y5}$$

$$M_{x5} = w_{x5} \cdot (L_5 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$M_{y5} = w_{y5} \cdot (L_5 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$\sigma_{bx5}, \sigma_{by5}$: 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

M_{x5}, M_{y5} : 梁の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

Z_{x5}, Z_{y5} : 梁の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

L_5 : 梁全長 (mm)

c. 梁に生じるせん断応力度

$$\tau_{x5} = (Q_{x5} \cdot 10^3) / A_{sx5}$$

$$\tau_{y5} = (Q_{y5} \cdot 10^3) / A_{sy5}$$

$$Q_{x5} = w_{x5} \cdot (L_5 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{y5} = w_{y5} \cdot (L_5 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_{x5}, τ_{y5} : 梁に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x5}, Q_{y5} : 梁の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)

A_{sx5}, A_{sy5} : 梁の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

L_5 : 梁全長 (mm)

d. 梁に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)5} = (N_{c(t)5} \cdot 10^3) / A_{g5}$$

$\sigma_{c(t)5}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t)5}$: 梁の圧縮又は引張軸力 (kN)

A_{g5} : 梁の断面積 (mm²)

e. 梁に生じる組合せ応力度

梁に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{bx5} / s f_{bx5} + \sigma_{by5} / s f_{by5} + \sigma_{c(t)5} / s f_{c(t)5} \leq 1.0$$

$\sigma_{bx5}, \sigma_{by5}$: 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{bx5}, s f_{by5}$: 梁の強軸及び弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

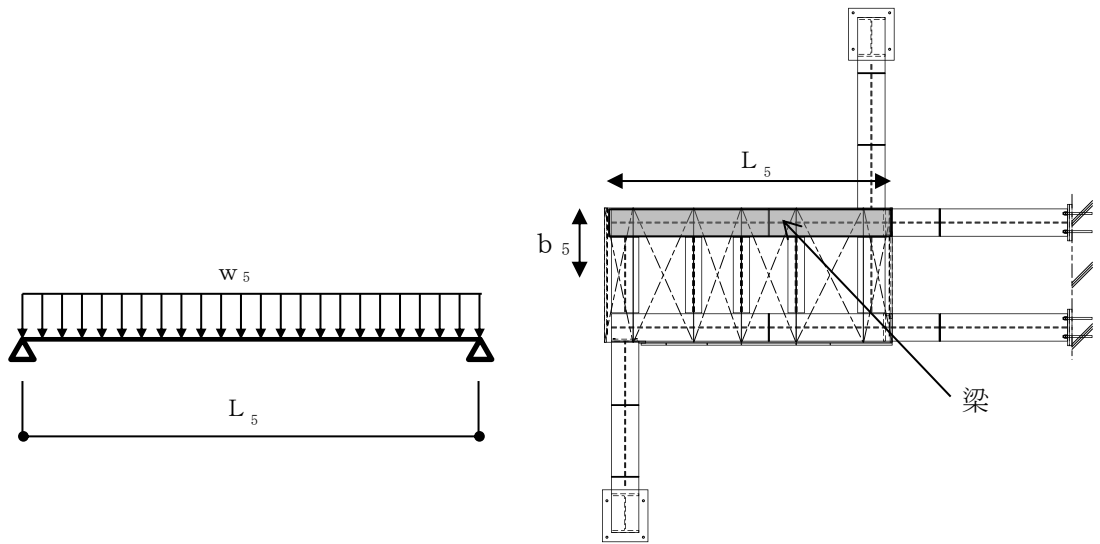
$\sigma_{c(t)5}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)5}$: 短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

梁に生じる曲げ断応力度，軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は，次式により算出し，短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx5} + \sigma_{by5} + \sigma_{c(t)5})^2 + 3\tau_5^2} \leq_s f_{t5}$$

- $\sigma_{bx5}, \sigma_{by5}$: 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
- $\sigma_{c(t)5}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)
- τ_5 : 梁に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x5}, \tau_{y5})$ (N/mm²)
- $s f_{t5}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)



断面概念図

立面図

図 6-7 梁に作用する荷重の例

(6) 斜材

斜材に生じる応力は，斜材を両端ピンの単純はりとして次式により算出し，斜材の短期許容応力度以下であることを確認する。斜材に作用する荷重の例を図 6-8 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_{x6} = (P_{h6} + P_6) \cdot b_6 \cdot 10^{-3} + S_d$$

$$w_{y6} = S_{dv}$$

w_{x6} : 静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 (kN/m)

w_{y6} : 余震を考慮した荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

P : 動水圧荷重 (kN/m²)

b_6 : 斜材に作用する荷重の負担幅 (mm)

S_d : 余震による地震荷重 (kN/m)

S_{dv} : 余震による鉛直地震荷重 (kN/m)

b. 斜材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{bx6} = (M_{x6} \cdot 10^6) / Z_{x6}$$

$$\sigma_{by6} = (M_{y6} \cdot 10^6) / Z_{y6}$$

$$M_{x6} = w_{x6} \cdot (L_6 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$M_{y6} = w_{y6} \cdot (L_6 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$\sigma_{bx6}, \sigma_{by6}$: 斜材に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

M_{x6}, M_{y6} : 斜材の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

Z_{x6}, Z_{y6} : 斜材の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

L_6 : 斜材全長 (mm)

c. 斜材に生じるせん断応力度

$$\tau_{x6} = (Q_{x6} \cdot 10^3) / A_{sx6}$$

$$\tau_{y6} = (Q_{y6} \cdot 10^3) / A_{sy6}$$

$$Q_{x6} = w_{x6} \cdot (L_6 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{y6} = w_{y6} \cdot (L_6 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_{x6}, τ_{y6} : 斜材に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x6}, Q_{y6} : 斜材の強軸及び弱軸方向のせん断力 (kN)
 A_{Sx6}, A_{Sy6} : 斜材の強軸及び弱軸方向のせん断断面積 (mm²)
 L_6 : 斜材全長 (mm)

d. 斜材に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)6} = (N_{c(t)6} \cdot 10^3) / A_{g6}$$

$\sigma_{c(t)6}$: 斜材に生じる軸応力度 (N/mm²)
 $N_{c(t)6}$: 斜材の圧縮又は引張軸力 (kN)
 A_{g6} : 斜材の断面積 (mm²)

e. 斜材に生じる組合せ応力度

斜材に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

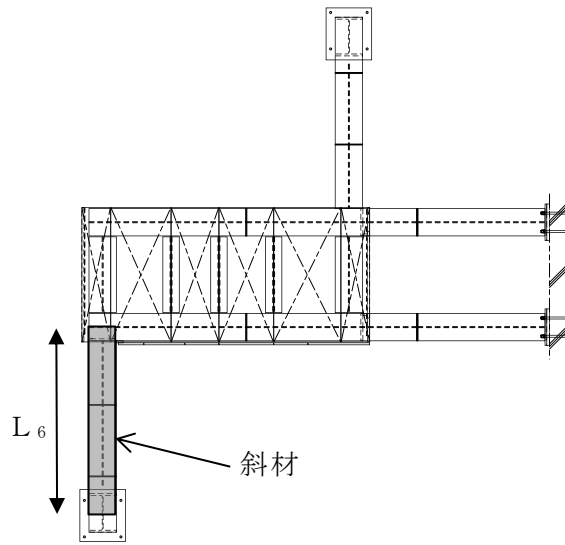
$$\sigma_{bx6}/s f_{bx6} + \sigma_{by6}/s f_{by6} + \sigma_{c(t)6}/s f_{c(t)6} \leq 1.0$$

$\sigma_{bx6}, \sigma_{by6}$: 斜材に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
 $s f_{bx6}, s f_{by6}$: 斜材の強軸及び弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)
 $\sigma_{c(t)6}$: 斜材に生じる軸応力度 (N/mm²)
 $s f_{c(t)6}$: 短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

斜材に生じる曲げ断応力度，軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx6} + \sigma_{by6} + \sigma_{c(t)6})^2 + 3\tau_6^2} \leq s f_{t6}$$

$\sigma_{bx6}, \sigma_{by6}$: 斜材に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
 τ_6 : 斜材に生じるせん断応力度 $\max(\tau_{x6}, \tau_{y6})$ (N/mm²)
 $s f_{t6}$: 短期許容引張応力度 (N/mm²)
 $\sigma_{c(t)6}$: 斜材に生じる軸応力度 (N/mm²)



立面図

図 6-8 斜材に作用する荷重の例

(7) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力が、「各種合成構造設計指針」に基づき算定したアンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。アンカーボルトに生じる荷重の例を図 6-9 に示す。

$$(T_{d7}/T_a)^2 + (Q_{d7}/Q_a)^2 \leq 1$$

$$T_{d7} = T_7 / n_7$$

$$T_{d7}/T_a \leq 1.0$$

T_7 : 斜材に発生する引張力 (kN)

n_7 : 斜材に取り付くアンカーボルトの本数 (本)

T_{d7} : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

$$Q_{d7} = Q_7 / n_7$$

$$Q_{d7}/Q_a \leq 1.0$$

Q_7 : 斜材に発生するせん断力 (kN)

Q_{d7} : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

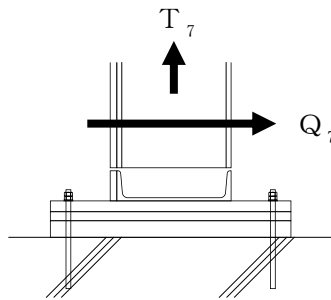


図 6-9 アンカーボルトに生じる荷重の例

6.1.6 評価条件

「6.1.4 評価方法」に用いる評価条件を表6-8に示す。

表6-8(1) 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	H	mm	浸水深さ	5050
	α_H	—	水平方向の余震震度	0.60
	α_V	—	鉛直方向の余震震度	0.32
	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0
鋼板	h	mm	水圧作用高さ	1494
	ρ_s	t/m ³	鋼板の密度	7.85
	t	mm	鋼板の厚さ	22
	Z ₁	mm ³	鋼板の断面係数	80.67×10 ³
	L ₁	mm	鋼板の短辺長さ	825
胴縁	h	mm	水圧作用高さ	1494
	b ₂	mm	胴縁に作用する荷重の負担幅	713
	m ₂	kg/m	胴縁の質量分布	122.4
	Z _{x2}	mm ³	胴縁の強軸回りの断面係数	988×10 ³
	Z _{y2}	mm ³	胴縁の弱軸回りの断面係数	108.2×10 ³
	L ₂	mm	胴縁の全長	1150
	A _{Sx2}	mm ²	胴縁の強軸方向のせん断断面積	5380
	A _{Sy2}	mm ²	胴縁の弱軸方向のせん断断面積	5580
根太	h	mm	水圧作用高さ	1494
	b ₃	mm	根太に作用する荷重の負担幅	488
	m ₃	kg/m	根太の質量分布	122.4
	Z _{x3}	mm ³	根太の強軸回りの断面係数	988×10 ³
	Z _{y3}	mm ³	根太の弱軸回りの断面係数	108.2×10 ³
	L ₃	mm	根太の全長	2100
	A _{Sx3}	mm ²	根太の強軸方向のせん断断面積	5380
	A _{Sy3}	mm ²	根太の弱軸方向のせん断断面積	5580

表 6-8(2) 強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
柱	h	mm	水圧作用高さ	1494
	b_4	mm	柱に作用する荷重の負担幅	1094
	Z_{x4}	mm ³	柱の強軸回りの断面係数	1350×10^3
	Z_{y4}	mm	柱の弱軸回りの断面係数	450×10^3
	L_4	mm	柱全長	1150
	A_{Sx4}	mm ²	柱の強軸方向のせん断断面積	2700
	A_{Sy4}	mm ²	柱の弱軸方向のせん断断面積	9000
	A_{g4}	mm ²	柱の断面積	11800
梁	h	mm	水圧作用高さ	1494
	Z_{x5}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数	1350×10^3
	Z_{y5}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数	450×10^3
	b_5	mm	梁に作用する荷重の負担幅	735
	L_5	mm	梁全長	2700
	A_{Sx5}	mm ²	梁の強軸方向のせん断断面積	2700
	A_{Sy5}	mm ²	梁の弱軸方向のせん断断面積	9000
	A_{g5}	mm ²	梁の断面積	11800
斜材	h	mm	水圧作用高さ	3550
	Z_{x6}	mm ³	斜材の強軸回りの断面係数	1350×10^3
	Z_{y6}	mm ³	斜材の弱軸回りの断面係数	450×10^3
	b_6	mm	斜材に作用する荷重の負担幅	300
	L_6	mm	斜材全長	3000
	A_{Sx6}	mm ²	斜材の強軸方向のせん断断面積	2700
	A_{Sy6}	mm ²	斜材の弱軸方向のせん断断面積	9000
	A_{g6}	mm ²	斜材の断面積	11800
アンカーボルト	n_6	本	柱又は梁に取り付くアンカーボルトの本数	4

7. 取水槽除じん機エリア防水壁

7.1 強度評価方法

7.1.1 記号の説明

取水槽除じん機エリア防水壁の評価に用いる記号を表 7-1 に示す。

表 7-1(1) 取水槽除じん機エリア防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
w_1	kN/m	鋼板に作用する静水圧荷重及び風荷重を考慮した荷重
P_h	kN/m ²	静水圧荷重
ρ_o	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
h_p	mm	水圧作用高さ
w	kN/m ²	風圧力
P_k	kN/m	風荷重
h_k	mm	風荷重作用高さ
P_{h1}	kN/m ²	鋼板に作用する静水圧荷重
b_1	mm	鋼板に作用する荷重の負担幅
σ_1	N/mm ²	鋼板に生じる曲げ応力度
M_1	kN・m	鋼板の曲げモーメント
Z_1	mm ³	鋼板の断面係数
L_1	mm	鋼板の短辺長さ
w_2	kN/m	水平材に作用する静水圧荷重及び風荷重を考慮した荷重
P_{h2}	kN/m ²	水平材に作用する静水圧荷重
b_2	mm	水平材に作用する荷重の負担幅
σ_2	N/mm ²	水平材に生じる曲げ応力度
M_2	kN・m	水平材の曲げモーメント
Z_2	mm ³	水平材の断面係数
L_2	mm	水平材の支持スパン
τ_2	N/mm ²	水平材に生じるせん断応力度
Q_2	kN	水平材のせん断力
A_{s2}	mm ²	水平材のせん断断面積

表 7-1(2) 取水槽除じん機エリア防水壁の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
P_3	kN/m	柱に作用する静水圧荷重
b_3	mm	柱に作用する荷重の負担幅
P_{k3}	kN/m	柱に作用する風荷重
σ_3	N/mm ²	柱に生じる曲げ応力度
M_{P3}	kN・m	柱の静水圧荷重による曲げモーメント
M_{k3}	kN・m	柱の風荷重による曲げモーメント
Z_3	mm ³	柱の断面係数
L_3	mm	柱全長
L_{k1}	mm	風荷重作用高さ
L_{k2}	mm	風荷重を集中荷重にした時の作用位置
τ_3	N/mm ²	柱に生じるせん断応力度
Q_{P3}	kN	柱の静水圧荷重によるせん断力
Q_{k3}	kN	柱の風荷重によるせん断力
A_{S3}	mm ²	柱のせん断断面積
T_4	kN	柱に発生する引張力
n_4	本	柱に取り付くアンカーボルトの本数
T_{d4}	kN	アンカーボルト 1 本当たりに生じる引張力
T_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容引張力
Q_4	kN	柱に発生するせん断力
Q_{d4}	kN	アンカーボルト 1 本当たりのせん断力
Q_a	kN	アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力
f_t	N/mm ²	短期許容引張応力度

7.1.2 評価対象部位

当該防水壁の評価対象部位は「2.2 構造計画」に示す構造上の特性を踏まえ選定する。

当該防水壁に生じる静水圧荷重及び風荷重は鋼板、水平材及び柱に伝わり、柱を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達されることから、評価対象部位を鋼板、水平材、柱及びアンカーボルトとする。

評価対象部位を図 7-1 に示す。

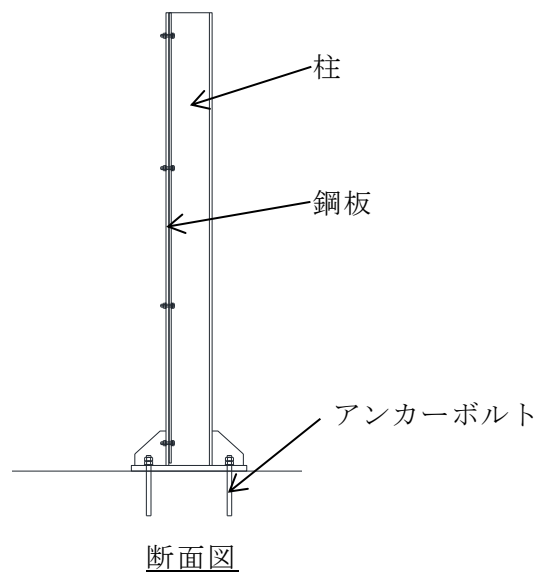
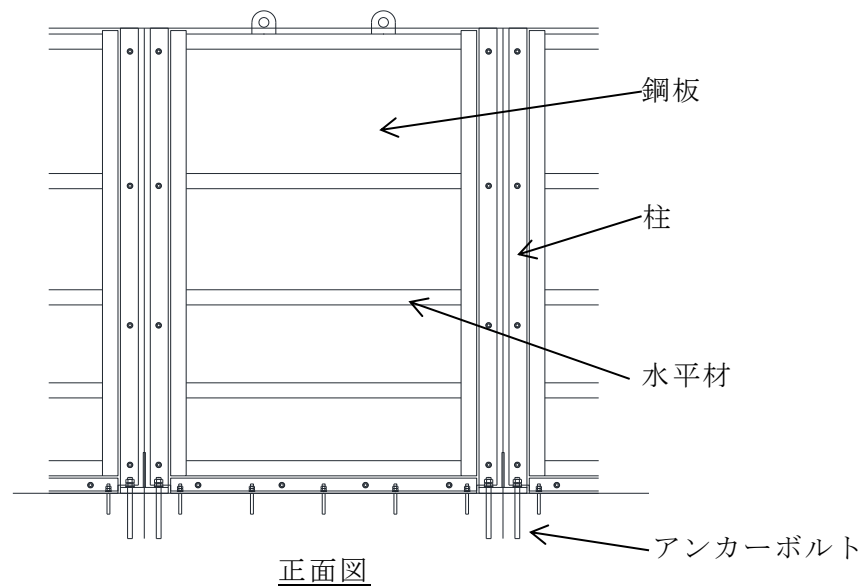


図 7-1 評価対象部位

7.1.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

(1) 荷重の組合せ

当該防水壁の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h + P_k$$

P_h : 静水圧荷重

P_k : 風荷重

(2) 荷重の設定

a. 静水圧荷重 (P_h)

浸水に伴う静水圧荷重を考慮する。静水圧荷重は、評価対象部位周辺の水の密度に当該部分の浸水深さを考慮した水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、実際に作用する静水圧荷重は、台形分布若しくは三角形分布であるが、柱においては、三角形分布に、鋼板及び水平材においては、防水壁下端の支配幅中心の静水圧が等分布に作用するものとして評価する。静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 7-2 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h_p \cdot 10^{-3}$$

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h_p : 水圧作用高さ (mm)

表 7-2 水圧作用高さ及び水の密度

水圧作用高さ* h_p (mm)	水の密度 ρ_o (t/m ³)
2500	1.03

注記* : 柱に作用する最大静水圧の作用高さ

b. 風荷重 (P_k)

風速 30m/s 時の風荷重を考慮する。風荷重は、評価対象部位周辺の風圧力に当該部分の風荷重作用高さを乗じた次式により算出する。当該防水壁は壁天端まで浸水するため、風荷重を考慮しない。風荷重の算定に用いる風荷重作用高さ及び風圧力を表 7-3 に示す。

$$P_k = w \cdot h_k \cdot 10^{-3}$$

P_k : 風荷重 (kN/m)

w : 風圧力 (kN/m²)

h_k : 風荷重作用高さ (mm)

表 7-3 風荷重作用高さ及び風圧力

風荷重作用高さ h_k (mm)	風圧力 w (kN/m ²)
0	1.71

7.1.4 許容限界

許容限界は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

(1) 使用材料

当該防水壁を構成する鋼板、水平材、柱及びアンカーボルトの使用材料を表 7-4 に示す。

表 7-4 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
鋼板	SS400	PL-9
水平材	SS400	L-65×65×8
柱	SS400	H-300×300×10×15
アンカーボルト	SUS304	M20

(2) 許容限界

a. 鋼材

鋼材の許容応力度は、「S 規準」を踏まえて表 7-5 の値とする。

表 7-5 鋼材の短期許容応力度

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)			
	引張	圧縮*	曲げ*	せん断
SS400	235	235	235	135

注記*：上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容荷重は「各種合成構造設計指針・同解説」を踏まえて表 7-6 の値とする。

なお、アンカーボルトが引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、評価部位のアンカーボルトがせん断力を受ける場合においては、アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力、定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる耐力及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表 7-6 アンカーボルトの基準強度

材質	許容耐力 (kN)	
	引張	せん断
SUS304 (M20)	51	35

7.1.5 評価方法

当該防水壁を構成する鋼板，水平材，柱及びアンカーボルトに発生する応力より算定する応力度が，許容限界以下であることを確認する。

(1) 鋼板

鋼板に生じる応力は，鋼板を単純支持のはりとして次式により算出し，鋼板の短期許容応力度以下であることを確認する。鋼板に作用する荷重の例を図 7-2 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_1 = P_{h1} \cdot b_1 \cdot 10^{-3} + P_k$$

w_1 : 鋼板に作用する静水圧荷重及び風荷重を考慮した荷重 (kN/m)

P_{h1} : 鋼板に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

b_1 : 鋼板に作用する荷重の負担幅 (mm)

P_k : 風荷重 (kN/m)

b. 鋼板に生じる曲げ応力度

$$\sigma_1 = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

$$M_1 = w_1 \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

σ_1 : 鋼板に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 鋼板の曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 鋼板の断面係数 (mm³)

L_1 : 鋼板の短辺長さ (mm)

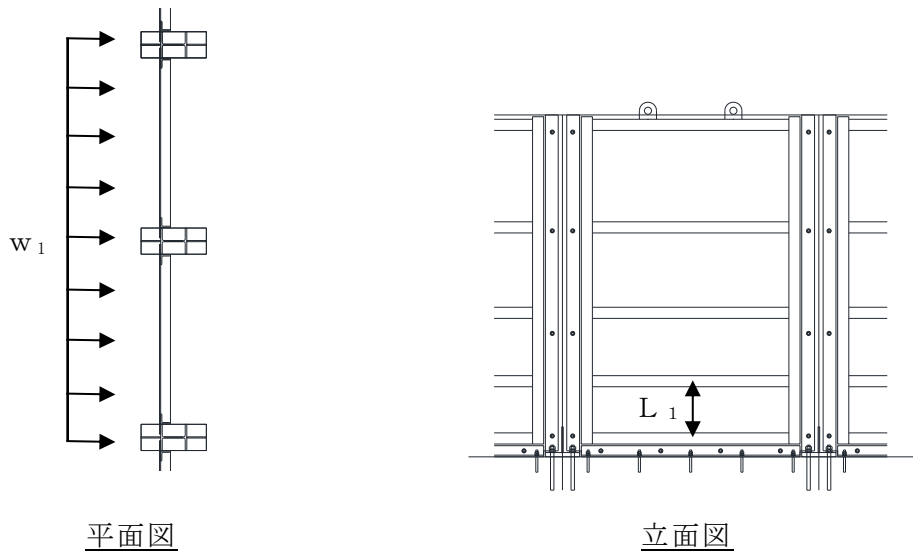


図 7-2 鋼板に作用する荷重の例

(2) 水平材

水平材に生じる応力は、水平材を単純支持のはりとして次式により算出し、水平材の短期許容応力度以下であることを確認する。水平材に作用する荷重の例を図 7-3 に示す。

a. 単位長さ当たりの等分布荷重

$$w_2 = P_{h2} \cdot b_2 \cdot 10^{-3} + P_k$$

w_2 : 水平材に作用する静水圧荷重及び風荷重を考慮した荷重 (kN/m)

P_{h2} : 水平材に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

b_2 : 水平材に作用する荷重の負担幅 (mm)

P_k : 風荷重 (kN/m)

b. 水平材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_2 = (M_2 \cdot 10^6) / Z_2$$

$$M_2 = w_2 \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

σ_2 : 水平材に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_2 : 水平材の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : 水平材の断面係数 (mm³)

L_2 : 水平材の支持スパン (mm)

c. 水平材に生じるせん断応力度

$$\tau_2 = (Q_2 \cdot 10^3) / A_{S2}$$

$$Q_2 = w_2 \cdot (L_2 \cdot 10^{-3}) / 2$$

τ_2 : 水平材に生じるせん断応力度 (N/mm²)

Q_2 : 水平材のせん断力 (kN)

A_{S2} : 水平材のせん断断面積 (mm²)

L_2 : 水平材の支持スパン (mm)

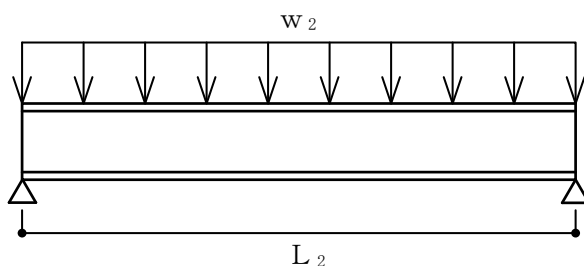


図 7-3 水平材に作用する荷重の例

(3) 柱

柱に生じる応力は、床面を固定端とする片持ちはりとして次式により算出し、柱の短期許容応力度以下であることを確認する。なお静水圧荷重は、柱の支配幅 (= 間隔) を乗じた荷重が三角形分布に作用するものとし、風荷重は、柱の支配幅 (= 間隔) を乗じた荷重が等分布に作用するものとして安全側に評価する。柱に作用する荷重の例を図 7-4 に示す。

a. 柱に作用する荷重 (静水圧荷重, 風荷重)

$$P_3 = P_h \cdot b_3 \cdot 10^{-3}$$

$$P_{k3} = w \cdot b_3 \cdot 10^{-3}$$

P_3 : 柱に作用する静水圧荷重 (kN/m)

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

b_3 : 柱に作用する荷重の負担幅 (mm)

P_{k3} : 柱に作用する風荷重 (kN/m)

w : 風圧力 (kN/m²)

b. 柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_3 = (M_{P3} + M_{k3}) \cdot 10^6 / Z_3$$

$$M_{P3} = P_3 \cdot L_3^2 \cdot 10^{-3} / 6$$

$$M_{k3} = P_{k3} \cdot L_{k1} \cdot L_{k2} \cdot 10^{-3}$$

σ_3 : 柱に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_{P3} : 柱の静水圧荷重による曲げモーメント (kN・m)

M_{k3} : 柱の風荷重による曲げモーメント (kN・m)

Z_3 : 柱の断面係数 (mm³)

P_3 : 柱に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

L_3 : 柱全長 (mm)

P_{k3} : 柱に作用する風荷重 (kN/m)

L_{k1} : 風荷重作用高さ (mm)

L_{k2} : 風荷重を集中荷重にした時の作用位置 (mm)

c. 柱に生じるせん断応力度

$$\tau_3 = (Q_{P3} + Q_{k3} \cdot 10^3) / A_{S3}$$

$$Q_{P3} = P_3 \cdot (L_3 \cdot 10^{-3}) / 2$$

$$Q_{k3} = P_{k3} \cdot L_{k1} \cdot 10^{-3}$$

τ_3 : 柱に生じるせん断応力度 (N/mm²)

Q_{P3} : 柱の静水圧荷重によるせん断力 (kN)

Q_{k3} : 柱の風荷重によるせん断力 (kN)

P_3 : 柱に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

A_{S3} : 柱のせん断断面積 (mm²)

L_3 : 柱全長 (mm)

P_{k3} : 柱に作用する風荷重 (kN/m)

L_{k1} : 風荷重作用高さ (mm)

d. 柱に生じる組合せ応力度

柱に生じるに生じる曲げ応力度とせん断応力度から，組合せ応力度を「S規
準」に基づく次式により算定し，短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma_3^2 + 3 \cdot \tau_3^2} \leq f_t$$

σ_3 : 柱に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ_3 : 柱に生じるせん断応力度 (N/mm²)

f_t : 短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

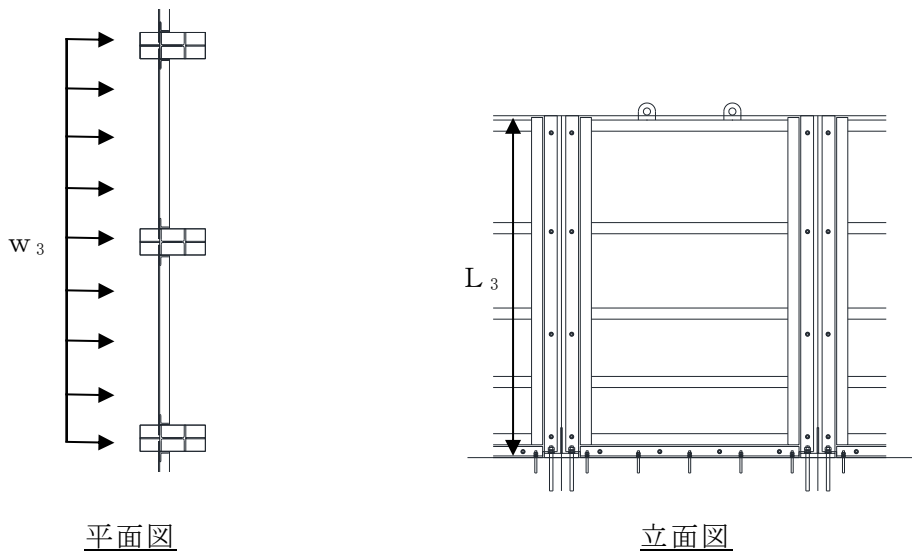


図 7-4 柱に作用する荷重の例

(4) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力を「各種合成構造設計指針」に基づき算定し、アンカーボルトの許容荷重を下回ることを確認する。アンカーボルトに生じる荷重の例を図 7-5 に示す。

$$(T_{d4}/T_a)^2 + (Q_{d4}/Q_a)^2 \leq 1$$

$$T_{d4} = T_4 / n_4$$

$$T_{d4}/T_a \leq 1.0$$

T_4 : 柱に発生する引張力 (kN)

n_4 : 柱に取り付くアンカーボルトの本数 (本)

T_{d4} : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

$$Q_{d4} = Q_4 / n_4$$

$$Q_{d4}/Q_a \leq 1.0$$

Q_4 : 柱に発生するせん断力 (kN)

Q_{d4} : アンカーボルト 1 本あたりのせん断力 (kN)

Q_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

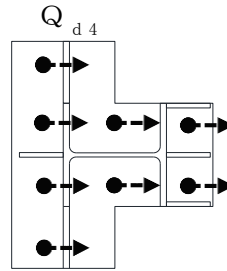


図 7-5 アンカーボルトに生じる荷重の例

7.1.6 評価条件

「7.1.5 評価方法」に用いる入力値を表7-7に示す。

表7-7 強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	h	mm	水圧作用高さ	2500
	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
鋼板	t	mm	鋼板の厚さ	9
	Z ₁	mm ³	鋼板の断面係数	1.35×10 ⁴
	L ₁	mm	鋼板の短辺長さ	400
水平材	Z ₂	mm ³	水平材の断面係数	7.96×10 ³
	L ₂	mm	水平材の全長	1300
	A _{s2}	mm ²	水平材のせん断断面積	1557
柱	Z ₃	mm ³	柱の断面係数	4.72×10 ⁵
	L ₃	mm	柱全長	2500
	A _{s3}	mm ²	柱のせん断断面積	1408
アンカーボルト	n	本	柱に取り付くアンカーボルトの本数	8

8. 評価結果

防水壁の強度評価結果を表 8-1～表 8-5 に示す。防水壁の各部材の断面検定を行った結果、発生応力度又は荷重は許容限界以下であることから、防水壁が構造健全性を有することを確認した。

表 8-1 強度評価結果（タービン建物地下 1 階復水系配管室防水壁）

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
鋼板	曲げ	59	N/mm ²	235	N/mm ²	0.26
胴縁	曲げ	36	N/mm ²	229	N/mm ²	0.16
	せん断	18	N/mm ²	135	N/mm ²	0.14
	組合せ	48	N/mm ²	235	N/mm ²	0.21
柱	曲げ	59	N/mm ²	223	N/mm ²	0.27
	せん断	42	N/mm ²	135	N/mm ²	0.32
	組合せ	94	N/mm ²	235	N/mm ²	0.40
アンカー ボルト	せん断	19	kN	58	kN	0.33

表 8-2 強度評価結果 (タービン建物地下 1 階復水器室北西側防水壁)

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
鋼板	曲げ	115	N/mm ²	235	N/mm ²	0.49
胴縁	曲げ (強軸)	43	N/mm ²	178	N/mm ²	0.25
	曲げ (弱軸)	18	N/mm ²	235	N/mm ²	0.08
	せん断	16	N/mm ²	135	N/mm ²	0.12
	組合せ	67	N/mm ²	235	N/mm ²	0.29
柱	曲げ (強軸)	66	N/mm ²	304	N/mm ²	0.22
	曲げ (弱軸)	8	N/mm ²	325	N/mm ²	0.03
	せん断	47	N/mm ²	187	N/mm ²	0.26
	圧縮	2	N/mm ²	217	N/mm ²	0.01
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.26
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	112	N/mm ²	325	N/mm ²	0.35
梁	曲げ (強軸)	109	N/mm ²	310	N/mm ²	0.36
	曲げ (弱軸)	2	N/mm ²	325	N/mm ²	0.01
	せん断	34	N/mm ²	187	N/mm ²	0.19
	圧縮	6	N/mm ²	210	N/mm ²	0.03
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.40
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	131	N/mm ²	325	N/mm ²	0.41
アンカー ボルト	引張	31	kN	76	kN	0.41
	せん断	24	kN	58	kN	0.42
	組合せ (引張+せん断)	—	—	—	—	0.34

表 8-3 強度評価結果 (タービン建物地下 1 階復水器室北側防水壁)

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
鋼板	曲げ	89	N/mm ²	235	N/mm ²	0.38
胴縁	曲げ (強軸)	12	N/mm ²	202	N/mm ²	0.06
	曲げ (弱軸)	22	N/mm ²	235	N/mm ²	0.10
	せん断	6	N/mm ²	135	N/mm ²	0.05
	組合せ	36	N/mm ²	235	N/mm ²	0.16
柱	曲げ (強軸)	15	N/mm ²	318	N/mm ²	0.05
	曲げ (弱軸)	23	N/mm ²	325	N/mm ²	0.08
	せん断	16	N/mm ²	187	N/mm ²	0.09
	圧縮	2	N/mm ²	268	N/mm ²	0.01
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.14
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	49	N/mm ²	325	N/mm ²	0.16
梁	曲げ (強軸)	16	N/mm ²	322	N/mm ²	0.05
	曲げ (弱軸)	2	N/mm ²	325	N/mm ²	0.01
	せん断	11	N/mm ²	187	N/mm ²	0.06
	圧縮	11	N/mm ²	306	N/mm ²	0.04
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.10
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	35	N/mm ²	325	N/mm ²	0.11
水平ブレース	圧縮	22	N/mm ²	100	N/mm ²	0.22
アンカー ボルト	引張	18	kN	83	kN	0.22
	せん断	1	kN	58	kN	0.02
	組合せ (引張+せん断)	—	—	—	—	0.05

表 8-4(1) 強度評価結果 (タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁)

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
鋼板	曲げ	33	N/mm ²	235	N/mm ²	0.15
胴縁	曲げ (強軸)	4	N/mm ²	217	N/mm ²	0.02
	曲げ (弱軸)	1	N/mm ²	235	N/mm ²	0.01
	せん断	3	N/mm ²	135	N/mm ²	0.03
	圧縮	1	N/mm ²	143	N/mm ²	0.01
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.04
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	8	N/mm ²	235	N/mm ²	0.04
根太	曲げ (強軸)	7	N/mm ²	181	N/mm ²	0.04
	曲げ (弱軸)	10	N/mm ²	235	N/mm ²	0.05
	せん断	2	N/mm ²	135	N/mm ²	0.02
	組合せ	18	N/mm ²	235	N/mm ²	0.08
柱	曲げ (強軸)	3	N/mm ²	232	N/mm ²	0.02
	曲げ (弱軸)	6	N/mm ²	235	N/mm ²	0.03
	せん断	5	N/mm ²	135	N/mm ²	0.04
	圧縮	4	N/mm ²	222	N/mm ²	0.02
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.07
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	16	N/mm ²	235	N/mm ²	0.07
梁	曲げ (強軸)	17	N/mm ²	232	N/mm ²	0.08
	曲げ (弱軸)	59	N/mm ²	235	N/mm ²	0.26
	せん断	13	N/mm ²	135	N/mm ²	0.10
	圧縮	4	N/mm ²	172	N/mm ²	0.03
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.37
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	84	N/mm ²	235	N/mm ²	0.36

表 8-4(2) 強度評価結果 (タービン建物地下 1 階復水器室北東側防水壁)

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
斜材	曲げ (強軸)	12	N/mm ²	232	N/mm ²	0.06
	曲げ (弱軸)	36	N/mm ²	235	N/mm ²	0.16
	せん断	10	N/mm ²	135	N/mm ²	0.08
	圧縮	6	N/mm ²	160	N/mm ²	0.04
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.26
	組合せ (曲げ+せん断+ 軸力)	57	N/mm ²	235	N/mm ²	0.25
アンカー ボルト	引張	20	kN	71	kN	0.29
	せん断	7	kN	49	kN	0.15
	組合せ (引張+せん断)	—	—	—	—	0.10

表 8-5 強度評価結果（取水槽除じん機エリア防水壁）

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界値		発生値/ 許容限界値
鋼板	曲げ	28	N/mm ²	235	N/mm ²	0.12
	せん断	1	N/mm ²	135	N/mm ²	0.01
水平材	曲げ	159	N/mm ²	235	N/mm ²	0.68
	せん断	3	N/mm ²	135	N/mm ²	0.03
柱	曲げ	84	N/mm ²	235	N/mm ²	0.36
	せん断	34	N/mm ²	135	N/mm ²	0.26
	組合せ (曲げ+せん断)	102	N/mm ²	235	N/mm ²	0.44
アンカーボルト	引張	39	kN	51	kN	0.77
	せん断	6	kN	35	kN	0.18
	組合せ (引張+せん断)	—	—	—	—	0.61

VI-3-別添 3-2-6 水密扉の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 検討対象水密扉一覧	2
2.2 配置概要	3
2.3 構造計画	5
2.4 評価方針	9
2.5 適用規格・基準等	13
2.6 記号の説明	14
3. 強度評価方法	23
3.1 タービン建物地下1階水密扉（水密扉 No.1, No.2, No.3）	23
3.1.1 評価対象部位	23
3.1.2 荷重及び荷重の組合せ	27
3.1.3 許容限界	31
3.1.4 評価方法	35
3.1.5 評価条件	52
3.2 取水槽除じん機エリア水密扉（東）,（西）（水密扉 No.4, No.5）	56
3.2.1 評価対象部位	56
3.2.2 荷重及び荷重の組合せ	58
3.2.3 許容限界	60
3.2.4 評価方法	62
3.2.5 評価条件	72
3.3 取水槽除じん機エリア水密扉（北）（水密扉 No.6）	74
3.3.1 評価対象部位	74
3.3.2 荷重及び荷重の組合せ	76
3.3.3 許容限界	78
3.3.4 評価方法	80
3.3.5 評価条件	86
4. 評価結果	88

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」に基づき、浸水防止設備である水密扉が、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重又は地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風を考慮した荷重に対して、十分な構造健全性及び止水性を有していることを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 検討対象水密扉一覧

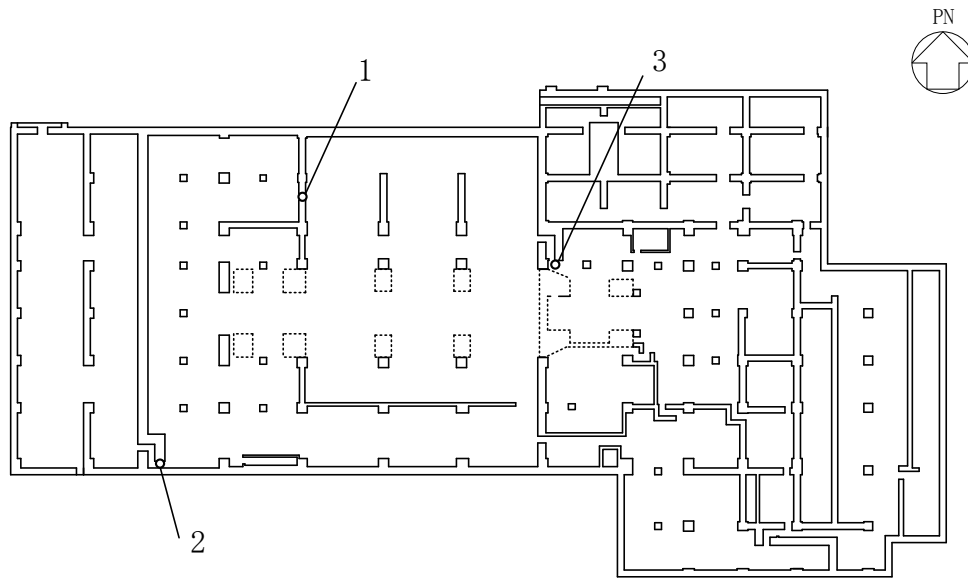
検討対象の水密扉を表 2-1 に示す。

表 2-1 検討対象水密扉一覧

水密扉 No.	扉名称	設置高さ
		EL (m)
1	タービン建物地下 1 階 復水系配管室北側水密扉	2.0
2	タービン建物地下 1 階 復水系配管室南側水密扉	2.0
3	タービン建物地下 1 階 封水回収ポンプ室北側水密扉	0.25
4	取水槽除じん機エリア水密扉 (東)	8.8
5	取水槽除じん機エリア水密扉 (西)	8.8
6	取水槽除じん機エリア水密扉 (北)	8.8

2.2 配置概要

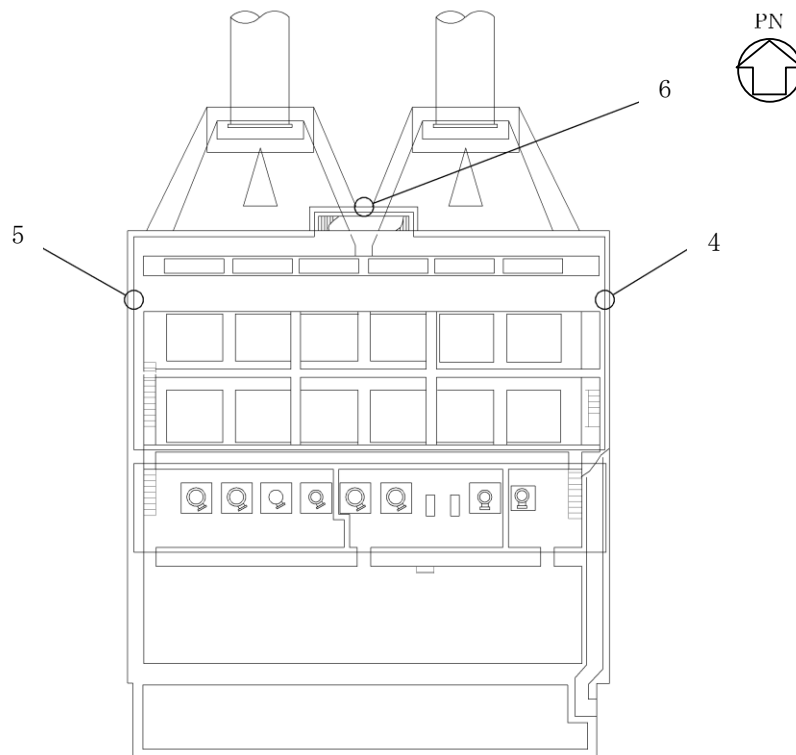
水密扉の設置位置図を図 2-1 及び図 2-2 に示す。



タービン建物 EL 2000

1	タービン建物地下 1 階 復水系配管室北側水密扉
2	タービン建物地下 1 階 復水系配管室南側水密扉
3	タービン建物地下 1 階 封水回収ポンプ室北側水密扉

図 2-1 水密扉の設置位置図 (タービン建物地下 1 階)



取水槽除じん機エリア EL 8800

4	取水槽除じん機エリア水密扉（東）
5	取水槽除じん機エリア水密扉（西）
6	取水槽除じん機エリア水密扉（北）

図 2-2 水密扉の設置位置図（取水槽除じん機エリア）

2.3 構造計画

水密扉の構造計画を表 2-2～表 2-5 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画（水密扉 No.1, No.2）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、カンヌキ（差込形）により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキ（差込形）を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

表 2-3 水密扉の構造計画（水密扉 No. 3）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、カンヌキ（差込形）により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はパネル部へ接合される構造とする。また、パネル部はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>扉部と躯体との間にパネル部を有する構造とし、扉部とパネル部により構成する。扉部は片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキ（差込形）を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉とパネル部の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

表 2-4 水密扉の構造計画（水密扉 No. 4, No. 5）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時及び扉閉止時ともに、水密扉戸当り用支柱、外部縦柱及び上下レールにより扉板と防水壁とを一体化させる構造とする。</p> <p>上下レールは水密扉戸当り用支柱及び外部縦柱に支えられており、水密扉戸当り用支柱及び外部縦柱はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>スライド式の鋼製扉とし、鋼製の扉板に水平材を取付け、外部縦柱に設置された締付ボルトにより扉と一体化させる構造とする。</p>	

表 2-5 水密扉の構造計画（水密扉 No. 6）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、カンヌキ（差込形）により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠は水密扉戸当り用支柱を介してアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、扉板に厚みを持たせた一枚板の構造とする。</p> <p>扉に設置されたカンヌキ（差込形）を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

2.4 評価方針

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、水密扉の評価対象部位に作用する応力等が許容限界内に収まることを、各設備の「3. 強度評価方法」に示す方法により、各設備の「3.1.5 評価条件」、「3.2.5 評価条件」及び「3.3.5 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、応力評価の確認結果を「4. 評価結果」にて確認する。

水密扉の強度評価フローを図 2-3～図 2-5 に示す。水密扉の強度評価においては、その構造を踏まえ、静水圧荷重、風荷重及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し、評価対象部位を設定する。

(1) 水密扉 No. 1, No. 2

水密扉 No. 1, No. 2 の強度評価においては、荷重を静的に作用させる静的解析により、扉板、芯材、カンヌキの発生応力及びアンカーボルトの発生荷重を算定し、許容限界との比較を行う。

(2) 水密扉 No. 3

水密扉 No. 3 の強度評価においては、荷重を静的に作用させる静的解析により、扉部（扉板、芯材、カンヌキ）及びパネル部（パネル板、パネル芯材、柱、梁）の発生応力並びにアンカーボルトの発生荷重を算定し、許容限界との比較を行う。

(3) 水密扉 No. 4, No. 5

水密扉 No. 4 の強度評価においては、荷重を静的に作用させる静的解析により、扉板、水平材、水密扉戸当り用支柱、外部縦柱及びアンカーボルトの発生応力を算定し、許容限界との比較を行う。

(4) 水密扉 No. 6

水密扉 No. 6 強度評価においては、荷重を静的に作用させる静的解析により、扉板、水密扉戸当り用支柱及びアンカーボルトの発生応力を算定し、許容限界との比較を行う。

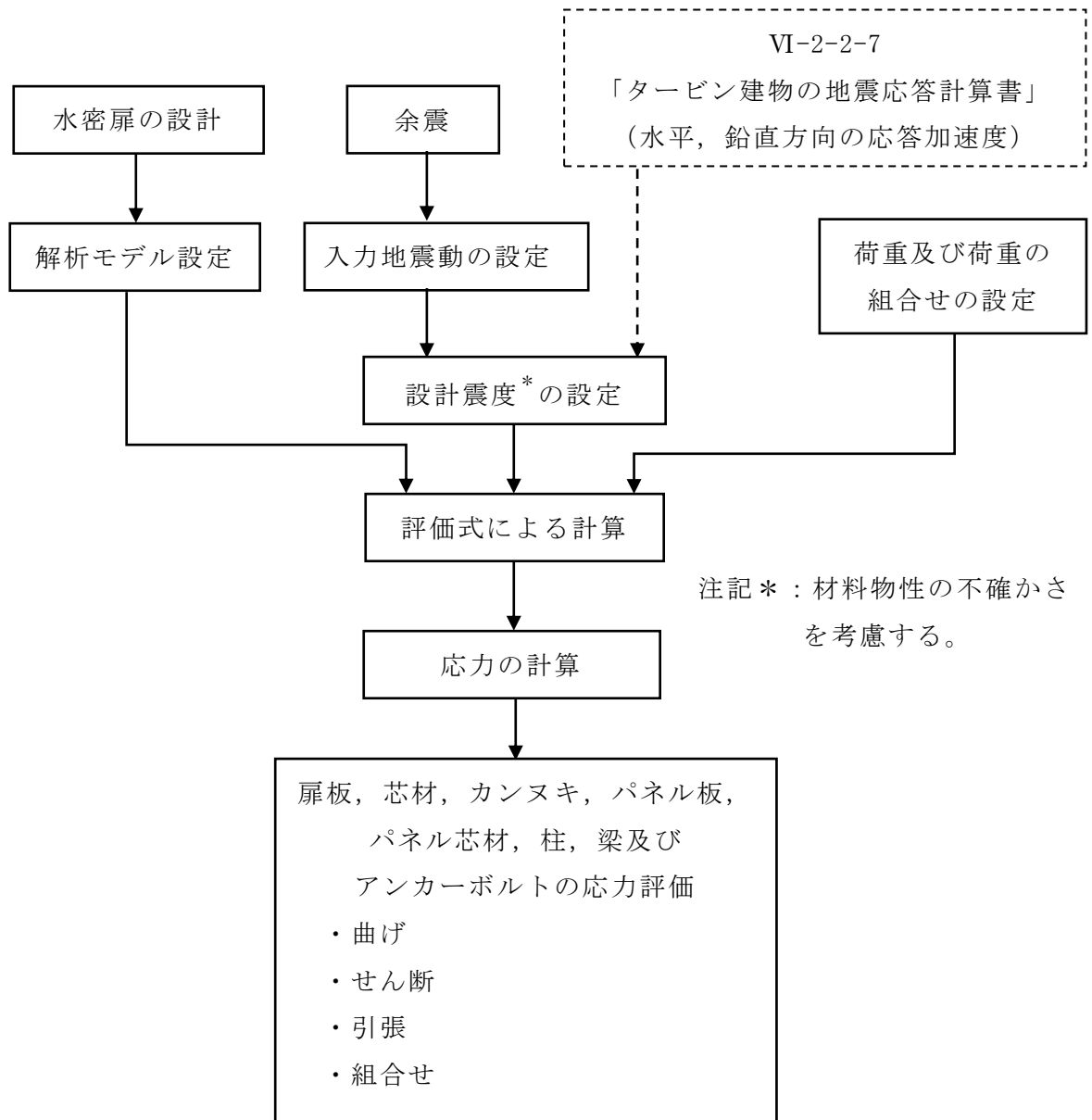


図 2-3 水密扉 (No. 1, No. 2, No. 3) の強度評価フロー

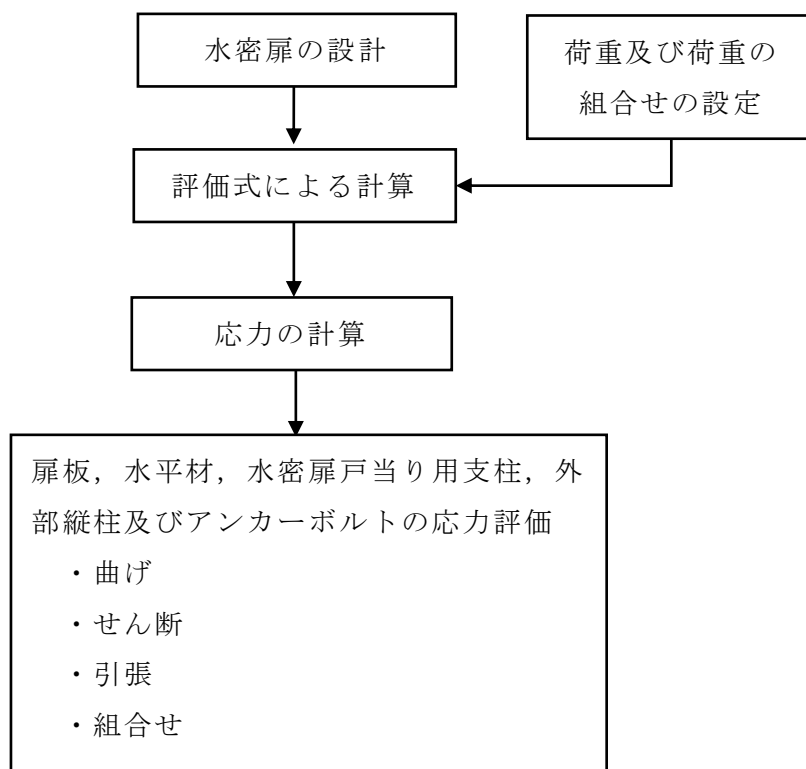


図 2-4 水密扉 (No. 4, No. 5) の強度評価フロー

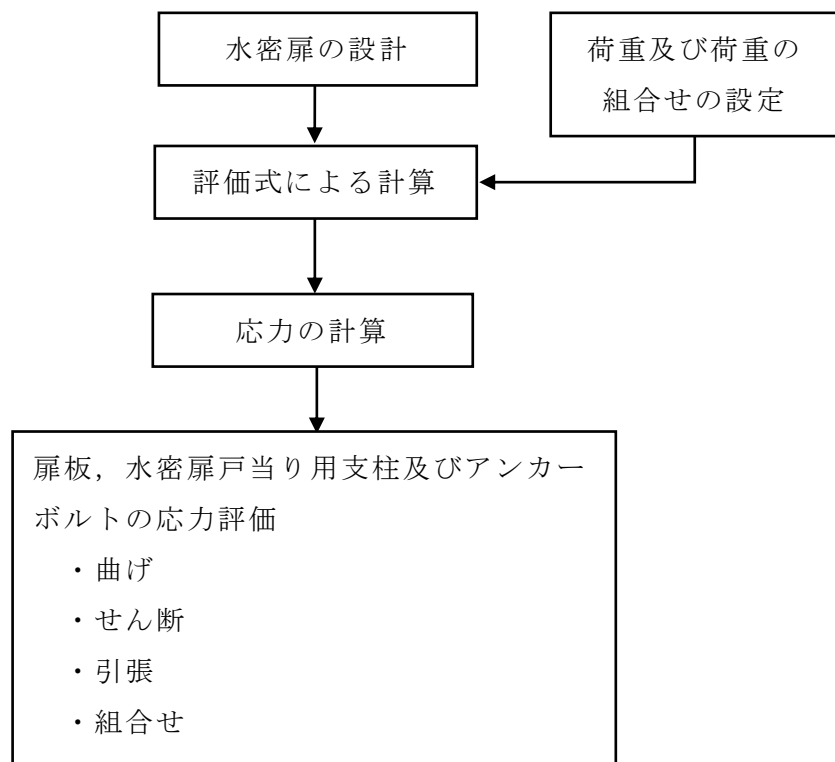


図 2-5 水密扉 (No. 6) の強度評価フロー

2.5 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令
- (2) 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- (3) 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）
- (4) J I S G 4 3 0 3－2012 ステンレス鋼棒
- (5) J I S G 4 0 5 1－2016 機械構造用炭素鋼鋼材
- (6) J I S G 4 0 5 3－2016 機械構造用合金鋼鋼材
- (7) J I S B 1 0 5 4－1－2013 耐食ステンレス鋼製締結用部品の機械的性質
- (8) 水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版（公益社団法人 日本水道協会）

2.6 記号の説明

水密扉の強度評価に用いる記号を表 2-6～表 2-9 に示す。

表 2-6(1) 強度評価に用いる記号 (水密扉 No. 1, No. 2, No. 3)

記号	単位	定義
H	mm	浸水深さ
h	mm	水圧作用高さ
ρ_o	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数
α_H	—	水平方向の設計震度
α_V	—	鉛直方向の設計震度
M ₁	kN・m/m	扉板の曲げモーメント
w ₁	kN/m ²	扉板に作用する等分布荷重
L ₁₁	mm	扉板の長辺長さ
L ₁₂	mm	扉板の短辺長さ
P _h	kN/m ²	扉下端に作用する静水圧荷重
P _d	kN/m ²	扉下端に作用する動水圧荷重
S _{d1}	kN/m ²	扉板に生じる余震による地震荷重
t	mm	扉板の厚さ
ρ_s	t/m ³	扉板の密度
σ_1	N/mm ²	扉板の曲げ応力度
Z ₁	mm ³ /m	扉板の断面係数
M ₂	kN・m	芯材の曲げモーメント
Q ₂	kN	芯材のせん断力
L ₂	mm	芯材の支持スパン
w ₂	kN/m	芯材に作用する等分布荷重
b ₂	mm	芯材に作用する荷重の負担幅
S _{d2}	kN/m	芯材に生じる余震による地震荷重
m ₂	kg/m	芯材の質量分布
σ_2	N/mm ²	芯材の曲げ応力度
Z ₂	mm ³	芯材の断面係数
τ_2	N/mm ²	芯材のせん断応力度
A ₂	mm ²	芯材のせん断断面積
R ₃	kN/本	カンヌキに生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力
L _L	mm	躯体開口部の高さ
L _S	mm	躯体開口部の幅
n ₃	本	カンヌキの本数
M ₃	kN・m	カンヌキの曲げモーメント
L ₃	mm	カンヌキの突出長さ
Q ₃	kN	カンヌキのせん断力
$s f_{t3}$	N/mm ²	カンヌキの短期許容引張応力度
σ_{b3}	N/mm ²	カンヌキの曲げ応力度
Z ₃	mm ³	カンヌキの断面係数

表 2-6(2) 強度評価に用いる記号 (水密扉 No. 1, No. 2, No. 3)

記号	単位	定義
τ_3	N/mm ²	カンヌキのせん断応力度
A_3	mm ²	カンヌキのせん断断面積
Q_4	kN	上下又は左右の 2 辺のうち, 1 辺のアンカーボルトが負担するせん断力
Q_{4A}	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力
Q_{4B}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力
T_4	kN	上下又は左右の 2 辺のうち, 1 辺のアンカーボルトが負担する引張力
T_{4A}	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力
T_{4B}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力
R_4	kN	アンカーボルトに生じる静水压荷重及び余震荷重に対する反力
W_D	kN	扉重量
W_{DW}	kN	扉枠重量
n_{41}	本	せん断力を負担する 1 辺のアンカーボルトの本数
n_{42}	本	引張力を負担する 1 辺のアンカーボルトの本数

表 2-7(1) パネル部の強度評価に用いる記号 (水密扉 No. 3)

記号	単位	定義
M_1	$\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$	パネル板の曲げモーメント
G_1	kN/m^2	パネル板の自重
α_H	—	水平方向の設計震度
P_h	kN/m^2	扉下端に作用する静水圧荷重
P_d	kN/m^2	扉下端に作用する動水圧荷重
L_1	mm	パネル板の短辺長さ
σ_{b1}	N/mm^2	パネル板の曲げ応力度
Z_1	mm^3/m	パネル板の断面係数
M_2	$\text{kN} \cdot \text{m}$	パネル芯材の曲げモーメント
Q_2	kN	パネル芯材のせん断力
G_2	kN/m	パネル芯材の自重
L_2	mm	パネル芯材の長さ
b_2	mm	パネル芯材の支配幅
σ_{b2}	N/mm^2	パネル芯材の曲げ応力度
Z_2	mm^3	パネル芯材の断面係数
τ_2	N/mm^2	パネル芯材のせん断応力度
A_2	mm^2	パネル芯材のせん断断面積
σ_{bx3}	N/mm^2	柱の強軸回りの曲げ応力度
σ_{by3}	N/mm^2	柱の弱軸回りの曲げ応力度
M_{x3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	柱の強軸回りの曲げモーメント
M_{y3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	柱の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x3}	mm^3	柱の強軸回りの断面係数
Z_{y3}	mm^3	柱の弱軸回りの断面係数
τ_{x3}	N/mm^2	柱の強軸方向のせん断応力度
τ_{y3}	N/mm^2	柱の弱軸方向のせん断応力度
Q_{x3}	kN	柱の強軸方向のせん断力
Q_{y3}	kN	柱の弱軸方向のせん断力
A_{sx3}	mm^2	柱の強軸方向のせん断断面積
A_{sy3}	mm^2	柱の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_{c(t)3}$	N/mm^2	柱の軸応力度
$N_{c(t)3}$	kN	柱の圧縮又は引張軸力
A_{g3}	mm^2	柱の断面積
$s f_{bx3}$	N/mm^2	柱の強軸回りの短期許容曲げ応力度
$s f_{by3}$	N/mm^2	柱の弱軸回りの短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)3}$	N/mm^2	柱の短期許容圧縮又は許容引張応力度
$s f_{t3}$	N/mm^2	柱の短期許容引張応力度
σ_{bx4}	N/mm^2	梁の強軸回りの曲げ応力度
σ_{by4}	N/mm^2	梁の弱軸回りの曲げ応力度
M_{x4}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	梁の強軸回りの曲げモーメント
M_{y4}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	梁の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x4}	mm^3	梁の強軸回りの断面係数

表 2-7(2) パネル部の強度評価に用いる記号 (水密扉 No. 3)

記号	単位	定義
Z_{y4}	mm^3	梁の弱軸回りの断面係数
τ_{x4}	N/mm^2	梁の強軸方向のせん断応力度
τ_{y4}	N/mm^2	梁の弱軸方向のせん断応力度
Q_{x4}	kN	梁の強軸方向のせん断力
Q_{y4}	kN	梁の弱軸方向のせん断力
A_{Sx4}	mm^2	梁の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy4}	mm^2	梁の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_{c(t)4}$	N/mm^2	梁の軸応力度
$N_{c(t)4}$	kN	梁の圧縮又は引張軸力
A_{g4}	mm^2	梁の断面積
${}_s f_{bx4}$	N/mm^2	梁の強軸回りの短期許容曲げ応力度
${}_s f_{by4}$	N/mm^2	梁の弱軸回りの短期許容曲げ応力度
${}_s f_{c(t)4}$	N/mm^2	梁の短期許容圧縮又は許容引張応力度
${}_s f_{t4}$	N/mm^2	梁の短期許容引張応力度
Q_{5A}	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力
Q_{5B}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力
T_{5A}	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力
T_{5B}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力

表 2-8(1) 強度評価に用いる記号 (水密扉 No. 4, No. 5)

記号	単位	定義
P_h	kN/m^2	静水圧荷重
ρ_o	t/m^3	水の密度
g	m/s^2	重力加速度
w	kN/m^2	風圧力
h_h	mm	水圧作用高さ
P_k	kN/m	風荷重
h_k	mm	風荷重作用高さ
M_1	$\text{kN} \cdot \text{m}$	扉板の曲げモーメント
S_1	kN	扉板のせん断力
P_1	kN/m	静水圧荷重及び風荷重を考慮した荷重
P_{h1}	kN/m^2	扉板に作用する静水圧荷重
P_{k1}	kN/m	扉板に作用する風荷重
L_1	mm	扉板の長さ
M_2	$\text{kN} \cdot \text{m}$	水密扉戸当り用支柱の風荷重による曲げモーメント
S_2	kN	水密扉戸当り用支柱の風荷重によるせん断力
P_{k2}	kN/m	水密扉戸当り用支柱に作用する風荷重
L_2	mm	水密扉戸当り用支柱の風荷重作用高さ
L_3	mm	水密扉戸当り用支柱の風荷重を集中荷重にした時の作用位置
M_3	$\text{kN} \cdot \text{m}$	水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重による曲げモーメント
S_3	kN	水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重によるせん断力
P_{h3}	kN/m^2	水密扉戸当り用支柱に作用する静水圧荷重
h_{h3}	mm	水密扉戸当り用支柱の静水圧作用高さ
L_4	mm	水密扉戸当り用支柱の部材長
M_4	$\text{kN} \cdot \text{m}$	水密扉戸当り用支柱の曲げモーメント
S_4	kN	水密扉戸当り用支柱のせん断力
M_5	$\text{kN} \cdot \text{m}$	水平材の曲げモーメント
S_5	kN	水平材のせん断力
P_{h5}	kN/m^2	水平材に作用する静水圧荷重
L_5	mm	対象水平材の長さ

表 2-8(2) 強度評価に用いる記号 (水密扉 No. 4, No. 5)

記号	単位	定義
M_6	$\text{kN} \cdot \text{m}$	外部縦柱の風荷重による曲げモーメント
S_6	kN	外部縦柱の風荷重によるせん断力
P_{k6}	kN/m	外部縦柱に作用する風荷重
L_6	mm	外部縦柱の風荷重作用長
L_7	mm	外部縦柱の風荷重を集中荷重にした時の作用位置
M_7	$\text{kN} \cdot \text{m}$	外部縦柱の静水圧荷重による曲げモーメント
S_7	kN	外部縦柱の静水圧荷重によるせん断力
P_{h7}	kN/m^2	外部縦柱に作用する静水圧荷重
h_{h7}	mm	外部縦柱の静水圧作用高さ
M_8	$\text{kN} \cdot \text{m}$	外部縦柱の曲げモーメント
S_8	kN	外部縦柱のせん断力
T_{A1}	kN/本	アンカーボルト 1 本当たりの引張力
Q_{A1}	kN/本	アンカーボルト 1 本当たりのせん断力
V_{A1}	kN	支柱下端の鉛直荷重
N_{A1}	本	アンカーボルト全本数
M_{A1}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	支柱下端の水平力による曲げモーメント
x_{iA1}	mm	偏心距離
$\sum n \cdot x_{iA1}^2$	mm^2	2 次モーメントの合計値
S_{A1}	kN	支柱下端の水平力によるせん断力
σ_1	N/mm^2	扉板の曲げ応力度
Z_1	mm^3	扉板の断面係数
τ_1	N/mm^2	扉板のせん断応力度
h_1	mm	単位幅当たり高さ
t_1	mm	扉板の厚さ
σ_4	N/mm^2	水密扉戸当り用支柱の曲げ応力度
Z_4	mm^3	水密扉戸当り用支柱の断面係数
τ_4	N/mm^2	水密扉戸当り用支柱のせん断応力度
h_4	mm	水密扉戸当り用支柱のウェブ高
t_4	mm	水密扉戸当り用支柱のウェブ厚
f_t	N/mm^2	短期許容引張応力度

表 2-8(3) 強度評価に用いる記号 (水密扉 No. 4, No. 5)

記号	単位	定義
σ_5	N/mm ²	水平材の曲げ応力度
Z_5	mm ³	水平材の断面係数
τ_5	N/mm ²	水平材のせん断応力度
h_5	mm	荷重負担幅
t_5	mm	せん断抵抗部材の厚さ
σ_8	N/mm ²	外部縦柱の曲げ応力度
Z_8	mm ³	外部縦柱の断面係数
τ_8	N/mm ²	外部縦柱のせん断応力度
h_8	mm	外部縦柱のウェブ高
t_8	mm	外部縦柱のウェブ厚
T_a	kN	アンカーボルト 1 本当りの短期許容引張力
Q_a	kN	アンカーボルト 1 本当りの短期許容せん断力

表 2-9(1) 強度評価に用いる記号 (水密扉 No. 6)

記号	単位	定義
P_h	kN/m^2	静水圧荷重
h_h	mm	水圧作用高さ
ρ_o	t/m^3	水の密度
g	m/s^2	重力加速度
P_k	kN/m	風荷重
w	kN/m^2	風圧力
h_k	mm	風荷重作用高さ
M_1	$\text{kN} \cdot \text{m}$	扉板の曲げモーメント
M_{x1}	-	等分布荷重による曲げ応力算定用の係数
P_{h1}	kN/m^2	扉板に作用する静水圧荷重
L_1	mm	短辺方向の長さ
M_2	$\text{kN} \cdot \text{m}$	水密扉戸当り用支柱の風荷重による曲げモーメント
S_2	kN	水密扉戸当り用支柱の風荷重によるせん断力
P_{k2}	kN/m	水密扉戸当り用支柱に作用する風荷重
L_2	mm	水密扉戸当り用支柱の風荷重作用高さ
L_3	mm	水密扉戸当り用支柱の風荷重を集中荷重にした時の作用位置
M_3	$\text{kN} \cdot \text{m}$	水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重による曲げモーメント
S_3	kN	水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重によるせん断力
P_{h3}	kN/m^2	水密扉戸当り用支柱に作用する静水圧荷重
L_4	mm	水密扉戸当り用支柱の静水圧作用高さ
M_4	$\text{kN} \cdot \text{m}$	水密扉戸当り用支柱の曲げモーメント
S_4	kN	水密扉戸当り用支柱のせん断力
T_{A1}	kN/本	アンカーボルト 1 本当たりの引張力
Q_{A1}	kN/本	アンカーボルト 1 本当たりのせん断力
V_{A1}	kN	水密扉戸当り用支柱下端の鉛直荷重
N_{A1}	本	アンカーボルト全本数
M_{A1}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	水密扉戸当り用支柱下端の水平力による曲げモーメント
x_{iA1}	mm	偏心距離
$\sum n \cdot x_{iA1}^2$	mm^2	2 次モーメントの合計値
S_{A1}	kN	水密扉戸当り用支柱下端の水平力によるせん断力

表 2-9(2) 強度評価に用いる記号 (水密扉 No. 6)

記号	単位	定義
σ_1	N/mm ²	扉板の曲げ応力度
Z_1	mm ³	扉板の断面係数
σ_4	N/mm ²	水密扉戸当り用支柱の曲げ応力度
Z_4	mm ³	水密扉戸当り用支柱の断面係数
τ_4	N/mm ²	水密扉戸当り用支柱のせん断応力度
h_4	mm	水密扉戸当り用支柱のウェブ高
t_4	mm	水密扉戸当り用支柱のウェブ厚
f_t	N/mm ²	短期許容引張応力度
T_a	kN	アンカーボルト 1 本当りの短期許容引張力
Q_a	kN	アンカーボルト 1 本当りの短期許容せん断力

3. 強度評価方法

3.1 タービン建物地下1階水密扉（水密扉 No.1, No.2, No.3）

3.1.1 評価対象部位

水密扉及びパネル部の評価対象部位は、「2.2 構造計画」に示す構造上の特徴を踏まえ選定する。

(1) 水密扉 No.1, No.2

水密扉を開く方向に外部から生じる静水圧荷重及び余震に伴う荷重（以下「負圧」という。）は、扉板から芯材に伝わり、カンヌキに伝達され、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトとする。

水密扉を閉める方向に外部から生じる静水圧荷重及び余震に伴う荷重（以下「正圧」という。）は、扉板から芯材を介し扉枠に伝わり、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材及びアンカーボルトとする。

アンカーボルトについては、荷重を伝達する芯材の取付け方向又は扉板の辺長比を踏まえ、水平方向に芯材を配置する構造若しくは扉板の短辺方向へ支配的に荷重を伝達する構造である場合はヒンジ側及び扉開閉側のアンカーボルトを、鉛直方向に芯材を配置する場合は扉上部側及び扉下部側のアンカーボルトを評価対象部位として選定する。

(2) 水密扉 No.3

水密扉の評価対象部位は、「(1) 水密扉 No.1, No.2」と同様である。

パネル部に生じる静水圧荷重及び余震に伴う荷重は、パネル板、パネル芯材、柱及び梁に伝わり、柱及び梁を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達されることから、評価対象部位は、パネル板、パネル芯材、柱、梁及びアンカーボルトとする。

なお、ヒンジについては、余震（弾性設計用地震動 S_d による地震力）に伴う荷重の伝達経路となるが、VI-2-10-2-9「水密扉の耐震性についての計算書」の検討に包絡されるため、本図書では評価対象外とする。

水密扉に作用する荷重の作用図を図3-1、図3-2及び図3-3に示す。

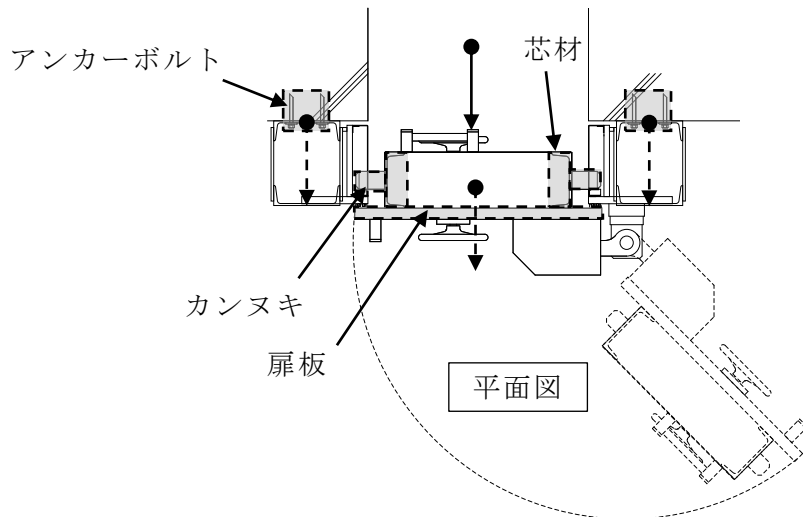
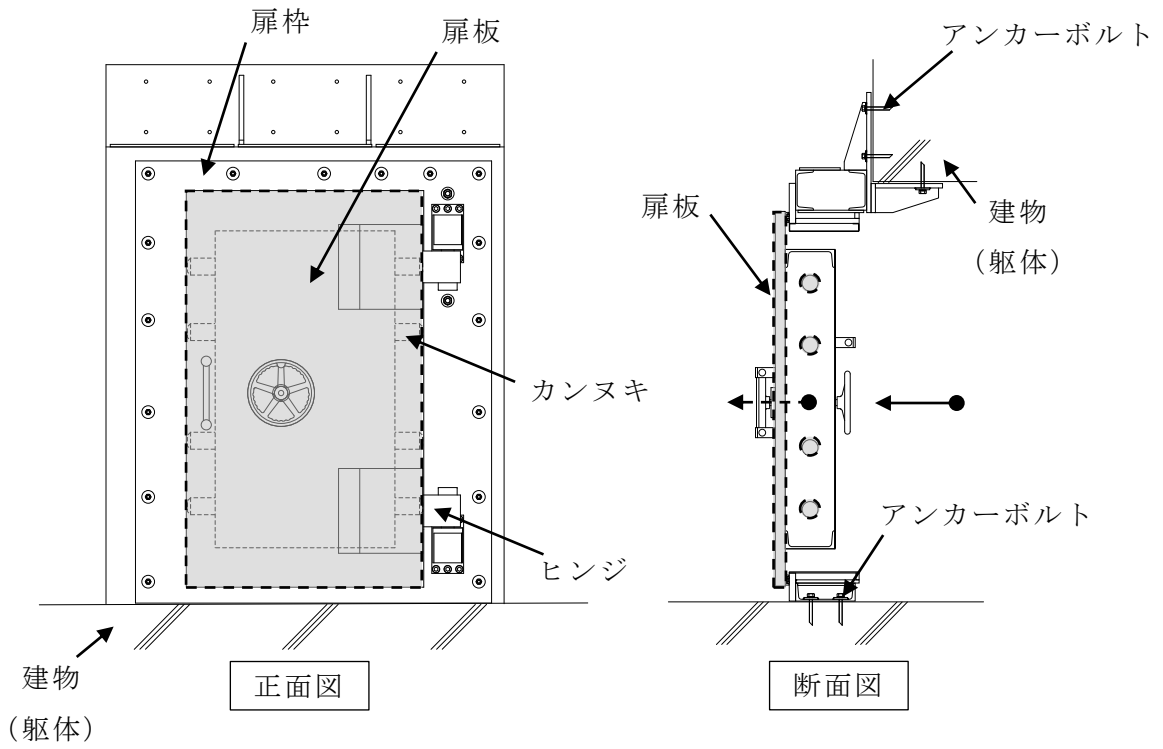
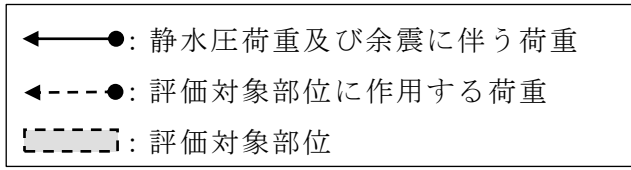


図 3-1 No. 1 水密扉が開く方向に作用する荷重の作用図 (負圧)

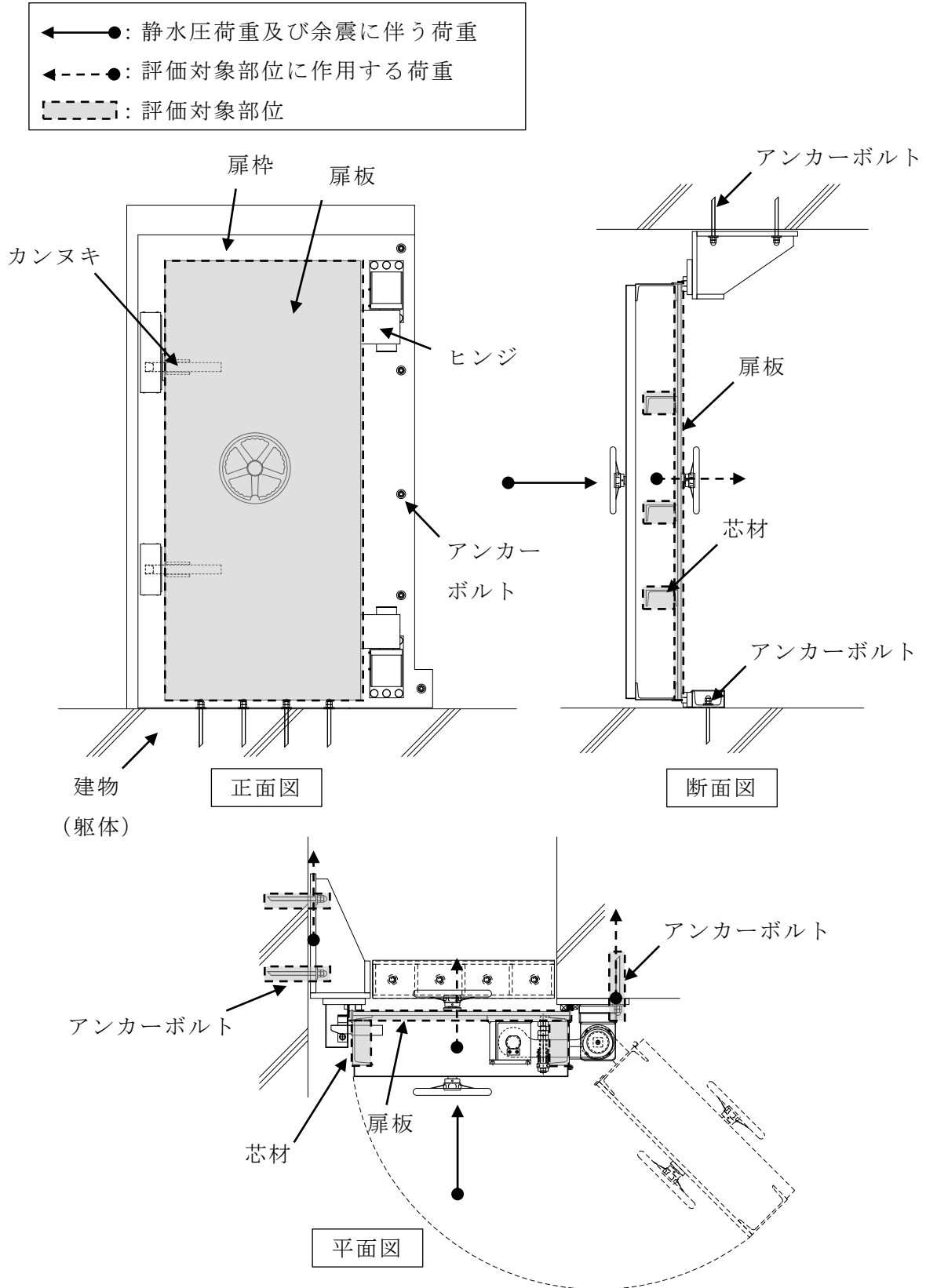


図 3-2 No.2 水密扉が閉まる方向に作用する荷重の作用図 (正圧)

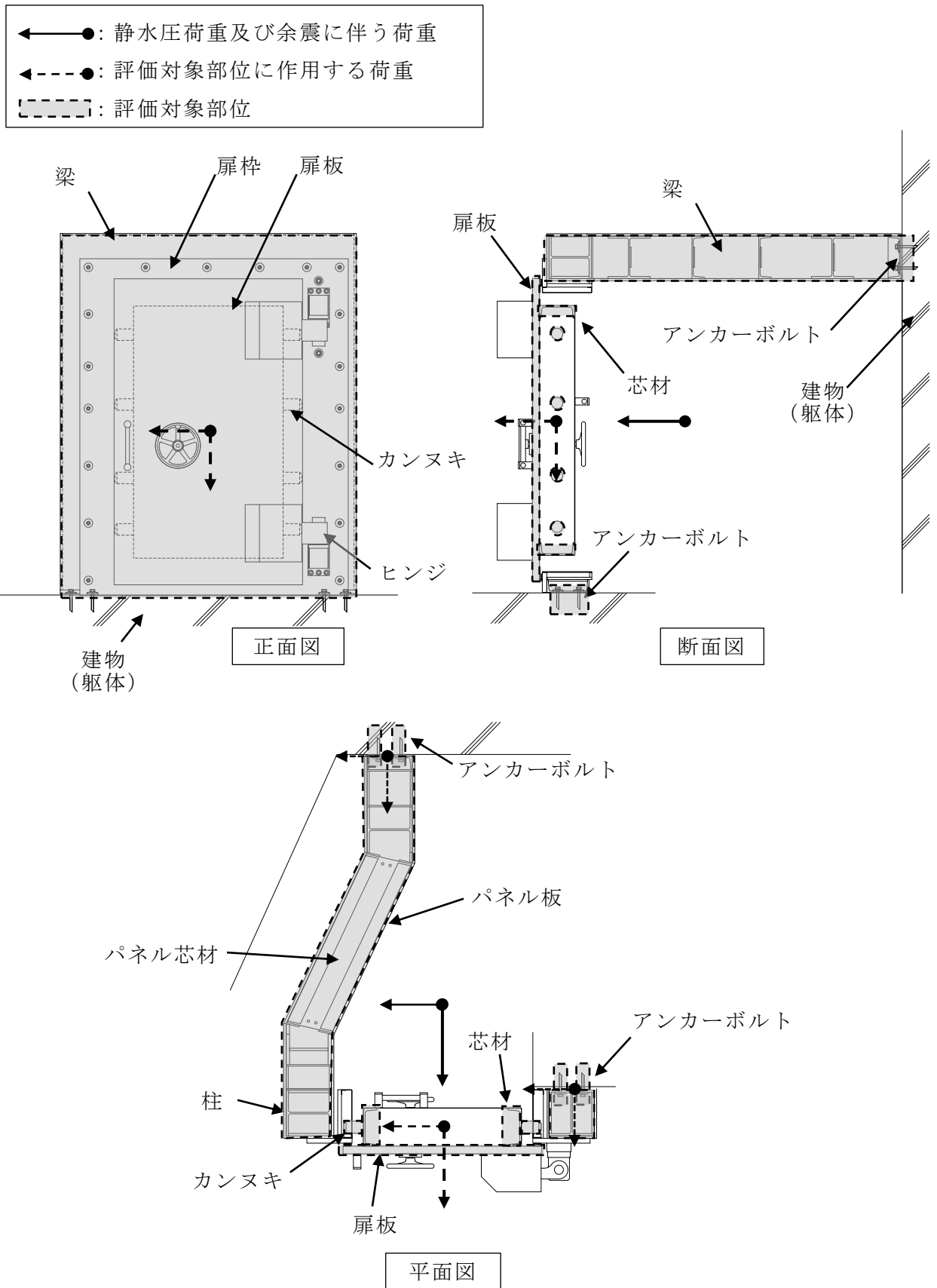


図 3-3 No. 3 水密扉が開く方向に作用する荷重の作用図 (負圧)

3.1.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「3.1.2 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.1.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 静水圧荷重 (P_h)

浸水に伴う静水圧荷重を考慮する。静水圧荷重は、評価対象部位周辺の水の密度に当該部分の浸水深さを考慮した水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、扉下端に作用する静水圧荷重が等分布に作用するものとして、安全側に評価する。静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 3-1 及び表 3-2 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

表 3-1 水圧作用高さ及び水の密度 (水密扉)

水密扉 No.	扉名称	水圧作用 高さ	水の 密度
		h (mm)	(t/m ³)
1	タービン建物地下 1 階 復水系配管室北側水密扉	3300	1.03
2	タービン建物地下 1 階 復水系配管室南側水密扉	3300	1.03
3	タービン建物地下 1 階 封水回収ポンプ室北側水密扉	5050	1.03

表 3-2 水圧作用高さ及び水の密度（パネル部）

水密扉 No.	扉名称	部位	水圧作用 高さ	水の 密度
			h (mm)	(t/m ³)
3	タービン建物地下 1 階 封水回収ポンプ 室北側水密扉	鉛直部材	5050	1.03
		天井部材	2840	1.03

(2) 余震荷重 (K S d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S d による地震力及び動水圧を考慮する。余震荷重は、水密扉の設置位置における水平方向の最大応答加速度から設定する震度を用いて評価する。最大応答加速度を保守的に評価するために、最大応答加速度の抽出位置は水密扉設置階と上階の最大値とする。

強度評価に用いる震度は、材料物性の不確かさを考慮したものとして IV-2-2-7 「タービン建物の地震応答計算書」によることとし、水密扉の余震震度を表 3-3 に示す。

動水圧荷重は「水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版（公益社団法人日本水道協会）」（以下「水道施設耐震工法指針・解説」という。）に基づき、次式により算出する。この時、扉下端に作用する動水圧荷重が等分布に作用するものとして、安全側に評価する。動水圧荷重の算出結果は表 3-4 及び表 3-5 に示す。

$$P_d = \beta \cdot 7/8 \cdot \alpha_H \cdot \rho_o \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h \cdot 10^{-6}}$$

P_d : 扉下端に作用する動水圧荷重 (kN/m²)

β : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (1.0)

α_H : 水平方向の余震震度

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 浸水深さ (mm)

h : 水圧作用高さ (mm)

表 3-3 余震震度

建物	設置場所	弾性設計用地震動 Sd の余震震度	
		水平 α_H	鉛直 α_V
タービン建物	EL 0.25m	0.60	0.32
	EL 2.0m		

表 3-4 動水圧荷重の算出結果（水密扉）

水密扉 No.	扉名称	浸水深さ	水圧作用高さ	動水圧荷重
		H (mm)	h (mm)	(kN/m ²)
1	タービン建物地下 1 階 復水系配管室北側水密扉	3300	3300	17.50
2	タービン建物地下 1 階 復水系配管室南側水密扉	3300	3300	17.50
3	タービン建物地下 1 階 封水回収ポンプ室北側水密扉	5050	5050	26.78

表 3-5 動水圧荷重の算出結果（パネル部）

水密扉 No.	扉名称	部位	浸水深さ	水圧作用高さ	動水圧荷重
			H (mm)	h (mm)	(kN/m ²)
3	タービン建物地下 1 階 封水回収ポンプ室北側水密扉	鉛直部材	5050	5050	26.78
		天井部材	5050	2840	20.08

3.1.2.2 荷重の組合せ

水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せは，VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h + K S d$$

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

$K S d$: 余震荷重 (kN/m²)

3.1.3 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.1.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえ設定する。

3.1.3.1 使用材料

水密扉を構成する、扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトの使用材料を表 3-6 に示す。

また、パネル部を構成するパネル板、柱、梁、パネル芯材及びアンカーボルトの使用材料を表 3-7 に示す。

表 3-6 扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトの使用材料

評価対象部位	材質	仕様
扉板	SS400	PL-16, PL-50
芯材	SS400	[-150×75×6.5×10 [-250×90×11×14.5
カンヌキ	SUS304	80 φ
アンカーボルト	SS400	M16, M20

表 3-7 パネル板、柱、梁、パネル芯材及びアンカーボルトの使用材料

評価対象部位	材質	仕様
パネル板	SS400	PL-16
柱	SS400	BH-300×200×16×22 H-300×300×10×15 [-300×90×9×13
梁	SS400	H-300×300×10×15 [-300×90×9×13
パネル芯材	SS400	[-300×90×9×13(mm)
アンカーボルト	SS400	M16, M24

3.1.3.2 許容限界

(1) 鋼材

鋼材の許容限界は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）」（以下「S規準」という。）を踏まえて表 3-8 の値とする。

表 3-8 (1) 鋼材の許容限界（水密扉）

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	曲げ	せん断
SS400 (t ≤ 40) *	235	135
SS400 (40 < t ≤ 100) *	215	124
SUS304	205	118

注記*： t は板厚を示す。

表 3-8 (2) 鋼材の許容限界（パネル部）

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)			
	引張	圧縮* ²	曲げ* ²	せん断
SS400 (t ≤ 40) * ¹	235	235	235	135

注記*1： t は板厚を示す。

*2：上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

(2) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「3.1.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」（以下「各種合成構造設計指針・同解説」という。）に基づき算定した，表 3-9 の値とする。

なお，評価対象部位のアンカーボルトが引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる耐力および付着力により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，評価対象部位のアンカーボルトがせん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力，定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる耐力及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 3-9 アンカーボルトの許容限界の算定値

水密扉 No.	扉名称	許容耐力 (kN/本)	
		引張	せん断
1	タービン建物地下 1 階 復水系配管室北側水密扉	29	25
2	タービン建物地下 1 階 復水系配管室南側水密扉	31	36
3	タービン建物地下 1 階 封水回収ポンプ室北側水密扉	29	25

3.1.4 評価方法

水密扉及びパネル部の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している評価式を用いる。

3.1.4.1 応力算定

(1) 水密扉

a. 扉板

扉板に生じる応力は、等分布荷重を受ける四辺固定の矩形版として算定する。この時、扉下端に作用する静水压荷重及び動水压荷重が等分布に作用するものとして、安全側に評価する。扉板に作用する荷重の例を図 3-4 に示す。

$$M_1 = w_1 \cdot L_{11} \cdot 10^{-3} \cdot (L_{12} \cdot 10^{-3})^2 / 12$$

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m/m)

$$w_1 = P_h + P_d + S_{d1}$$

w_1 : 扉板に作用する等分布荷重 (kN/m²)

L_{11} : 扉板の長辺長さ (mm)

L_{12} : 扉板の短辺長さ (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水压荷重 (kN/m²)

P_d : 扉下端に作用する動水压荷重 (kN/m²)

$$S_{d1} = t \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_H \cdot \rho_s \cdot g$$

S_{d1} : 扉板に生じる余震による地震荷重 (kN/m²)

α_H : 水平方向の設計震度

t : 扉板の厚さ (mm)

ρ_s : 扉板の密度 (t/m³)

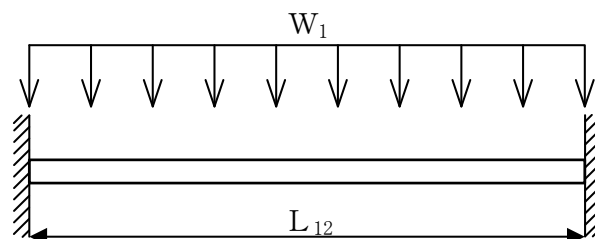


図 3-4 扉板に作用する荷重の例

b. 芯材

芯材に生じる応力は，等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として次式により算定する。なお，芯材の取付け方向は，水平・鉛直の2方向であり，両者とも扉下端に作用する動水圧荷重と静水圧荷重を加えた水圧に，芯材の支配幅（＝間隔）を乗じた荷重及び余震による地震荷重が芯材に等分布に作用するものとして安全側に評価する。芯材に作用する荷重の例を図3-5に示す。

$$M_2 = w_2 \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

M_2 : 芯材の曲げモーメント (kN・m)

$$Q_2 = w_2 \cdot L_2 \cdot 10^{-3} / 2$$

Q_2 : 芯材のせん断力 (kN)

$$w_2 = (P_h + P_d) \cdot b_2 \cdot 10^{-3} + S_{d2}$$

$$S_{d2} = (\rho_s \cdot b_2 \cdot t \cdot 10^{-6} + m_2 \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g$$

w_2 : 芯材に作用する等分布荷重 (kN/m)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

P_d : 扉下端に作用する動水圧荷重 (kN/m²)

b_2 : 芯材に作用する荷重の負担幅 (mm)

S_{d2} : 芯材に生じる余震による地震荷重 (kN/m)

ρ_s : 扉板の密度 (t/m³)

t : 扉板の厚さ (mm)

m_2 : 芯材の質量分布 (kg/m)

α_H : 水平方向の設計震度

g : 重力加速度 (m/s²)

L_2 : 芯材の支持スパン (mm)

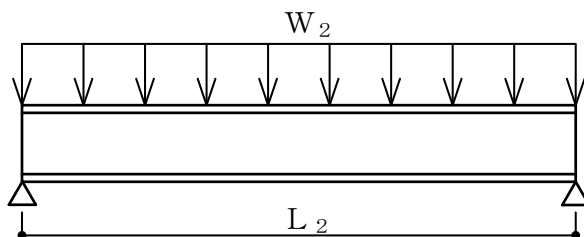


図3-5 芯材に作用する荷重の例

c. カンヌキ

カンヌキに生じる応力は次式により算定する。カンヌキは、静水圧荷重、動水圧荷重及び扉重量による余震荷重を均等に負担するとして算定する。カンヌキに作用する荷重の例を図 3-6 に示す。

$$R_3 = ((P_h + P_d) \cdot L_L \cdot L_S \cdot 10^{-6} + W_D \cdot \alpha_H) / n_3$$

R_3 : カンヌキに生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力 (kN/本)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

P_d : 扉下端に作用する動水圧荷重 (kN/m²)

L_L : 躯体開口部の高さ (mm)

L_S : 躯体開口部の幅 (mm)

W_D : 扉重量 (kN)

α_H : 水平方向の設計震度

n_3 : カンヌキの本数 (本)

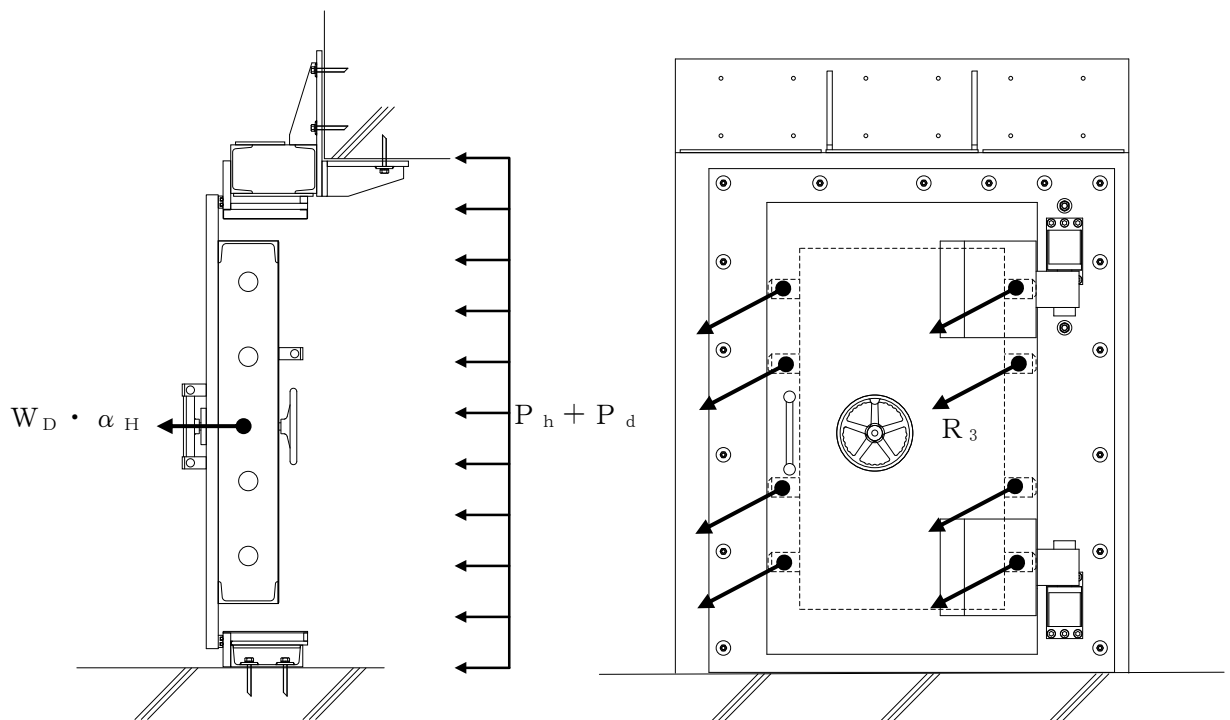


図 3-6 カンヌキに作用する荷重の例

(a) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は，片持ち梁として次式により算定する。カンヌキに生じる荷重の例を図 3-7 に示す。

$$M_3 = R_3 \cdot L_3 \cdot 10^{-3}$$

M_3 : カンヌキの曲げモーメント (kN・m)

R_3 : カンヌキに生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力
(kN/本)

L_3 : カンヌキの突出長さ (mm)

$$Q_3 = R_3$$

Q_3 : カンヌキのせん断力 (kN)

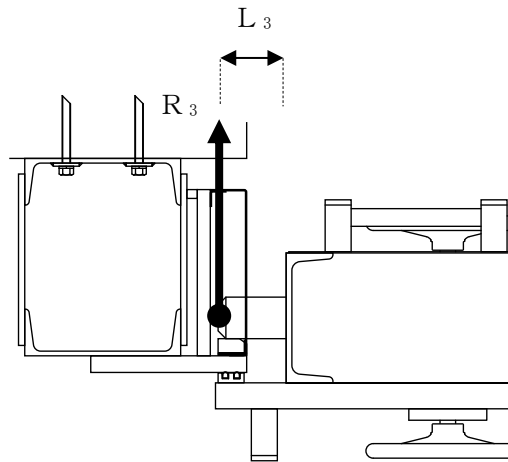


図 3-7 カンヌキに生じる荷重の例

d. アンカーボルト

アンカーボルトに生じる応力は、静水圧荷重に余震荷重を加えた荷重を左右もしくは上下に配置されたアンカーボルトに分配する。アンカーボルトに生じる荷重の例を図 3-8 に示す。

$$Q_4 = T_4 = R_4 / 2$$

$$Q_{4A} = Q_4 / n_{41}$$

$$T_{4A} = T_4 / n_{42}$$

Q_4 : 上下又は左右の 2 辺のうち、1 辺のアンカーボルトが負担するせん断力 (kN)

Q_{4A} : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

T_4 : 上下又は左右の 2 辺のうち、1 辺のアンカーボルトが負担する引張力 (kN)

T_{4A} : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

$$R_4 = (P_h + P_d) \cdot L_L \cdot L_S \cdot 10^{-6} + (W_D + W_{DW}) \cdot \alpha_H$$

R_4 : アンカーボルトに生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力 (kN)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

P_d : 扉下端に作用する動水圧荷重 (kN/m²)

L_L : 躯体開口部の高さ (mm)

L_S : 躯体開口部の幅 (mm)

W_D : 扉重量 (kN)

W_{DW} : 扉枠重量 (kN)

α_H : 水平方向の設計震度

n_{41} : せん断力を負担する 1 辺のアンカーボルトの本数 (本)

n_{42} : 引張力を負担する 1 辺のアンカーボルトの本数 (本)

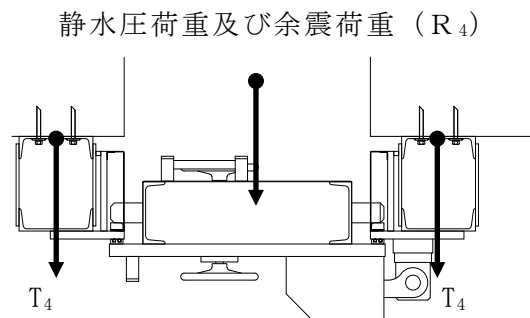


図 3-8 アンカーボルトに生じる荷重の例

(2) パネル部

a. パネル板

パネル板に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として次式により算定する。パネル板に作用する荷重の例を図 3-9 示す。

$$M_1 = (G_1 \cdot \alpha_H + P_h + P_d) \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

M_1 : パネル板の曲げモーメント (kN・m/m)

G_1 : パネル板の自重 (kN/m²)

α_H : 水平方向の設計震度

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

P_d : 扉下端に作用する動水圧荷重 (kN/m²)

L_1 : パネル板の短辺長さ (mm)

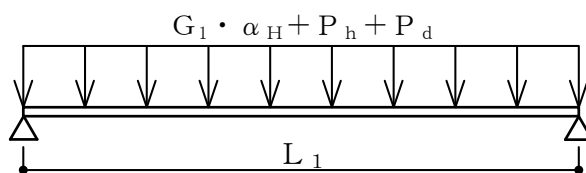


図 3-9 パネル板に作用する荷重の例

b. パネル芯材

パネル芯材に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として算定する。パネル芯材に作用する荷重の例を図 3-10 に示す。

$$M_2 = \{G_2 \cdot \alpha_H + (P_h + P_d) \cdot b_2 \cdot 10^{-3}\} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$Q_2 = \{G_2 \cdot \alpha_H + (P_h + P_d) \cdot b_2 \cdot 10^{-3}\} \cdot L_2 \cdot 10^{-3} / 2$$

M_2 : パネル芯材の曲げモーメント (kN・m)

Q_2 : パネル芯材のせん断力 (kN)

G_2 : パネル芯材の自重 (kN/m)

α_H : 水平方向の設計震度

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

P_d : 扉下端に作用する動水圧荷重 (kN/m²)

L_2 : パネル芯材の長さ (mm)

b_2 : パネル芯材の支配幅 (mm)

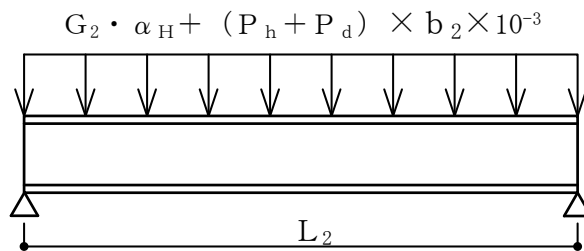


図 3-10 パネル芯材に作用する荷重の例

c. 柱、梁及びアンカーボルト

柱、梁及びアンカーボルトは、静水圧荷重及び余震に伴う荷重を受ける梁要素でモデル化し、実状に合わせて境界条件を定めた解析モデルに置き換え、柱、梁及びアンカーボルトに発生する応力を応力解析により算定し、各許容限界との比較により強度評価を行う。解析に使用するコードは、「KANSAS 2」である。なお、解析コードの検証及び妥当性の確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。パネル部の評価モデルを図 3-11 に示す。

解析に用いる部材の物性値は以下とする。

ヤング係数 : $E = 205000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

せん断弾性係数 : $G = 79000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

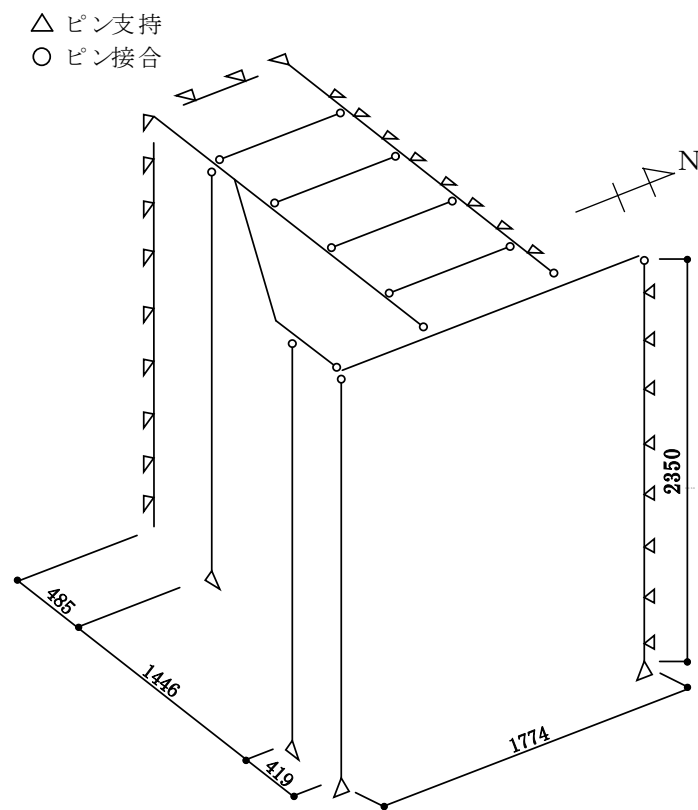


図 3-11 パネル部の評価モデル

3.1.4.2 断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力度及び荷重が，許容限界値以下であることを確認する。

(1) 水密扉

a. 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し，扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_1 = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

σ_1 : 扉板の曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m/m)

Z_1 : 扉板の断面係数 (mm³/m)

b. 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し，芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

(a) 芯材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_2 = (M_2 \cdot 10^6) / Z_2$$

σ_2 : 芯材の曲げ応力度 (N/mm²)

M_2 : 芯材の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : 芯材の断面係数 (mm³)

(b) 芯材に生じるせん断応力度

$$\tau_2 = (Q_2 \cdot 10^3) / A_2$$

τ_2 : 芯材のせん断応力度 (N/mm²)

Q_2 : 芯材のせん断力 (kN)

A_2 : 芯材のせん断断面積 (mm²)

c. カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

(a) カンヌキに生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b3} = (M_3 \cdot 10^6) / Z_3$$

σ_{b3} : カンヌキの曲げ応力度 (N/mm²)

M_3 : カンヌキの曲げモーメント (kN・m)

Z_3 : カンヌキの断面係数 (mm³)

(b) カンヌキに生じるせん断応力度

$$\tau_3 = (Q_3 \cdot 10^3) / A_3$$

τ_3 : カンヌキのせん断応力度 (N/mm²)

Q_3 : カンヌキのせん断力 (kN)

A_3 : カンヌキのせん断断面積 (mm²)

(c) カンヌキに生じる組合せ応力度

カンヌキに生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma_{b3}^2 + 3 \cdot \tau_3^2} \leq {}_s f_{t3}$$

σ_{b3} : カンヌキの曲げ応力度 (N/mm²)

τ_3 : カンヌキのせん断応力度 (N/mm²)

${}_s f_{t3}$: カンヌキの短期許容引張応力度 (N/mm²)

d. アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力が、「各種合成構造設計指針」に基づき算定したアンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。

$$Q_{4A} / Q_{4B} \leq 1.0$$

Q_{4A} : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_{4B} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

$$T_{4A} / T_{4B} \leq 1.0$$

T_{4A} : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_{4B} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

(2) パネル部

a. パネル板

パネル板に生じる曲げ応力度を算定し、パネル板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_{b1} = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

σ_{b1} : パネル板の曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : パネル板の曲げモーメント (kN・m/m)

Z_1 : パネル板の断面係数 (mm³/m)

b. パネル芯材

パネル芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、パネル芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

(a) パネル芯材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b2} = (M_2 \cdot 10^6) / Z_2$$

σ_{b2} : パネル芯材の曲げ応力度 (N/mm²)

M_2 : パネル芯材の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : パネル芯材の断面係数 (mm³)

(b) パネル芯材に生じるせん断応力度

$$\tau_2 = (Q_2 \cdot 10^3) / A_2$$

τ_2 : パネル芯材のせん断応力度 (N/mm²)

Q_2 : パネル芯材のせん断力 (kN)

A_2 : パネル芯材のせん断断面積 (mm²)

c. 柱

柱に生じる曲げ応力度，せん断応力度及び軸応力度を算定し，柱の短期許容応力度以下であることを確認する。

(a) 柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b x 3} = (M_{x 3} \cdot 10^6) / Z_{x 3}$$

$$\sigma_{b y 3} = (M_{y 3} \cdot 10^6) / Z_{y 3}$$

$\sigma_{b x 3}$: 柱の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{b y 3}$: 柱の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{x 3}$: 柱の強軸回りの曲げモーメント (kN・m)

$M_{y 3}$: 柱の弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

$Z_{x 3}$: 柱の強軸回りの断面係数 (mm³)

$Z_{y 3}$: 柱の弱軸回りの断面係数 (mm³)

(b) 柱に生じるせん断応力度

$$\tau_{x 3} = (Q_{x 3} \cdot 10^3) / A_{S x 3}$$

$$\tau_{y 3} = (Q_{y 3} \cdot 10^3) / A_{S y 3}$$

$\tau_{x 3}$: 柱の強軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

$\tau_{y 3}$: 柱の弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

$Q_{x 3}$: 柱の強軸方向のせん断力 (kN)

$Q_{y 3}$: 柱の弱軸方向のせん断力 (kN)

$A_{S x 3}$: 柱の強軸方向のせん断断面積 (mm²)

$A_{S y 3}$: 柱の弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

(c) 柱に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)3} = (N_{c(t)3} \cdot 10^3) / A_{g3}$$

$\sigma_{c(t)3}$: 柱の軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t)3}$: 柱の圧縮又は引張軸力 (kN)

A_{g3} : 柱の断面積 (mm²)

(d) 柱に生じる組合せ応力度

柱に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{bx3}/s f_{bx3} + \sigma_{by3}/s f_{by3} + \sigma_{c(t)3}/s f_{c(t)3} \leq 1.0$$

σ_{bx3} : 柱の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{bx3}$: 柱の強軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

σ_{by3} : 柱の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{by3}$: 柱の弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)3}$: 柱の軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)3}$: 柱の短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

柱に生じる曲げ応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx3} + \sigma_{by3} + \sigma_{c(t)3})^2 + 3\tau_3^2} \leq s f_{t3}$$

σ_{bx3} : 柱の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

σ_{by3} : 柱の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)3}$: 柱の軸応力度 (N/mm²)

τ_3 : 柱のせん断応力度 ($\max(\tau_{x3}, \tau_{y3})$) (N/mm²)

$s f_{t3}$: 柱の短期許容引張応力度 (N/mm²)

d. 梁

梁に生じる曲げ応力度，せん断応力度及び軸応力度を算定し，梁の短期許容応力度以下であることを確認する。

(a) 梁に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b x 4} = (M_{x 4} \cdot 10^6) / Z_{x 4}$$

$$\sigma_{b y 4} = (M_{y 4} \cdot 10^6) / Z_{y 4}$$

$\sigma_{b x 4}$: 梁の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{b y 4}$: 梁の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{x 4}$: 梁の強軸回りの曲げモーメント (kN・m)

$M_{y 4}$: 梁の弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

$Z_{x 4}$: 梁の強軸回りの断面係数 (mm³)

$Z_{y 4}$: 梁の弱軸回りの断面係数 (mm³)

(b) 梁に生じるせん断応力度

$$\tau_{x 4} = (Q_{x 4} \cdot 10^3) / A_{S x 4}$$

$$\tau_{y 4} = (Q_{y 4} \cdot 10^3) / A_{S y 4}$$

$\tau_{x 4}$: 梁の強軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

$\tau_{y 4}$: 梁の弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

$Q_{x 4}$: 梁の強軸方向のせん断力 (kN)

$Q_{y 4}$: 梁の弱軸方向のせん断力 (kN)

$A_{S x 4}$: 梁の強軸方向のせん断断面積 (mm²)

$A_{S y 4}$: 梁の弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

(c) 梁に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)4} = (N_{c(t)4} \cdot 10^3) / A_{g4}$$

$\sigma_{c(t)4}$: 梁の軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t)4}$: 梁の圧縮又は引張軸力 (kN)

A_{g4} : 梁の断面積 (mm²)

(d) 梁に生じる組合せ応力度

梁に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{bx4}/s f_{bx4} + \sigma_{by4}/s f_{by4} + \sigma_{c(t)4}/s f_{c(t)4} \leq 1.0$$

σ_{bx4} : 梁の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{bx4}$: 梁の強軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

σ_{by4} : 梁の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{by4}$: 梁の弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 梁の軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)4}$: 梁の短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

梁に生じる曲げ応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx4} + \sigma_{by4} + \sigma_{c(t)4})^2 + 3\tau_4^2} \leq s f_{t4}$$

σ_{bx4} : 梁の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

σ_{by4} : 梁の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 梁の軸応力度 (N/mm²)

τ_4 : 梁のせん断応力度 ($\max(\tau_{x4}, \tau_{y4})$) (N/mm²)

$s f_{t4}$: 梁の短期許容引張応力度 (N/mm²)

e. アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力は，応力解析により求めた支点反力を用いて算定し，「各種合成構造設計指針」に基づき算定したアンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。

$$(Q_{5A}/Q_{5B})^2 + (T_{5A}/T_{5B})^2 \leq 1$$

$$Q_{5A}/Q_{5B} \leq 1.0$$

Q_{5A} : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_{5B} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

$$T_{5A}/T_{5B} \leq 1.0$$

T_{5A} : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_{5B} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

3.1.5 評価条件

「3.1.4 評価方法」に用いる評価条件を表 3-10 及び表 3-11 に示す。

表 3-10(1) 強度評価に用いる条件 (水密扉)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				1
共通	h	mm	水圧作用高さ	3300
	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	α_H	—	水平方向の設計震度	0.60
	P_h	kN/m ²	扉下端に作用する静水圧荷重	33.33
	P_d	kN/m ²	扉下端に作用する動水圧荷重	17.50
扉板	L_{11}	mm	扉板の長辺長さ	1871
	L_{12}	mm	扉板の短辺長さ	1120
	S_{d1}	kN/m ²	扉板に生じる余震による地震荷重	2.309
	t	mm	扉の厚さ	50
	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0
	ρ_s	t/m ³	扉板の密度	7.85
	Z_1	mm ³ /m	扉板の断面係数	779600
芯材	S_{d2}	kN/m	芯材に生じる余震による地震荷重	1.530
	b_2	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	560
	m_2	kg/m	芯材の質量分布	40.2
	L_2	mm	芯材の支持スパン	1871
	Z_2	mm ³	芯材の断面係数	374000
	A_2	mm ²	芯材のせん断断面積	2431
カンヌキ	L_L	mm	躯体開口部の高さ	2100
	L_S	mm	躯体開口部の幅	1000
	W_D	kN	扉重量	15.69
	n_3	本	カンヌキの本数	8
	L_3	mm	カンヌキの突出長さ	131
	Z_3	mm ³	カンヌキの断面係数	50270
	A_3	mm ²	カンヌキのせん断断面積	5027
アンカー ボルト	W_{DW}	kN	扉枠重量	6.938
	n_{41}	本	せん断力を負担する 1 辺のアンカーボルトの本数	—
	n_{42}	本	引張力を負担する 1 辺のアンカーボルトの本数	12

表 3-10(2) 強度評価に用いる条件（水密扉）

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				2
共通	h	mm	水圧作用高さ	3300
	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	α_H	—	水平方向の設計震度	0.60
	P _h	kN/m ²	扉下端に作用する静水圧荷重	33.33
	P _d	kN/m ²	扉下端に作用する動水圧荷重	17.50
扉板	L ₁₁	mm	扉板の長辺長さ	870
	L ₁₂	mm	扉板の短辺長さ	604
	S _{d1}	kN/m ²	扉板に生じる余震による地震荷重	0.7390
	t	mm	扉の厚さ	16
	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0
	ρ_s	t/m ³	扉板の密度	7.85
	Z ₁	mm ³ /m	扉板の断面係数	37120
芯材	S _{d2}	kN/m	芯材に生じる余震による地震荷重	0.4934
	b ₂	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	519.5
	m ₂	kg/m	芯材の質量分布	18.6
	L ₂	mm	芯材の支持スパン	870
	Z ₂	mm ³	芯材の断面係数	115000
	A ₂	mm ²	芯材のせん断断面積	845
カンヌキ	n ₃	本	カンヌキの本数	—
	L ₃	mm	カンヌキの突出長さ	—
	Z ₃	mm ³	カンヌキの断面係数	—
	A ₃	mm ²	カンヌキのせん断断面積	—
アンカー ボルト	L _L	mm	躯体開口部の高さ	2250
	L _S	mm	躯体開口部の幅	1000
	W _D	kN	扉重量	7.355
	W _{DW}	kN	扉枠重量	5.495
	n ₄₁	本	せん断力を負担する1辺のアンカーボルトの本数	16
	n ₄₂	本	引張力を負担する1辺のアンカーボルトの本数	—

表 3-10(3) 強度評価に用いる条件 (水密扉)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				3
共通	h	mm	水圧作用高さ	5050
	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	α_H	—	水平方向の設計震度	0.60
	P _h	kN/m ²	扉下端に作用する静水圧荷重	51.01
	P _d	kN/m ²	扉下端に作用する動水圧荷重	26.78
扉板	L ₁₁	mm	扉板の長辺長さ	2136
	L ₁₂	mm	扉板の短辺長さ	1320
	S _{d1}	kN/m ²	扉板に生じる余震による地震荷重	2.309
	t	mm	扉の厚さ	50
	β	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1.0
	ρ_s	t/m ³	扉板の密度	7.85
	Z ₁	mm ³ /m	扉板の断面係数	890000
芯材	S _{d2}	kN/m	芯材に生じる余震による地震荷重	1.761
	b ₂	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	660
	m ₂	kg/m	芯材の質量分布	40.2
	L ₂	mm	芯材の支持スパン	2136
	Z ₂	mm ³	芯材の断面係数	374000
	A ₂	mm ²	芯材のせん断断面積	2431
カンヌキ	L _L	mm	躯体開口部の高さ	2136
	L _S	mm	躯体開口部の幅	1320
	W _D	kN	扉重量	17.65
	n ₃	本	カンヌキの本数	8
	L ₃	mm	カンヌキの突出長さ	131
	Z ₃	mm ³	カンヌキの断面係数	50270
	A ₃	mm ²	カンヌキのせん断断面積	5027
アンカー ボルト	W _{DW}	kN	扉枠重量	—
	n ₄₁	本	せん断力を負担する1辺のアンカーボルトの本数	—
	n ₄₂	本	引張力を負担する1辺のアンカーボルトの本数	—

表 3-11 強度評価に用いる条件 (パネル部)

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				3
共通	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	α_H	—	水平方向の設計震度	0.6
パネル板	G_1	kN/m ²	パネル板の自重	1.232
	L_1	mm	パネル板の短辺長さ	649
	Z_1	mm ³ /m	パネル板の断面係数	42670
パネル 芯材	G_2	kN/m	パネル芯材の自重	0.944
	L_2	mm	パネル芯材の長さ	1253
	b_2	mm	パネル芯材の支配幅	463
	Z_2	mm ³	パネル芯材の断面係数	429000
	A_2	mm ²	パネル芯材のせん断断面積	2466
柱	M_{x3}	kN・m	柱の強軸回りの曲げモーメント	33.39
	M_{y3}	kN・m	柱の弱軸回りの曲げモーメント	27.73
	Z_{x3}	mm ³	柱の強軸回りの断面係数	1350000
	Z_{y3}	mm ³	柱の弱軸回りの断面係数	450000
	Q_{x3}	kN	柱の強軸方向のせん断力	33.26
	Q_{y3}	kN	柱の弱軸方向のせん断力	27.62
	A_{Sx3}	mm ²	柱の強軸方向のせん断断面積	2700
	A_{Sy3}	mm ²	柱の弱軸方向のせん断断面積	9000
	$N_{c(t)3}$	kN	柱の圧縮又は引張軸力	3.6
	A_{g3}	mm ²	柱の断面積	11800
梁	M_{x4}	kN・m	梁の強軸回りの曲げモーメント	15.82
	M_{y4}	kN・m	梁の弱軸回りの曲げモーメント	6.67
	Z_{x4}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数	1350000
	Z_{y4}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数	450000
	Q_{x4}	kN	梁の強軸方向のせん断力	95.59
	Q_{y4}	kN	梁の弱軸方向のせん断力	36.90
	A_{Sx4}	mm ²	梁の強軸方向のせん断断面積	2700
	A_{Sy4}	mm ²	梁の弱軸方向のせん断断面積	9000
	$N_{c(t)4}$	kN	梁の圧縮又は引張軸力	0.2
	A_{g4}	mm ²	梁の断面積	11800
アンカー ボルト	Q_{5A}	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力	10
	T_{5A}	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力	20

3.2 取水槽除じん機エリア水密扉（東），（西）（水密扉 No. 4, No. 5）

3.2.1 評価対象部位

水密扉の評価対象部位は「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

取水槽内側から生じる静水圧荷重に伴う荷重は，扉板から水密扉戸当り用支柱，水平材及び外部縦柱に伝わり，水密扉戸当り用支柱を固定するアンカーボルトを介し，取水槽躯体に伝達されることから，評価対象部位は扉板，水密扉戸当り用支柱，水平材，外部縦柱及びアンカーボルトとする。

取水槽除じん機エリア水密扉（東）は取水槽除じん機エリア水密扉（西）と同様の構造であるが，扉の横幅が広いことを踏まえ，取水槽除じん機エリア水密扉（東）を代表として評価する。

水密扉閉止時に水密扉に作用する荷重の例を図 3-12 に示す。

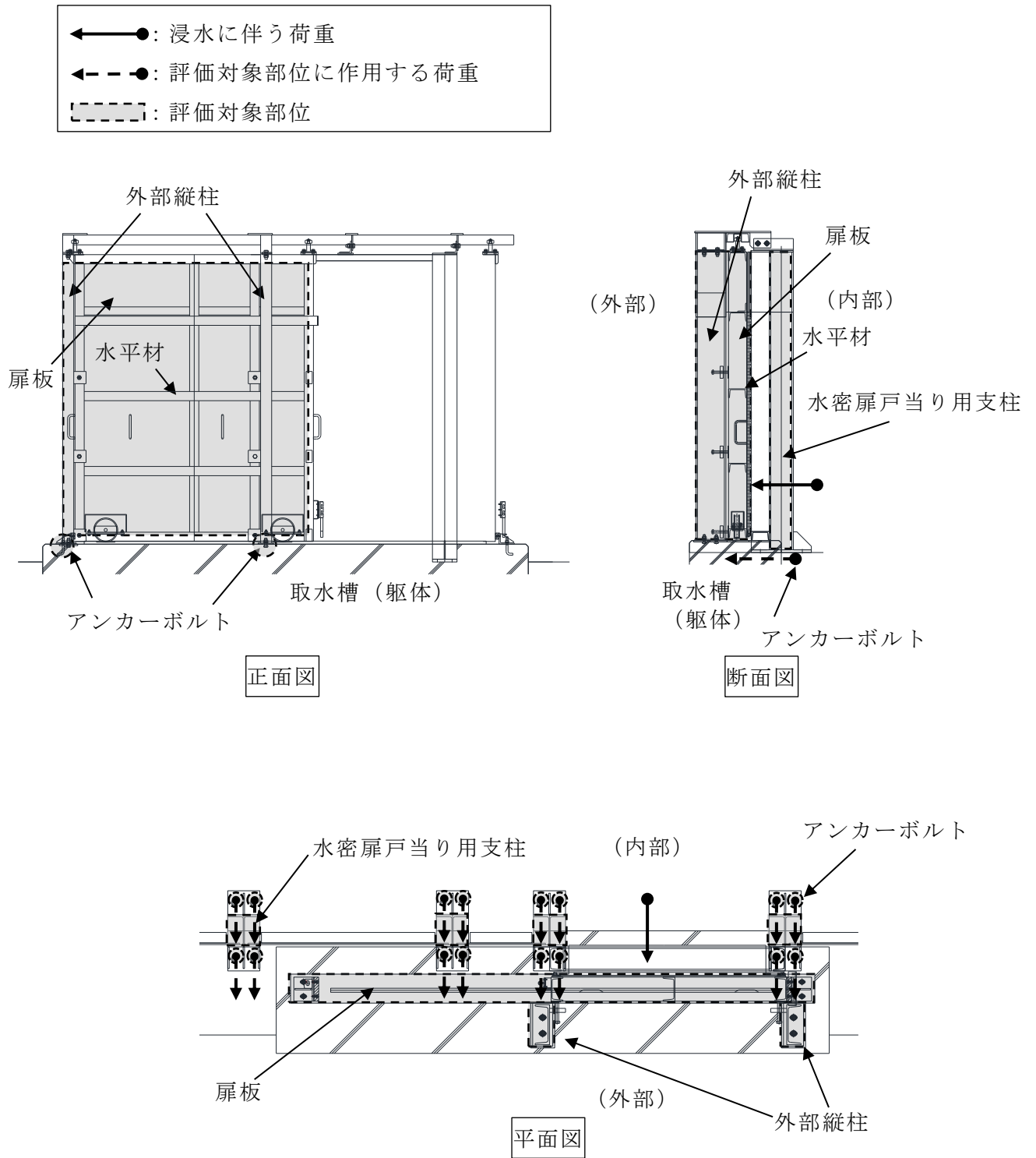


図 3-12 水密扉に作用する荷重の作用図 (水密扉閉止時)
取水槽除じん機エリア水密扉 (東)

3.2.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは，VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「3.1 荷重の組合せ」にて示している荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.2.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 静水圧荷重 (P_h)

浸水に伴う静水圧荷重を考慮する。静水圧荷重は，評価対象部位周辺の水の密度に扉下端の浸水深さを考慮した水圧作用高さを乗じた次式により算出する。静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 3-12 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h_h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h_h : 水圧作用高さ (mm)

表 3-12 水圧作用高さ及び水の密度

水圧作用高さ h_h (mm)	水の密度 ρ_o (t/m ³)
2500	1.03

(2) 風荷重 (P_k)

風速 30m/s 時の風圧力の荷重を考慮する。風荷重は，評価対象部位周辺の風圧力に当該部分の風荷重作用高さを乗じた次式により算出する。

$$P_k = w \cdot h_k \cdot 10^{-3}$$

P_k : 風荷重 (kN/m)

w : 風圧力 (kN/m²)

h_k : 風荷重作用高さ (mm)

該当水密扉は扉天端まで浸水するため、風荷重を考慮しない。
 風荷重の算定に用いる風荷重作用高さ及び風圧力を表 3-13 に示す。

表 3-13 風荷重作用高さ及び風圧力

設備名称	風荷重作用高さ h_k (mm)	風圧力 w (kN/m ²)
取水槽除じん機エリア 水密扉 (東)	0	1.71

3.2.2.2 荷重の組合せ

水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h + P_k$$

P_h : 静水圧荷重

P_k : 風荷重

3.2.3 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.2.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえ設定する。

3.2.3.1 使用材料

水密扉を構成する扉板、水密扉戸当り用支柱、水平材、外部縦柱及びアンカーボルトの使用材料を表 3-14 に示す。

表 3-14 水密扉の使用材料

評価対象部位	材質	仕様
扉板	SS400	PL-9
水密扉戸当り用支柱	SS400	H-200×200×8×12
水平材	SS400	[-150×75×6.5×10
外部縦柱	SS400	[-250×90×9×13
アンカーボルト	SUS304	M24

3.2.3.2 許容限界

(1) 鋼材

鋼材の許容限界は、「S基準」を踏まえて表3-15の値とする。

表3-15 鋼材の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)		
	引張	曲げ	せん断
SS400 (t ≤ 40) *	235	235	135

注記* : t は板厚を示す。

(2) アンカーボルトの許容限界の算定値

アンカーボルトの許容限界は、「3.2.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算出した表3-16の値とする。

なお、評価対象部位のアンカーボルトが引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、評価対象部位のアンカーボルトがせん断力を受ける場合においては、アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力、定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる耐力及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表3-16 アンカーボルトの許容限界の算定値

材質	許容耐力 (kN/本)	
	引張	せん断
アンカーボルト (SUS304)	90	51

3.2.4 評価方法

水密扉の強度評価式は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している評価式を用いる。

3.2.4.1 応力算定

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、水平材を支点とした単純支持梁として算定する。この時、実際に作用する静水圧荷重は台形分布であるが、扉板の支配幅中心の静水圧が等分布に作用するものとして評価する。扉板の支配幅中心の静水圧が等分布に作用する荷重の例を図3-13に示す。

$$M_1 = 1/8 \cdot P_1 \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2$$

$$S_1 = 1/2 \cdot P_1 \cdot L_1 \cdot 10^{-3}$$

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m)

S_1 : 扉板のせん断力 (kN)

$$P_1 = P_{h1} + P_{k1}$$

P_1 : 静水圧荷重及び風荷重を考慮した荷重 (kN/m)

P_{h1} : 扉板に作用する静水圧荷重 (kN/m)

P_{k1} : 扉板に作用する風荷重 (kN/m)

L_1 : 扉板の長さ (mm)

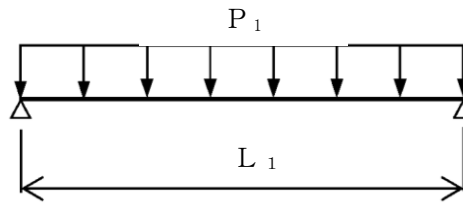
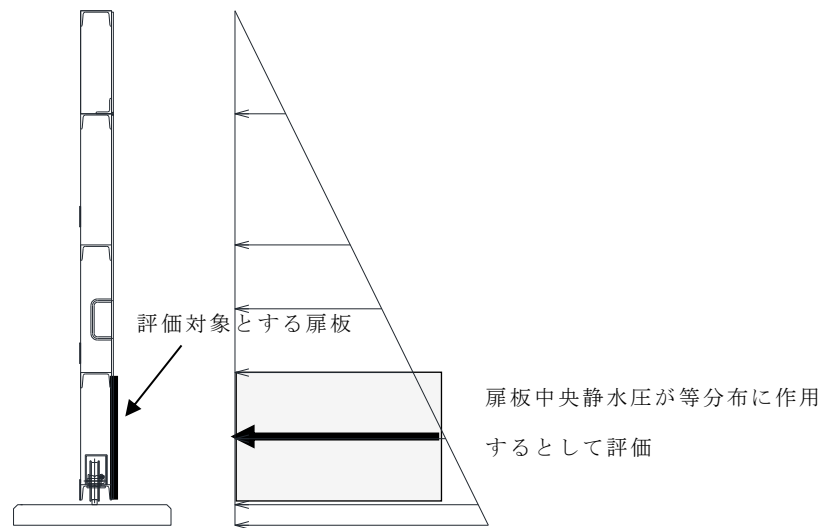


図 3-13 扉板に生じる荷重の例
取水槽除じん機エリア水密扉（東）

(2) 水密扉戸当り用支柱

水密扉戸当り用支柱に生じる応力は、床面を固定端とする片持ち梁として計算する。なお静水圧荷重は三角形分布に作用するものとし、風荷重は等分布に作用するものとして評価する。水密扉戸当り用支柱に作用する荷重の例を図 3-14 に示す。

$$M_2 = P_{k2} \cdot L_2 \cdot L_3 \cdot 10^{-6}$$

$$S_2 = P_{k2} \cdot L_2 \cdot 10^{-3}$$

M_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重による曲げモーメント
($\text{kN} \cdot \text{m}$)

S_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重によるせん断力 (kN)

P_{k2} : 水密扉戸当り用支柱に作用する風荷重 (kN/m)

L_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重作用高さ (mm)

L_3 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重を集中荷重にした時の作用位置
(mm)

$$M_3 = 1/6 \cdot P_{h3} \cdot h_{h3}^2 \cdot 10^{-6}$$

$$S_3 = 1/2 \cdot P_{h3} \cdot L_4 \cdot 10^{-3}$$

M_3 : 水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重による曲げモーメント
(kN・m)

S_3 : 水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重によるせん断力 (kN)

P_{h3} : 水密扉戸当り用支柱に作用する静水圧荷重 (kN/m)

h_{h3} : 水密扉戸当り用支柱の静水圧作用高さ (mm)

L_4 : 水密扉戸当り用支柱の部材長 (mm)

$$M_4 = M_2 + M_3$$

$$S_4 = S_2 + S_3$$

M_4 : 水密扉戸当り用支柱の曲げモーメント (kN・m)

S_4 : 水密扉戸当り用支柱のせん断力 (kN)

M_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重による曲げモーメント (kN・m)

M_3 : 水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重による曲げモーメント
(kN・m)

S_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重によるせん断力 (kN)

S_3 : 水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重によるせん断力 (kN)

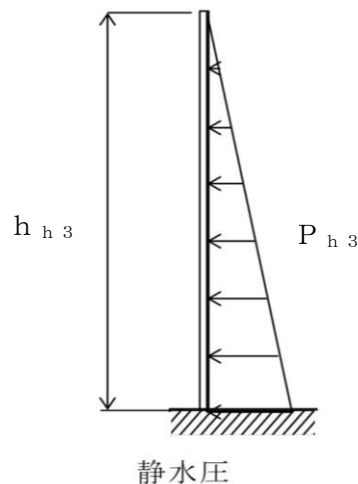


図 3-14 水密扉戸当り用支柱に作用する荷重の例

(3) 水平材

水平材の引張側は、縦枠端部を支点とする単純梁として計算する。この時、実際に作用する静水圧荷重は台形分布であるが、対象水平材位置の静水圧が等分布に作用するとして評価する。水密扉戸当り用支柱に作用する荷重の例を図3-15に示す。

$$M_5 = 1/8 \cdot P_{h5} \cdot L_5^2 \cdot 10^{-6}$$

$$S_5 = 1/2 \cdot P_{h5} \cdot L_5 \cdot 10^{-3}$$

M_5 : 水平材の曲げモーメント (kN・m)

S_5 : 水平材のせん断力 (kN)

P_{h5} : 水平材に作用する静水圧荷重 (kN/m)

L_5 : 対象水平材の長さ (mm)

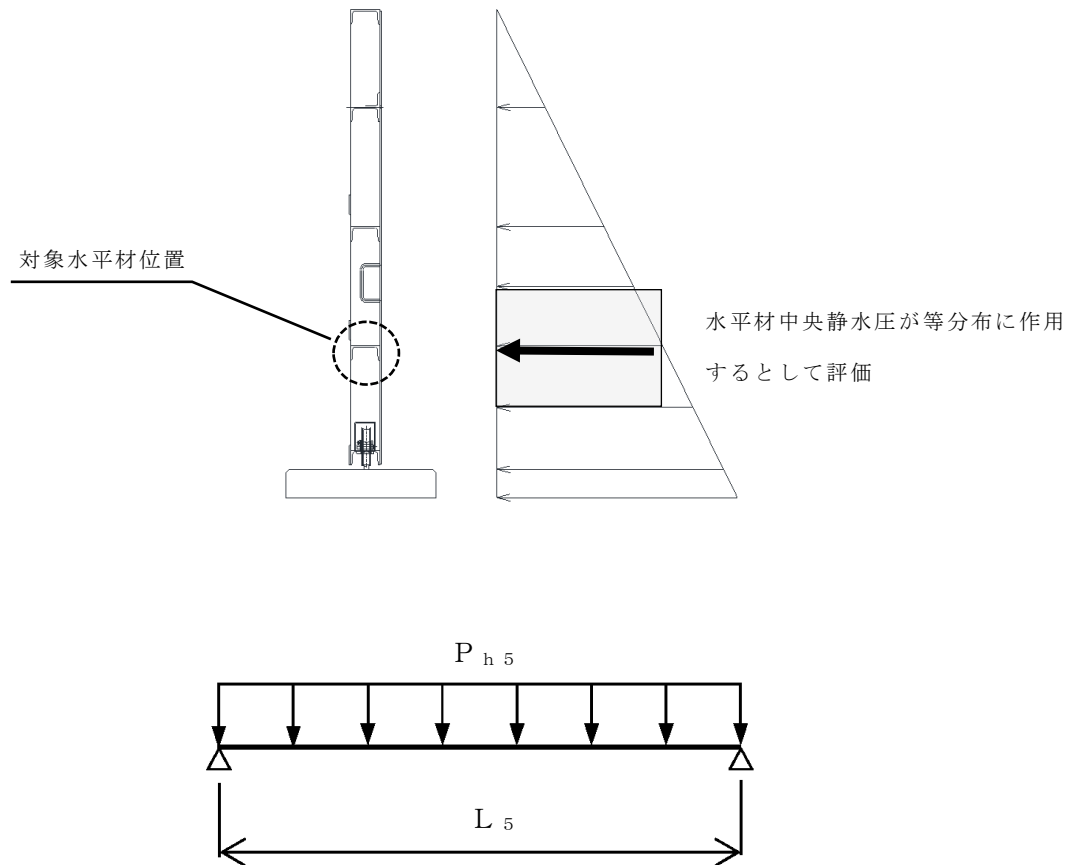


図3-15 水密扉戸当り用支柱に作用する荷重の例
取水槽除じん機エリア水密扉 (東)

(4) 外部縦柱

外部縦柱に生じる応力は、床面を固定端とする片持ち梁として計算する。
なお、静水圧荷重は三角形分布に作用するものとし、風荷重は等分布に作用するものとして評価する。外部縦柱に作用する荷重の例を図 3-16 に示す。

$$M_6 = P_{k6} \cdot L_6 \cdot L_7 \cdot 10^{-6}$$

$$S_6 = P_{k6} \cdot L_6 \cdot 10^{-3}$$

M_6 : 外部縦柱の風荷重による曲げモーメント (kN・m)

S_6 : 外部縦柱の風荷重によるせん断力 (kN)

P_{k6} : 外部縦柱に作用する風荷重 (kN/m)

L_6 : 外部縦柱の風荷重作用長 (mm)

L_7 : 外部縦柱の風荷重を集中荷重にした時の作用位置 (mm)

$$M_7 = 1/6 \cdot P_{h7} \cdot h_{h7}^2 \cdot 10^{-6}$$

$$S_7 = 1/2 \cdot P_{h7} \cdot h_{h7} \cdot 10^{-3}$$

M_7 : 外部縦柱の静水圧荷重による曲げモーメント (kN・m)

S_7 : 外部縦柱の静水圧荷重によるせん断力 (kN)

P_{h7} : 外部縦柱に作用する静水圧荷重 (kN/m)

h_{h7} : 外部縦柱の静水圧作用高さ (mm)

$$M_8 = M_6 + M_7$$

$$S_8 = S_6 + S_7$$

M_8 : 外部縦柱の曲げモーメント (kN・m)

S_8 : 外部縦柱のせん断力 (kN)

M_6 : 外部縦柱の風荷重による曲げモーメント (kN・m)

M_7 : 外部縦柱の静水圧荷重による曲げモーメント (kN・m)

S_6 : 外部縦柱の風荷重によるせん断力 (kN)

S_7 : 外部縦柱の静水圧荷重によるせん断力 (kN)

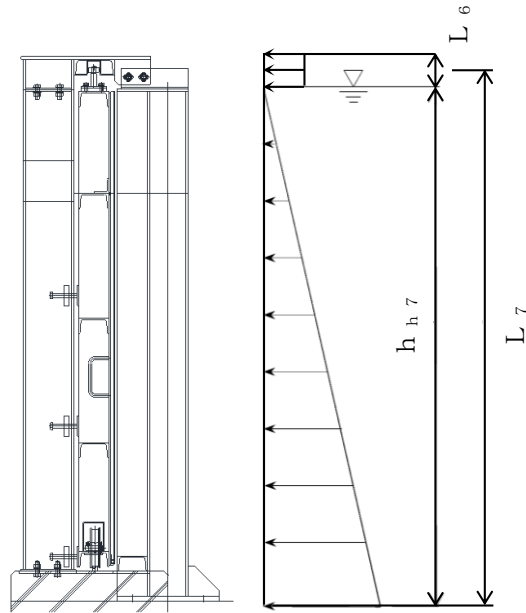


図 3-16 縦柱本体に作用する荷重の例
取水槽除じん機エリア水密扉（東）

(5) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる力は、支柱下端の断面力を基に算出する。

$$T_{A1} = V_{A1} / N_{A1} + M_{A1} \cdot x_{iA1} / \sum n \cdot x_{iA1}^2$$

$$Q_{A1} = S_{A1} / N_{A1}$$

T_{A1} : アンカーボルト 1 本当たりの引張力 (kN/本)

Q_{A1} : アンカーボルト 1 本当たりのせん断力 (kN/本)

V_{A1} : 支柱下端の鉛直荷重 (kN)

N_{A1} : アンカーボルト全本数 (本)

M_{A1} : 支柱下端の水平力による曲げモーメント (kN・m)

x_{iA1} : 偏心距離 (mm)

$\sum n \cdot x_{iA1}^2$: 2 次モーメントの合計値 (mm²)

S_{A1} : 支柱下端の水平力によるせん断力 (kN)



図 3-17 アンカーボルトに生じる荷重の例
取水槽除じん機エリア水密扉（東）

3.2.4.2 断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力度及び荷重が、許容限界値以下であることを確認する。

(1) 扉板

扉板に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 扉板に生じる曲げ応力度

$$\sigma_1 = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

σ_1 : 扉板の曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 扉板の断面係数 (mm³)

b. 扉板に生じるせん断応力度

$$\tau_1 = (S_1 \cdot 10^3) / (h_1 \cdot t_1)$$

τ_1 : 扉板のせん断応力度 (N/mm²)

S_1 : 扉板のせん断力 (kN)

h_1 : 単位幅当たり高さ (mm)

t_1 : 扉板の厚さ (mm)

(2) 水密扉戸当り用支柱

水密扉戸当り用支柱に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、水密扉戸当り用支柱の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 水密扉戸当り用支柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_4 = (M_4 \cdot 10^6) / Z_4$$

σ_4 : 水密扉戸当り用支柱の曲げ応力度 (N/mm²)

M_4 : 水密扉戸当り用支柱の曲げモーメント (kN・m)

Z_4 : 水密扉戸当り用支柱の断面係数 (mm³)

- b. 水密扉戸当り用支柱に生じるせん断応力度

$$\tau_4 = (S_4 \cdot 10^3) / (h_4 \cdot t_4)$$

τ_4 : 水密扉戸当り用支柱のせん断応力度 (N/mm²)

S_4 : 水密扉戸当り用支柱のせん断力 (kN)

h_4 : 水密扉戸当り用支柱のウェブ高 (mm)

t_4 : 水密扉戸当り用支柱のウェブ厚 (mm)

- c. 水密扉戸当り用支柱に生じる組合せ応力度

水密扉戸当り用支柱に生じる曲げ応力度とせん断応力度から，組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し，短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma_4^2 + 3 \cdot \tau_4^2} \leq f_t$$

σ_4 : 水密扉戸当り用支柱の曲げ応力度 (N/mm²)

τ_4 : 水密扉戸当り用支柱のせん断応力度 (N/mm²)

f_t : 短期許容引張応力度 (N/mm²)

- (3) 水平材

水平材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し，水平材の短期許容応力度以下であることを確認する。

- a. 水平材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_5 = (M_5 \cdot 10^6) / Z_5$$

σ_5 : 水平材の曲げ応力度 (N/mm²)

M_5 : 水平材の曲げモーメント (kN・m)

Z_5 : 水平材の断面係数 (mm³)

- b. 水平材に生じるせん断応力度

$$\tau_5 = (S_5 \cdot 10^3) / (h_5 \cdot t_5)$$

τ_5 : 水平材のせん断応力度 (N/mm²)

S_5 : 水平材のせん断力 (kN)

h_5 : 荷重負担幅 (mm)

t_5 : せん断抵抗部材の厚さ (mm)

(4) 外部縦柱

外部縦柱に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、各短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 外部縦柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_s = (M_s \cdot 10^6) / Z_s$$

σ_s : 外部縦柱の曲げ応力度 (N/mm²)

M_s : 外部縦柱の曲げモーメント (kN・m)

Z_s : 外部縦柱の断面係数 (mm³)

b. 外部縦柱に生じるせん断応力度

$$\tau_s = (S_s \cdot 10^3) / (h_s \cdot t_s)$$

τ_s : 外部縦柱のせん断応力度 (N/mm²)

S_s : 外部縦柱のせん断力 (kN)

h_s : 外部縦柱のウェブ高 (mm)

t_s : 外部縦柱のウェブ厚 (mm)

c. 外部縦柱に生じる組合せ応力度

外部縦柱に生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \leq f_t$$

σ_s : 外部縦柱の曲げ応力度 (N/mm²)

τ_s : 外部縦柱のせん断応力度 (N/mm²)

f_t : 短期許容引張応力度 (N/mm²)

(5) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力を「各種合成構造設計指針」に基づき算定し，アンカーボルトの許容荷重以下であることを確認する。

$$(T_{A1}/T_a)^2 + (Q_{A1}/Q_a)^2 \leq 1$$

$$T_{A1}/T_a \leq 1.0$$

$$Q_{A1}/Q_a \leq 1.0$$

T_{A1} : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

Q_{A1} : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

3.2.5 評価条件

「3.2.4 評価方法」に用いる評価条件を表3-17に示す。

表3-17(1) 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				4
共通	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	h_h	mm	水圧作用高さ	2500
	w	kN/m ²	風圧力	1.71
	h_k	mm	風荷重作用高さ	0.00
扉板	P_{h1}	kN/m	扉板に作用する 静水圧荷重	20.48
	P_{k1}	kN/m	扉板に作用する風荷重	0.00
	L_1	mm	扉板の長さ	610
	Z_1	mm ³	扉板の断面係数	1.35×10^4
	h_1	mm	単位幅当たり高さ	1000
	t_1	mm	扉板の厚さ	9
水密扉戸 当り用支 柱	P_{k2}	kN/m	水密扉戸当り用支柱に 作用する風荷重	2.57
	L_2	mm	水密扉戸当り用支柱の 風荷重作用高さ	0.00
	L_3	mm	風荷重を集中荷重に した時の作用位置	2500
	P_{h3}	kN/m	水密扉戸当り用支柱に 作用する静水圧荷重	37.98
	h_{h3}	mm	水密扉戸当り用支柱の 静水圧作用高さ	2500
	L_4	mm	水密扉戸当り用支柱の 部材長	2500
	Z_4	mm ³	水密扉戸当り用支柱の 断面係数	4.72×10^5
	h_4	mm	水密扉戸当り用支柱の ウェブ高	176
	t_4	mm	水密扉戸当り用支柱の ウェブ厚	8

表 3-17(2) 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				4
水平材	P_{h5}	kN/m	水平材に作用する 静水圧荷重	17.40
	L_5	mm	対象の水平材の長さ	1520
	Z_5	mm ³	水平材の断面係数	1.15×10^5
	h_5	mm	荷重負担幅	610
	t_5	mm	せん断抵抗部材の厚さ	9
外部縦柱	P_{k6}	kN/m	外部縦柱に作用する 風荷重	1.30
	L_6	mm	外部縦柱の 風荷重作用長	172
	L_7	mm	風荷重を集中荷重に した時の作用位置	2586
	P_{h7}	kN/m	外部縦柱に作用する 静水圧荷重	19.19
	h_{h7}	mm	外部縦柱の 静水圧作用高さ	2500
	Z_8	mm ³	外部縦柱の断面係数	3.34×10^5
	h_8	mm	外部縦柱のウェブ高	224
	t_8	mm	外部縦柱のウェブ厚	9
アンカー ボルト	V_{A1}	kN	支柱下端の鉛直荷重	0.00
	N_{A1}	本	アンカーボルト全本数	4
	M_{A1}	kN・m	支柱下端の水平力によ る曲げモーメント	39.56
	x_{iA1}	mm	偏心距離	175
	$\sum n$ $\cdot x_{iA1}^2$	mm ²	2次モーメントの 合計値	122000
	S_{A1}	kN	支柱下端の 水平力によるせん断力	47.48

3.3 取水槽除じん機エリア水密扉（北）（水密扉 No.6）

3.3.1 評価対象部位

水密扉の評価対象部位は「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

水密扉を閉める方向に外部から生じる静水圧荷重に伴う荷重は、扉板から扉枠に伝わり、扉枠を固定する防水壁（水密扉戸当り用支柱）を介し、躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、水密扉戸当り用支柱及びアンカーボルトとする。

水密扉閉止時に水密扉に作用する荷重の作用図を図 3-18 に示す。

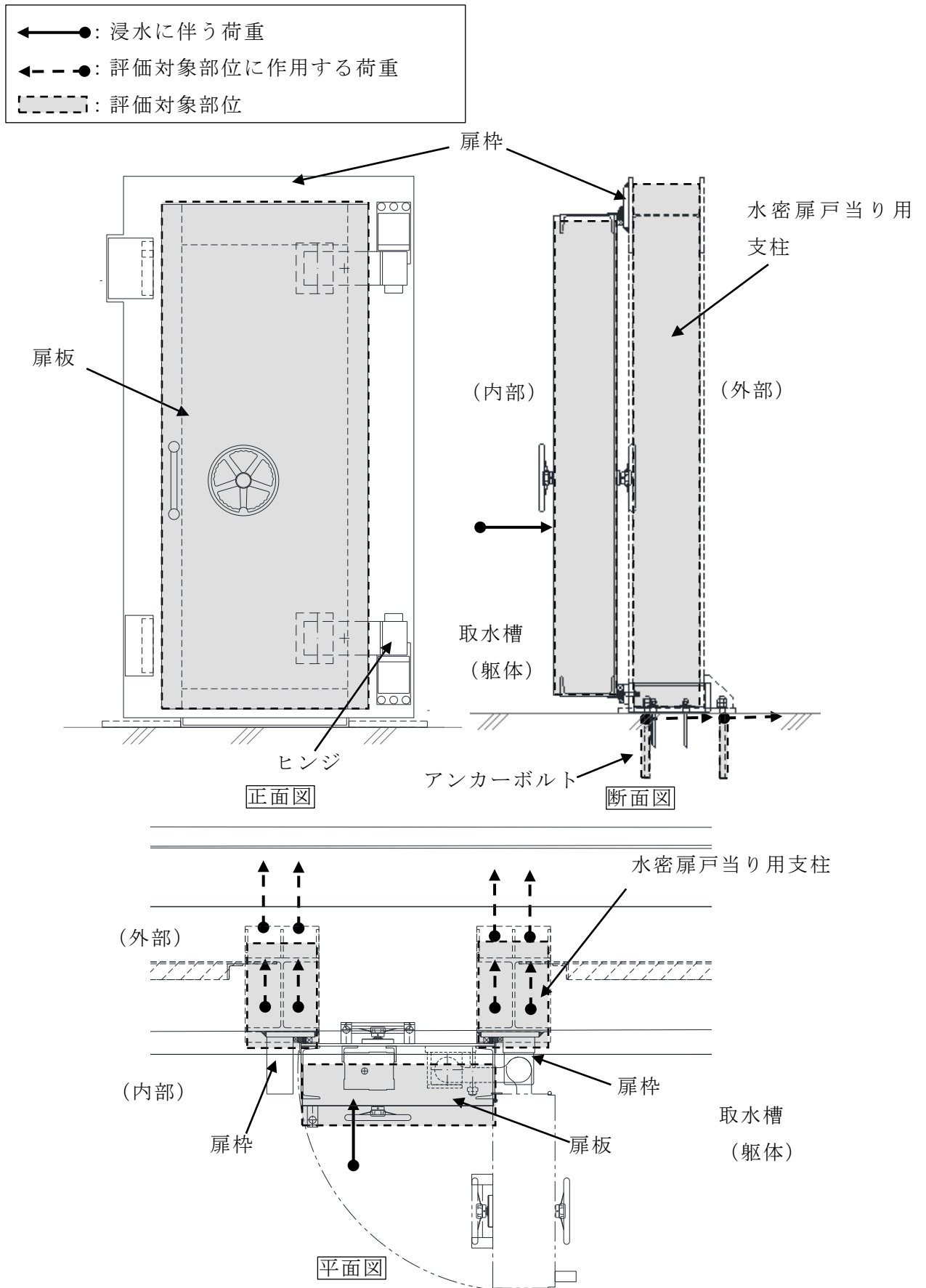


図 3-18 水密扉に作用する荷重の作用図 (水密扉閉止時)

3.3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「3.1 荷重の組合せ」にて示している荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.3.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 静水圧荷重 (P_h)

浸水に伴う奥行き 1.0m 当たりの静水圧荷重を考慮する。静水圧荷重は、評価対象部位周辺の水の密度に当該部分の浸水深さを考慮した静水圧作用高さを乗じた次式により算出する。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h_h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h_h : 当該防水板の水圧作用高さ (mm)

静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 3-18 に示す。

表 3-18 水圧作用高さ及び水の密度

水圧作用高さ h_h (mm)	水の密度 ρ_o (t/m ³)
2500	1.03

(2) 風荷重 (P_k)

風速 30m/s 時の風圧力の荷重を考慮する。風荷重は、評価対象部位周辺の風圧力に当該部分の風荷重作用高さを乗じた次式により算出する。

$$P_k = w \cdot h_k \cdot 10^{-3}$$

P_k : 風荷重 (kN/m)

w : 風圧力 (kN/m²)

h_k : 風荷重作用高さ (mm)

当該水密扉は扉天端まで浸水するため、風荷重を考慮しない。
 風荷重の算定に用いる風荷重作用高さ及び風圧力を表 3-19 に示す。

表 3-19 風荷重作用高さ及び風圧力

設備名称	風荷重作用高さ h_k (mm)	風圧力 w (kN/m ²)
取水槽除じん機エリア 水密扉 (北)	0	1.71

3.3.2.2 荷重の組合せ

水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h + P_k$$

P_h : 静水圧荷重

P_k : 風荷重

3.3.3 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえ設定する。

3.3.3.1 使用材料

水密扉を構成する扉板，水密扉戸当り用支柱，及びアンカーボルトの使用材料を表 3-20 に示す。

表 3-20 扉板，水密扉戸当り用支柱，アンカーボルトの使用材料

評価対象部位	材質	仕様
扉板	SS400	PL-12
水密扉戸当り用 支柱	SS400	H-350×350×12×19
アンカーボルト	SUS304	M24

3.3.3.2 許容限界

(1) 扉板及び水密扉戸当り用支柱

鋼材の許容応力度は、「S基準」を踏まえて表 3-21 の値とする。

表 3-21 鋼材の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)		
	引張	曲げ	せん断
SS400 (t ≤ 40) *	235	235	135

注記* : t は板厚を示す。

(2) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「3.3.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定した、表3-22の値とする。

なお、評価対象部位のアンカーボルトが引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、評価対象部位のアンカーボルトがせん断力を受ける場合においては、アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力、定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる耐力及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する

表3-22 アンカーボルトの許容限界の算定値

材質	許容耐力 (kN/mm ²)	
	引張	せん断
SUS304	72	27

3.3.4 評価方法

水密扉の強度評価式は、VI-3-別添 3-2「津波への配慮が必要な施設の強度計算書」にて設定している評価式を用いる。

3.3.4.1 応力算定

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、等分布荷重を受ける四辺固定の矩形板として算定する。この時、実際に作用する静水圧荷重は三角形分布であるが、最下端部の扉板中央の静水圧が等分布に作用するとして評価する。扉板に作用する荷重の例を図 3-19 に示す。

$$M_1 = M_{x1} \cdot P_{h1} \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2$$

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m)

M_{x1} : 等分布荷重による曲げ応力算定用の係数

P_{h1} : 扉板に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

L_1 : 短辺方向の長さ (mm)

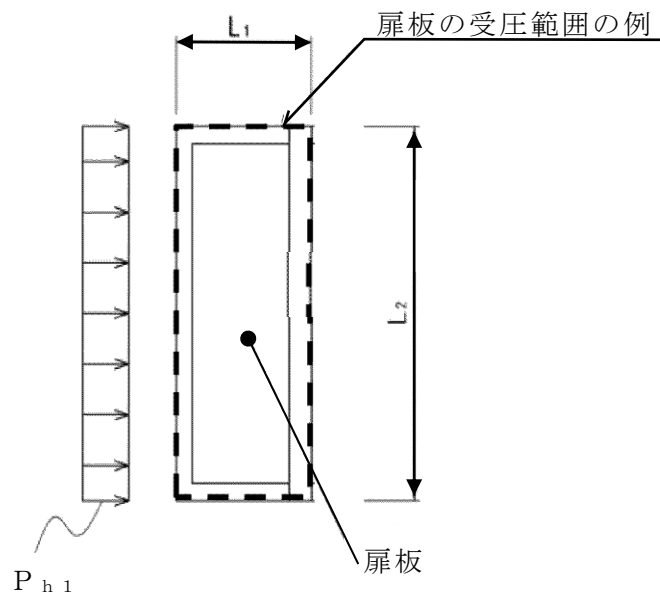


図 3-19 扉板に生じる荷重の例

(2) 水密扉戸当り用支柱

水密扉戸当り用支柱に生じる応力は、床面を固定端とする片持ち梁として計算する。なお静水圧荷重は三角形分布に作用するものとし、風荷重は等分布に作用するものとして、安全側に評価する。水密扉戸当り用支柱に作用する荷重の例を図 3-20 に示す。

$$M_2 = P_{k2} \cdot L_2 \cdot L_3 \cdot 10^{-6}$$

$$S_2 = P_{k2} \cdot L_2 \cdot 10^{-3}$$

M_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重による曲げモーメント (kN・m)

S_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重によるせん断力 (kN)

P_{k2} : 水密扉戸当り用支柱に作用する風荷重 (kN/m)

L_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重作用高さ (mm)

L_3 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重を集中荷重にした時の作用位置 (mm)

$$M_3 = 1/6 \cdot P_{h3} \cdot L_4^2 \cdot 10^{-6}$$

$$S_3 = 1/2 \cdot P_{h3} \cdot L_4 \cdot 10^{-3}$$

M_3 : 水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重による曲げモーメント (kN・m)

S_3 : 水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重によるせん断力 (kN)

P_{h3} : 水密扉戸当り用支柱に作用する静水圧荷重 (kN/m)

L_4 : 水密扉戸当り用支柱の静水圧作用高さ (mm)

$$M_4 = M_2 + M_3$$

$$S_4 = S_2 + S_3$$

M_4 : 水密扉戸当り用支柱の曲げモーメント (kN・m)

S_4 : 水密扉戸当り用支柱のせん断力 (kN)

M_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重による曲げモーメント (kN・m)

M_3 : 水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重による曲げモーメント (kN・m)

S_2 : 水密扉戸当り用支柱の風荷重によるせん断力 (kN)

S_3 : 水密扉戸当り用支柱の静水圧荷重によるせん断力 (kN)

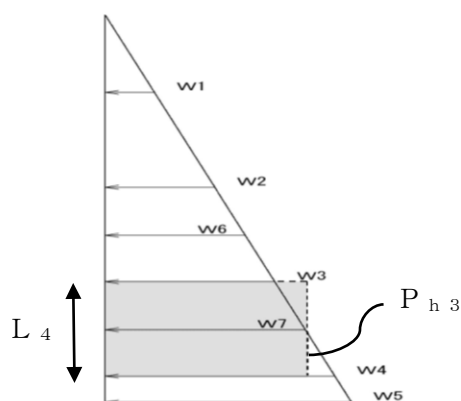


図 3-20 水密扉戸当り用支柱に作用する荷重の例

(3) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる力は、水密扉戸当り用支柱下端の断面力を基に算出する。

$$T_{A1} = V_{A1} / N_{A1} + M_{A1} \cdot x_{iA1} / \Sigma n \cdot x_{iA1}^2$$

$$Q_{A1} = S_{A1} / N_{A1}$$

T_{A1} : アンカーボルト 1 本当たりの引張力 (kN/本)

Q_{A1} : アンカーボルト 1 本当たりのせん断力 (kN/本)

V_{A1} : 水密扉戸当り用支柱下端の鉛直荷重 (kN)

N_{A1} : アンカーボルト全本数 (本)

M_{A1} : H形鋼支柱下端の水平力による曲げモーメント (kN・m)

x_{iA1} : 偏心距離 (mm)

$\Sigma n \cdot x_{iA1}^2$: 2 次モーメントの合計値 (mm²)

S_{A1} : H形鋼支柱下端の水平力によるせん断力 (kN)

3.3.4.2 断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力度及び荷重が，許容限界値以下であることを確認する。

(1) 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し，扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 扉板に生じる曲げ応力度

$$\sigma_1 = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

σ_1 : 扉板の曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 扉板の断面係数 (mm³)

(2) 水密扉戸当り用支柱

水密扉戸当り用支柱に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、水密扉戸当り用支柱の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 水密扉戸当り用支柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_4 = (M_4 \cdot 10^6) / Z_4$$

σ_4 : 水密扉戸当り用支柱の曲げ応力度 (N/mm²)

M_4 : 水密扉戸当り用支柱の曲げモーメント (kN・m)

Z_4 : 水密扉戸当り用支柱の断面係数 (mm³)

b. 水密扉戸当り用支柱に生じるせん断応力度

$$\tau_4 = (S_4 \cdot 10^3) / (h_4 \cdot t_4)$$

τ_4 : 水密扉戸当り用支柱のせん断応力度 (N/mm²)

S_4 : 水密扉戸当り用支柱のせん断力 (kN)

h_4 : 水密扉戸当り用支柱のウェブ高 (mm)

t_4 : 水密扉戸当り用支柱のウェブ厚 (mm)

c. 水密扉戸当り用支柱に生じる組合せ応力度

水密扉戸当り用支柱に生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma_4^2 + 3 \cdot \tau_4^2} \leq f_t$$

σ_4 : 水密扉戸当り用支柱の曲げ応力度 (N/mm²)

τ_4 : 水密扉戸当り用支柱のせん断応力度 (N/mm²)

f_t : 短期許容引張応力度 (N/mm²)

(3) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力を「各種合成構造設計指針」に基づき算定し，アンカーボルトの許容荷重以下であることを確認する。

$$(T_{A1} / T_a)^2 + (Q_{A1} / Q_a)^2 \leq 1$$

$$T_{A1} / T_a \leq 1.0$$

$$Q_{A1} / Q_a \leq 1.0$$

T_{A1} : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

Q_{A1} : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_a : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

3.3.5 評価条件

「3.3.4 評価方法」に用いる評価条件を表3-23に示す。

表3-23(1) 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				6
共通	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	h_h	mm	水圧作用高さ	2500
	w	kN/m ²	風圧力	1.71
	h_k	mm	風荷重作用高さ	0
扉板	M_{x1}	-	等分布荷重による 曲げ応力算定用の係数	0.083
	P_{h1}	kN/m ²	扉板に作用する 静水圧荷重	25.25
	L_1	mm	短辺方向の長さ	920
	Z_1	mm ³	扉板の断面係数	24000
水密扉 戸当り用 支柱	P_{k2}	kN/m	水密扉戸当り用支柱に 作用する風荷重	2.14
	L_2	mm	水密扉戸当り用支柱の 風荷重作用高さ	0
	L_3	mm	風荷重を集中荷重に した時の作用位置	2500
	P_{h3}	kN/m	水密扉戸当り用支柱に 作用する静水圧荷重	31.56
	L_4	mm	水密扉戸当り用支柱の 静水圧作用高さ	2500
	Z_4	mm ³	水密扉戸当り用支柱の 断面係数	2.28×10^6
	h_4	mm	水密扉戸当り用支柱の ウェブ高	312
	t_4	mm	水密扉戸当り用支柱の ウェブ厚	12

表 3-23(2) 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				6
アンカー ボルト	V_{A1}	kN	水密扉戸当り用支柱下端の鉛直荷重	0.00
	N_{A1}	本	アンカーボルト全本数	4
	M_{A1}	kN・m	水密扉戸当り用支柱下端の水平力による曲げモーメント	32.88
	x_{iA1}	mm	偏心距離	175
	$\sum n \cdot x_{iA1}^2$	mm ²	2次モーメントの合計値	122000
	S_{A1}	kN	水密扉戸当り用支柱下端の水平力によるせん断力	39.45

4. 評価結果

強度評価結果を表 4-1～表 4-2 に示す。水密扉及びパネル部の各部材の断面検定を行った結果、発生応力度又は荷重は許容限界以下であることから、水密扉が構造健全性を有することを確認した。

図 4-1 にパネル部の各部材毎に検定比が最大となる代表部材を示す。

表 4-1(1) 水密扉の強度評価結果

水密扉 No.	対象評価部材	分類	発生値 (応力度又は荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値
1	扉板	曲げ	14	215	0.07
	芯材	曲げ	36	235	0.16
		せん断	12	135	0.09
	カンヌキ	曲げ	38	205	0.19
		せん断	3	118	0.03
		組合せ	39	205	0.20
アンカーボルト*	引張	6	29	0.21	
2	扉板	曲げ	37	235	0.16
	芯材	曲げ	23	235	0.10
		せん断	14	135	0.11
	アンカーボルト*	せん断	4	36	0.12

注記* : アンカーボルトの評価は単位を kN とする。

表 4-1(2) 水密扉の強度評価結果

水密扉 No.	対象評価部材	分類	発生値 (応力度又は荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	
3	扉板	曲げ	28	215	0.14	
		せん断	24	135	0.18	
	芯材	曲げ	81	235	0.35	
		せん断	6	118	0.06	
		組合せ	76	205	0.38	
		せん断	75	205	0.37	
4	扉板	曲げ	71	235	0.31	
		せん断	1	135	0.01	
	水密扉戸当り用 支柱	曲げ	84	235	0.36	
		せん断	34	135	0.26	
		組合せ	103	235	0.44	
	水平材	曲げ	27	235	0.12	
		せん断	2	135	0.02	
	外部縦柱	曲げ	62	235	0.27	
		せん断	13	135	0.10	
		組合せ	66	235	0.29	
	アンカー ボルト*	引張	57	90	0.64	
		せん断	12	51	0.24	
		組合せ	—	—	0.45	
	6	扉板	曲げ	74	235	0.32
			せん断	24	235	0.11
水密扉戸当り用 支柱		曲げ	15	235	0.07	
		せん断	11	135	0.09	
		組合せ	48	72	0.67	
アンカー ボルト*		引張	48	72	0.67	
		せん断	10	27	0.38	
		組合せ	—	—	0.56	

注記*：アンカーボルトの評価は単位を kN とする。

表 4-2 パネル部の強度評価結果

水密扉 No.	対象評価部材	分類	発生値 (応力度又は荷重) (N/mm ²)	許容 限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	
3	パネル部	パネル板	曲げ	97	235	0.42
		パネル 芯材	曲げ	17	235	0.08
			せん断	10	135	0.08
		柱	曲げ (強軸)	25	229	0.11
			曲げ (弱軸)	62	229	0.28
			せん断	13	135	0.10
			軸力	1	235	0.01
			組合せ (曲げ+軸力)	—	—	0.40
			組合せ (曲げ+せん断 +軸力)	91	235	0.39
			梁	曲げ (強軸)	12	234
		曲げ (弱軸)		15	234	0.07
		せん断		36	135	0.27
		軸力		1	235	0.01
		組合せ (曲げ+軸力)		—	—	0.14
		組合せ (曲げ+せん断 +軸力)		69	235	0.30
		アンカー ボルト*	せん断	10	25	0.40
			引張	20	29	0.69
			組合せ (せん断+引張)	—	—	0.64

注記* : アンカーボルトの評価は単位を kN とする。

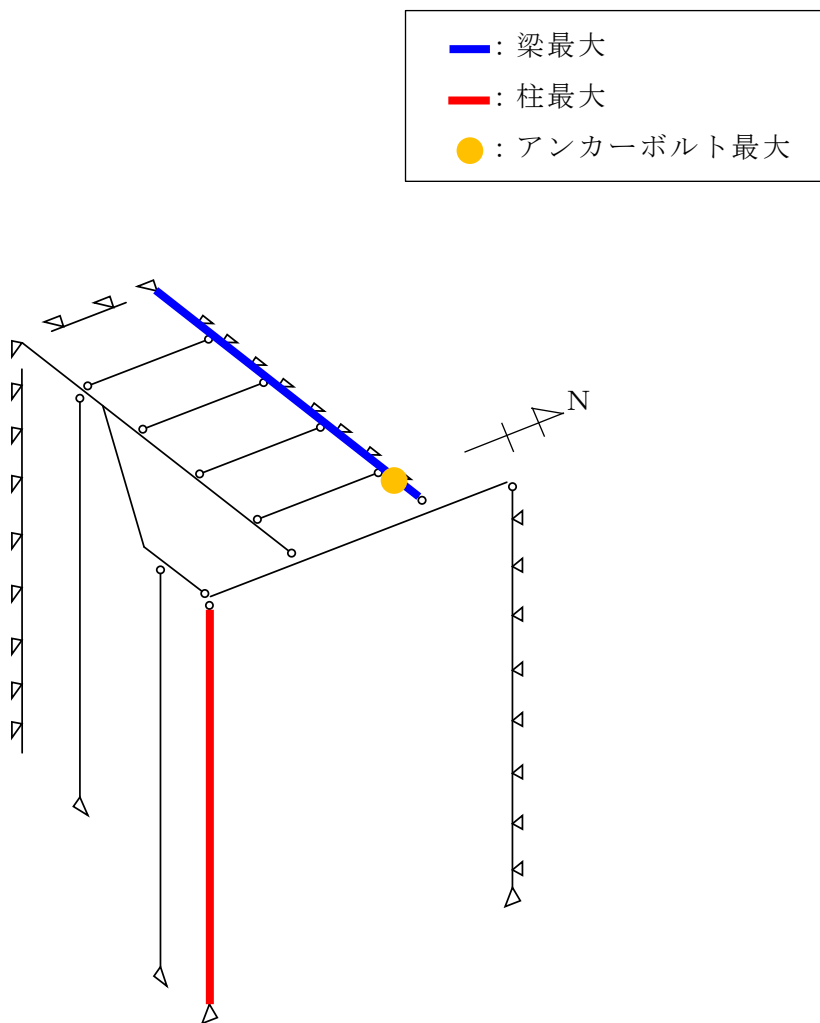


図 4-1 検定比最大箇所 (パネル部)

VI-3-別添 3-4 溢水への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 3-4-1 防水壁の強度計算書 (溢水)

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 配置概要	2
2.2 構造計画	4
2.3 評価方針	9
2.4 適用規格・基準等	10
3. ディーゼル燃料移送ポンプエリア防水壁	11
3.1 強度評価方法	11
3.1.1 記号の説明	11
3.1.2 評価対象部位	14
3.1.3 荷重及び荷重の組合せ	14
3.2 許容限界	18
3.2.1 使用材料	18
3.2.2 許容限界	18
3.3 評価方法	19
3.3.1 解析モデル	20
3.3.2 応力算定	22
3.3.3 断面検定	24
3.3.4 評価条件	30
4. 取水槽海水ポンプエリア防水壁	34
4.1 強度評価方法	34
4.1.1 記号の説明	34
4.1.2 評価対象部位	36
4.1.3 荷重及び荷重の組合せ	37
4.2 許容限界	40
4.2.1 使用材料	40
4.2.2 許容限界	41
4.3 評価方法	42
4.3.1 解析モデル	43
4.3.2 応力算定	46
4.3.3 断面検定	51
4.3.4 評価条件	55
5. 評価結果	61

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設である溢水用防水壁（以下「防水壁」という。）が、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持することを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

防水壁は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「4.1.4 溢水用防水壁の設計方針」に示すとおり建物外に設置する。防水壁の位置図を図 2-1 に、配置図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

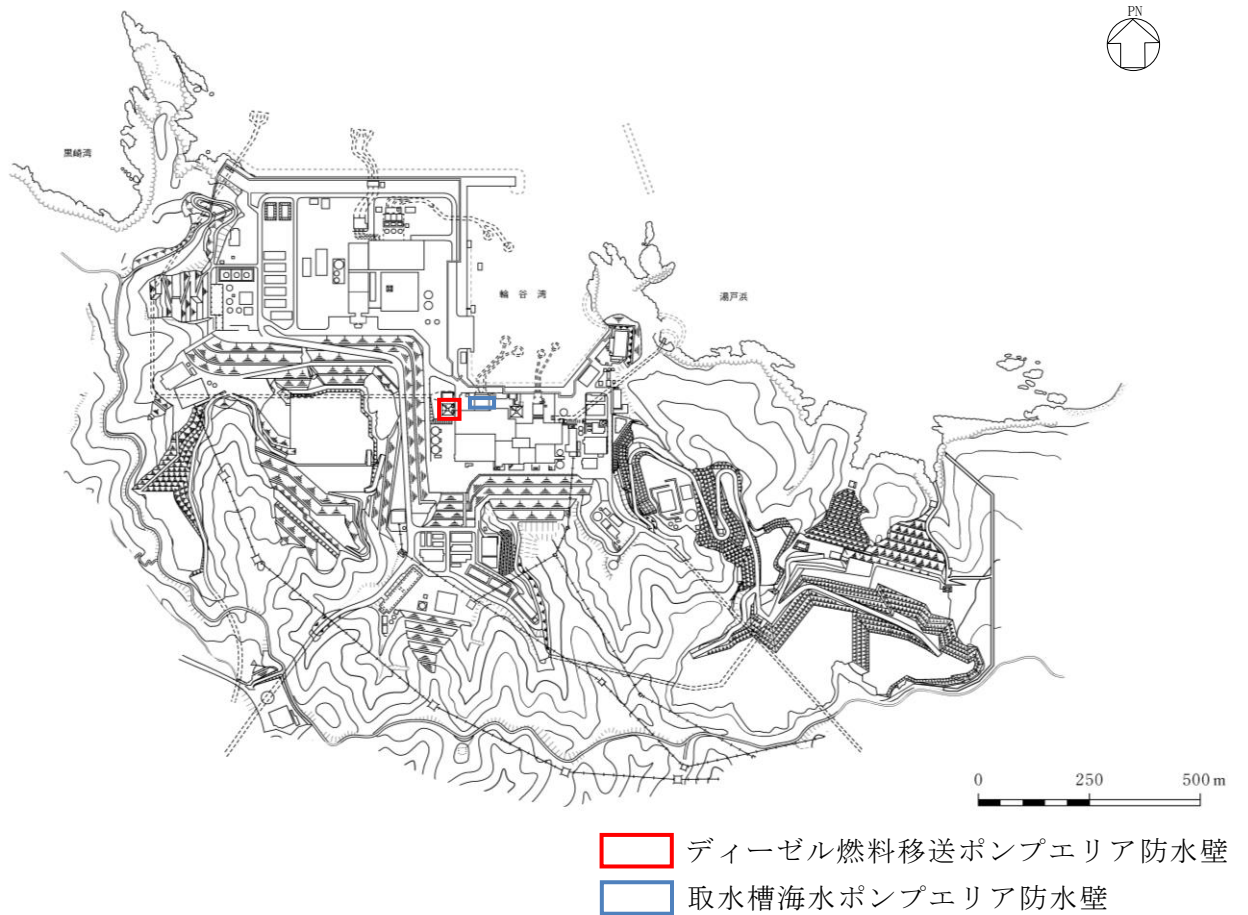


図 2-1 防水壁の位置図

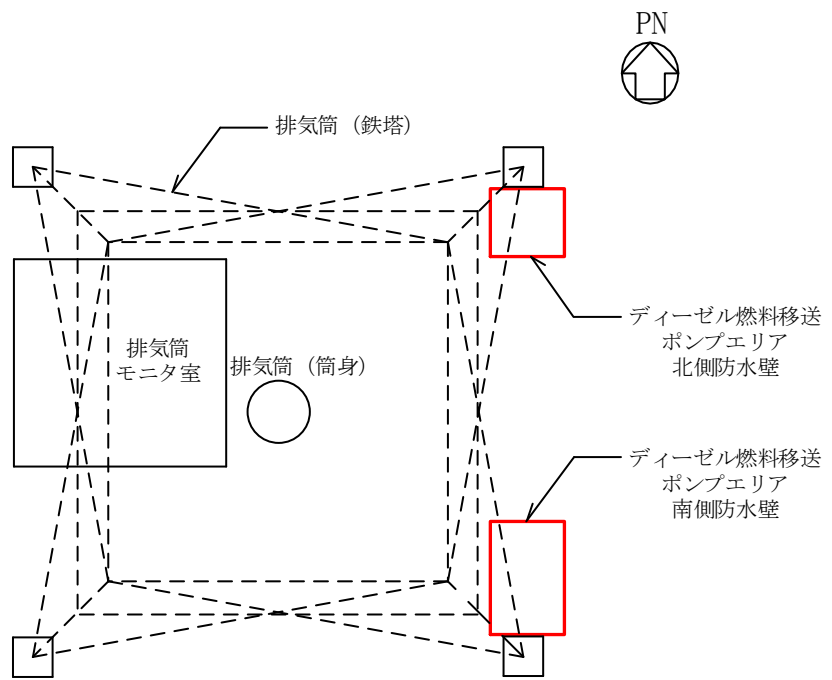


図 2-2 ディーゼル燃料移送ポンプエリア防水壁の配置図

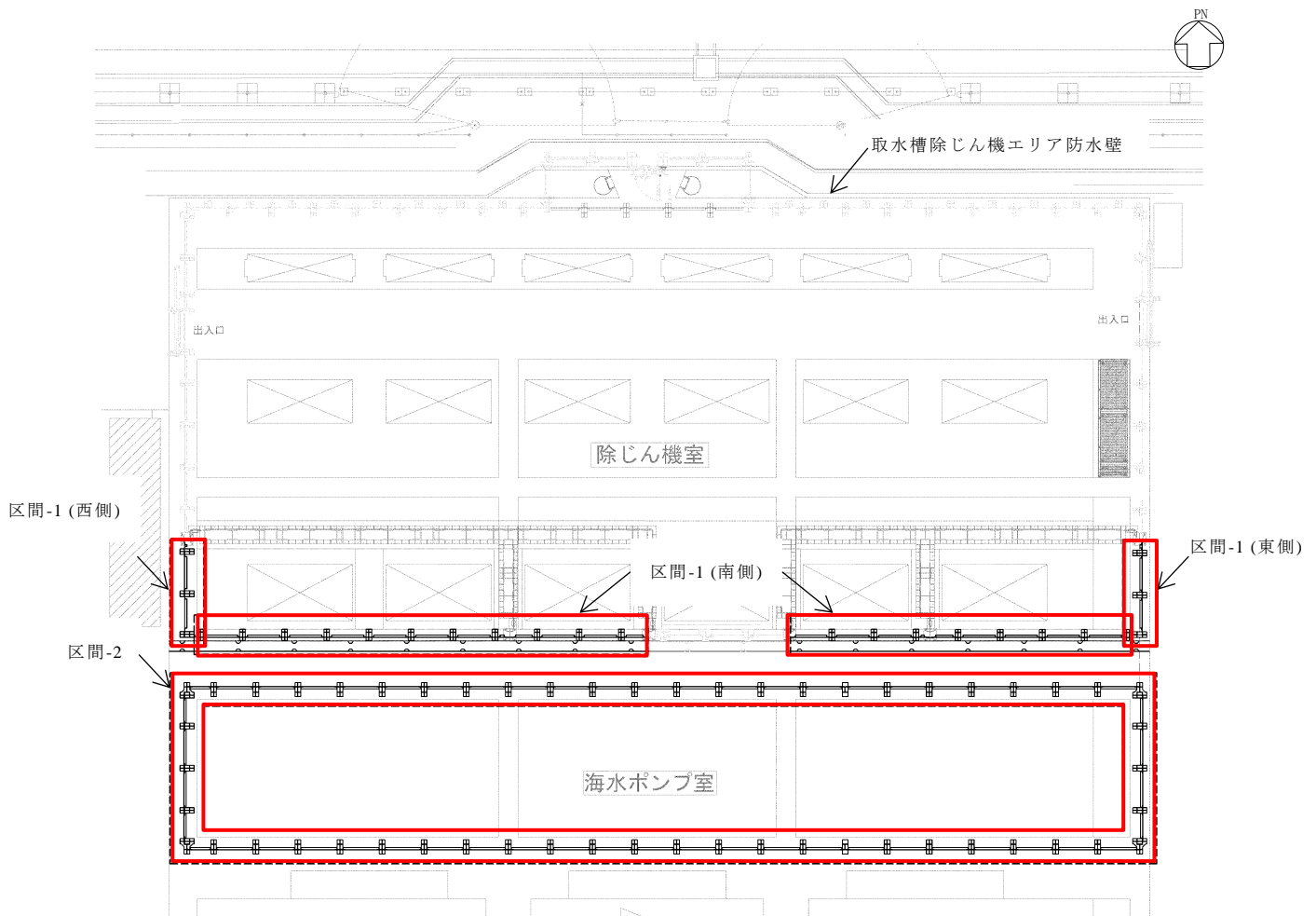


図 2-3 取水槽海水ポンプエリア防水壁の配置図

2.2 構造計画

防水壁の構造はVI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。

ディーゼル燃料移送ポンプエリア防水壁は、鋼板、胴縁、梁、柱、ブレース及びアンカーボルトから構成され、コンクリート躯体を基礎として、アンカーボルトで固定する構造とする。ディーゼル燃料移送ポンプエリア防水壁の構造計画を表 2-1 に示す。

取水槽海水ポンプエリア防水壁は、鋼板、柱、梁、ベースプレート及びアンカーボルトから構成され、取水槽にアンカーボルトで固定する構造とする。取水槽海水ポンプエリア防水壁の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-1(1) ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁の構造計画

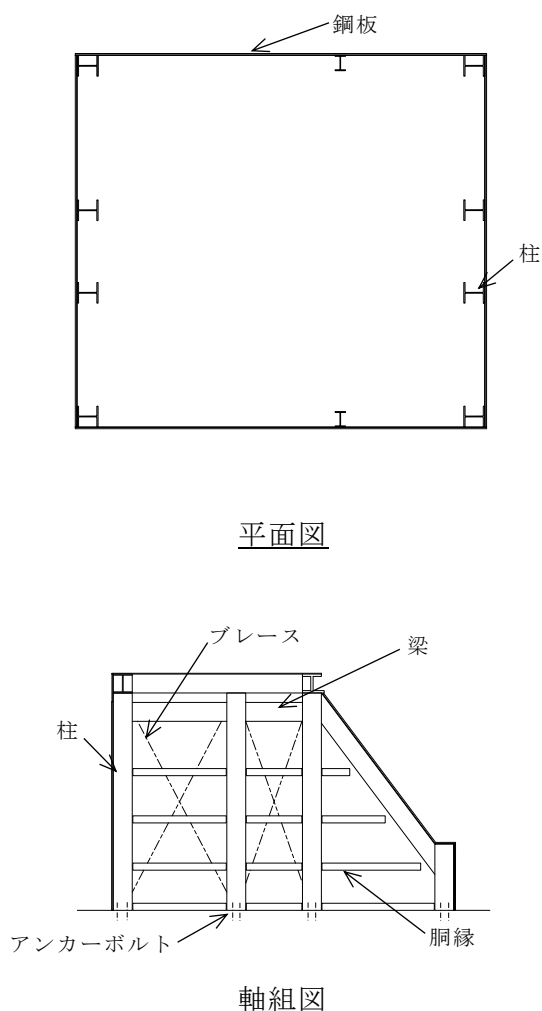
計画の概要			概略構造図
	主体構造	支持構造	
ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁	鋼板、胴縁、梁、柱、ブレース及びアンカーボルトにより構成する。	胴縁、梁、柱及びブレースで補強した鋼板を基礎にアンカーボルトにて固定する。	 <p style="text-align: center;">平面図</p> <p style="text-align: center;">軸組図</p>

表 2-1(2) ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁の構造計画

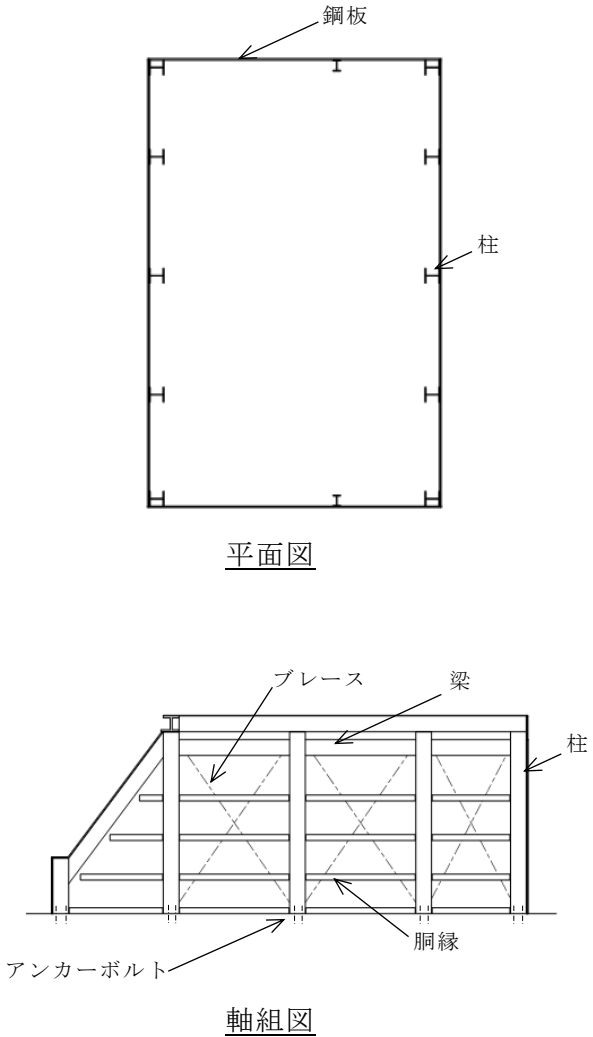
計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁</p> <p>鋼板，胴縁，梁，柱，ブレース及びアンカーボルトにより構成する。</p>	<p>胴縁，梁，柱及びブレースで補強した鋼板を基礎にアンカーボルトにて固定する。</p>	 <p>鋼板</p> <p>柱</p> <p>平面図</p> <p>ブレース</p> <p>梁</p> <p>柱</p> <p>胴縁</p> <p>アンカーボルト</p> <p>軸組図</p>

表 2-2(1) 取水槽海水ポンプエリア防水壁の構造計画（区間-1（東，西側））

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>鋼板，柱， 梁，ベースプレート，アンカーボルトにより構成する。</p>	<p>梁，柱で補強した鋼板をベースプレートを介して取水槽にアンカーボルトにて固定する。</p>	<p>正面図</p> <p>断面図</p> <p>ベースプレート平面図</p>

S2 補 VI-3-別添 3-4-1 R0

取水槽海水ポンプエリア防水壁

表 2-2(2) 取水槽海水ポンプエリア防水壁の構造計画（区間-1（南側））

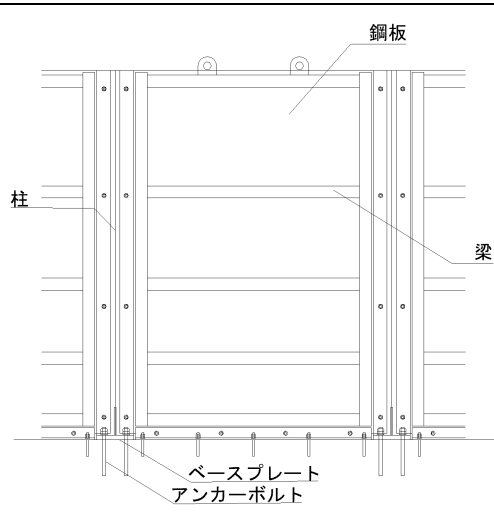
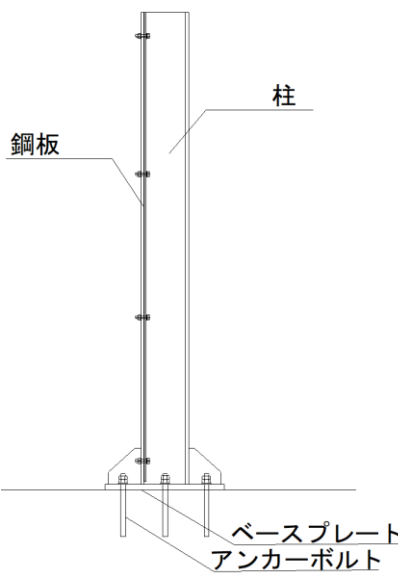
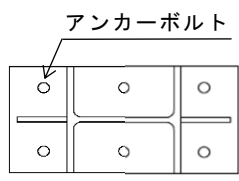
計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
鋼板，柱， 梁，ベースプレート，アンカーボルトにより構成する。	梁，柱で補強した鋼板をベースプレートを介して取水槽にアンカーボルトにて固定する。	 <p>正面図</p>  <p>断面図</p>  <p>ベースプレート平面図</p>

表 2-2(3) 取水槽海水ポンプエリア防水壁の構造計画 (区間-2)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>鋼板, 柱, 梁, ベースプレート, アンカーボルトにより構成する。</p>	<p>梁, 柱で補強した鋼板をベースプレートを介して取水槽にアンカーボルトにて固定する。</p>	<div style="text-align: center;"> <p>正面図</p> <p>断面図</p> </div>

取水槽海水ポンプエリア防水壁

2.3 評価方針

防水壁の強度評価は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、防水壁の評価対象部位に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「3.1 強度評価方法」及び「4.1 強度評価方法」に示す方法により計算し、「5. 評価結果」にて確認する。

防水壁の強度評価フローを図 2-4 に示す。

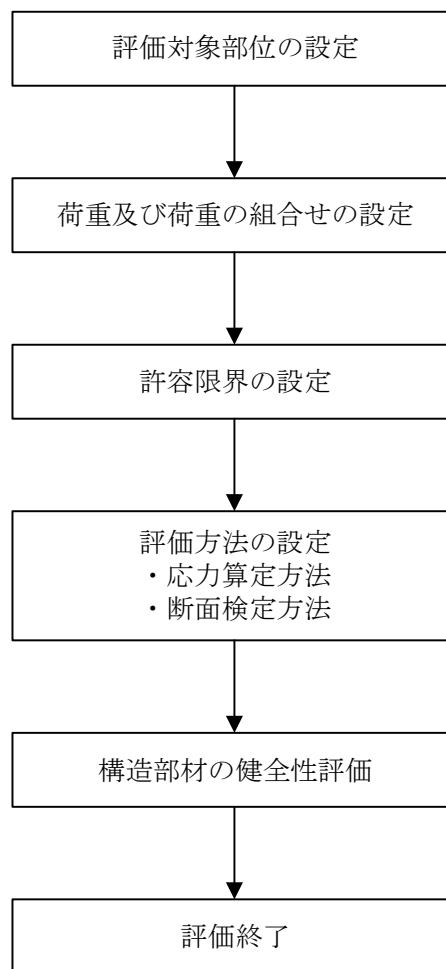


図 2-4 防水壁の強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・規準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005年改定）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）

3. ディーゼル燃料移送ポンプエリア防水壁

3.1 強度評価方法

当該防水壁の強度評価は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している方法を用いて、強度評価を実施する。

当該防水壁の強度評価は、「3.1.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「3.1.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.2.2 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「3.3 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

3.1.1 記号の説明

当該防水壁の強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1(1) 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
F_s	kN/m^2	積雪荷重
W	kN	風荷重
q	N/m^2	速度圧
C	—	風力係数
A_1	m^2	風の受圧面積
E'	—	速度圧の高さ方向の分布を示す係数
V_D	m/s	基準風速
E_r	—	平均風速の高さ方向の分布を表す係数
G	—	ガスト影響係数
Z_G	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値
Z_b	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値
H	m	建物の高さ
P_h	kN/m^2	防水壁最下端の静水圧荷重
ρ_0	t/m^3	水の密度
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	水圧作用高さ
σ_{b1}	N/mm^2	鋼板に生じる曲げ応力度

表 3-1(2) 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
W_1	kN/m^2	鋼板に作用する風荷重
L_1	mm	鋼板の短辺長さ
Z_1	mm^3/m	鋼板の断面係数
σ_{b2}	N/mm^2	胴縁に生じる曲げ応力度
w_f	kN/m	胴縁に作用する等分布荷重
W_2	kN/m^2	胴縁に作用する風荷重
$L_{1'}$	m	胴縁の支配幅
L_2	mm	胴縁の長さ
Z_2	mm^3	胴縁の断面係数
τ_2	N/mm^2	胴縁に生じるせん断応力度
A_2	mm^2	胴縁のせん断断面積
σ_{bx3}	N/mm^2	梁に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by3}	N/mm^2	梁に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x3}	$\text{N} \cdot \text{mm}$	梁の強軸回りの曲げモーメント
M_{y3}	$\text{N} \cdot \text{mm}$	梁の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x3}	mm^3	梁の強軸回りの断面係数
Z_{y3}	mm^3	梁の弱軸回りの断面係数
$\sigma_{c(t)3}$	N/mm^2	梁に生じる軸応力度
$N_{c(t)3}$	N	梁の圧縮又は引張軸力
A_{g3}	mm^2	梁の断面積
τ_{x3}	N/mm^2	梁に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y3}	N/mm^2	梁に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x3}	N	梁の強軸方向のせん断力
Q_{y3}	N	梁の弱軸方向のせん断力
A_{w3}	mm^2	梁のウェブ断面積
A_{f3}	mm^2	梁のフランジ断面積
$s f_{bx3}$	N/mm^2	梁の強軸回りの短期許容曲げ応力度
$s f_{by3}$	N/mm^2	梁の弱軸回りの短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)3}$	N/mm^2	梁の短期許容圧縮又は引張応力度
τ_3	N/mm^2	梁に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力のうち最大値

表 3-1(3) 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$s f_{t3}$	N/mm ²	梁の短期許容引張応力度
σ_{bx4}	N/mm ²	柱に生じる強軸回りの曲げ応力度
σ_{by4}	N/mm ²	柱に生じる弱軸回りの曲げ応力度
M_{x4}	N・mm	柱の強軸回りの曲げモーメント
M_{y4}	N・mm	柱の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x4}	mm ³	柱の強軸回りの断面係数
Z_{y4}	mm ³	柱の弱軸回りの断面係数
$\sigma_{c(t)4}$	N/mm ²	柱に生じる軸応力度
$N_{c(t)4}$	N	柱の圧縮又は引張軸力
A_{g4}	mm ²	柱の断面積
τ_{x4}	N/mm ²	柱に生じる強軸方向のせん断応力度
τ_{y4}	N/mm ²	柱に生じる弱軸方向のせん断応力度
Q_{x4}	N	柱の強軸方向のせん断力
Q_{y4}	N	柱の弱軸方向のせん断力
A_{w4}	mm ²	柱のウェブ断面積
A_{f4}	mm ²	柱のフランジ断面積
$s f_{bx4}$	N/mm ²	柱の強軸回りの短期許容曲げ応力度
$s f_{by4}$	N/mm ²	柱の弱軸回りの短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)4}$	N/mm ²	柱の短期許容圧縮又は引張応力度
τ_4	N/mm ²	柱に生じる強軸及び弱軸回りのせん断応力のうち最大値
$s f_{t4}$	N/mm ²	柱の短期許容引張応力度
σ_{t5}	N/mm ²	ブレースに生じる軸応力度
N_{t5}	N	ブレースの引張軸力
A_{g5}	mm ²	ブレースの断面積
Q_{DS}	kN/本	アンカーボルト 1 本当りに生じるせん断力
Q	kN	水平方向の支点反力
n	本	アンカーボルトの本数

3.1.2 評価対象部位

当該防水壁の評価対象部位は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて、「2.2 構造計画」に示す構造計画にて設定している構造に基づき、溢水に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

当該防水壁の評価対象部位は、防水壁に作用する静水圧荷重が、鋼板、胴縁、梁、柱及びブレースからアンカーボルトへ伝わり、アンカーボルトを介して躯体に伝わることから、鋼板、胴縁、梁、柱、ブレース及びアンカーボルトとする。

3.1.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

(1) 積雪荷重 (F_s)

積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って考慮することとし、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施工細則により、積雪深1cmごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(2) 風荷重 (W)

風速は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」に示す組み合わせる風速を踏まえて、建築基準法施行令に基づく平成 12 年建設省告示第 1 4 5 4 号に定められた松江市の基準風速である 30m/s とする。風荷重 (W) の算出は、建物の形状を考慮して算出した風力係数 C 及び風の受圧面積 A_1 に基づき実施する。

$$W = q \cdot C \cdot A_1 \cdot 10^{-3}$$

ここで、

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H / Z_G)^\alpha \quad (H \text{ が } Z_b \text{ を超える場合})$$

$$E_r = 1.7 \cdot (Z_b / Z_G)^\alpha \quad (H \text{ が } Z_b \text{ 以下の場合})$$

W : 風荷重 (kN)

q : 設計用速度圧 (N/m²)

V_D : 基準風速 (m/s)

G : ガスト影響係数

H : 建物の高さ (m)

Z_G, Z_b, α : 地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1 4 5 4 号に掲げる数値

C : 風力係数

A_1 : 風の受圧面積 (m²)

風荷重算定に使用する入力条件を表 3-2 及び表 3-3 に示す。

表 3-2 入力条件

施設名称	基準 風速 V_D (m/s)	建物 高さ H (m)	Z_G (m)	α	ガスト 影響係 数 G	設計用 速度圧 q (N/m ²)
ディーゼル 燃料移送ポ ンプエリア 防水壁	30	2.1	350	0.15	2.2	960.1

表 3-3(1) ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁の風力係数及び受圧面積

(a) 南から北方向

高さ(EL) (m)	風力係数C		受圧面積 A_1 (m^2)	
	風上	風下	風上	風下
9.3~8.7	0.8	0.4	2.235	2.235
10.8~9.3	0.8	0.5	5.5875	7.6431

(b) 北から南方向

高さ(EL) (m)	風力係数C		受圧面積 A_1 (m^2)	
	風上	風下	風上	風下
9.3~8.7	0.8	0.4	2.235	2.235
10.8~9.3	0.472	0.4	7.6431	5.5875

(c) 東西方向

高さ(EL) (m)	風力係数C		受圧面積 A_1 (m^2)	
	風上	風下	風上	風下
10.8~8.7	0.8	0.4	6.09	6.09

表 3-3(2) ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁の風力係数及び受圧面積

(a) 南から北方向

高さ(EL) (m)	風力係数C		受圧面積 A_1 (m^2)	
	風上	風下	風上	風下
9.3~8.7	0.8	0.4	2.235	2.235
10.8~9.3	0.472	0.4	7.6431	5.5875

(b) 北から南方向

高さ(EL) (m)	風力係数C		受圧面積 A_1 (m^2)	
	風上	風下	風上	風下
9.3~8.7	0.8	0.4	2.235	2.235
10.8~9.3	0.8	0.5	5.5875	7.6431

(c) 東西方向

高さ(EL) (m)	風力係数C		受圧面積 A_1 (m^2)	
	風上	風下	風上	風下
10.8~8.7	0.8	0.4	11.13	11.13

(3) 溢水による静水圧荷重 (P_h)

溢水による静水圧荷重として発生を想定する溢水による浸水高さを用いた静水圧を考慮する。溢水による静水圧荷重は、次式により算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 防水壁最下端の静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_0 : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 3-4 に示す。

表 3-4 水圧作用高さ及び水の密度

設備名称	水圧作用高さ h (mm)	水の密度 ρ_0 (t/m ³)
ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁	550	1.03
ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁	550	1.03

(4) 荷重の組合せ

当該防水壁の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重を踏まえて設定する。

$$F_s + W + P_h$$

F_s : 積雪荷重

W : 風荷重

P_h : 静水圧荷重

3.2 許容限界

当該防水壁の許容限界は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえて、「3.1.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、機能損傷モードを考慮し短期許容応力度又は短期許容荷重とする。

3.2.1 使用材料

当該防水壁を構成する鋼板、胴縁、梁、柱、ブレース及びアンカーボルトの使用材料を表 3-5 に示す。

表 3-5 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
鋼板	SS400	
胴縁	SS400	
梁	SS400	
柱	SS400	
ブレース	SS400	
アンカーボルト	SUS304	

3.2.2 許容限界

(1) 鋼板、胴縁、梁、柱及びブレース

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）」（以下「S 規準」という。）に基づき算定した鋼材の許容限界を表 3-6 に示す。

表 3-6 鋼材の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)			
	引張	圧縮*	曲げ*	せん断
SS400	235	235	235	135

注記*：上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

(2) アンカーボルト

「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」（以下「各種合成構造設計指針・同解説」という。）に基づき算定したアンカーボルトの許容限界を表 3-7 に示す。

なお，せん断力に対する耐力は，アンカーボルト母材のせん断強度より決まる耐力，定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 3-7 アンカーボルトの許容限界

設備名称	材料	許容耐力 (kN)
		せん断
ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁	SUS304 (□)	14
ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁	SUS304 (□)	50

3.3 評価方法

梁，柱及びブレースについての強度評価は，「3.3.1 解析モデル」に示す評価部位全体を対象とした解析モデルを用いた 3 次元静的線形応力解析に基づき行う。また，鋼板及び胴縁についての強度評価は，評価式に基づき行う。本応力解析及び評価式により得られた個々の部材に生じる応力が許容値以下であることを確認する。応力解析は以下の方針に基づく。

- (1) モデルに作用する荷重及び荷重の組合せは，「3.1.3 荷重及び荷重の組合せ」による。
- (2) 静水圧荷重は，ディーゼル燃料移送ポンプエリア防水壁の 4 方向から水圧が作用するものとして考慮する。
- (3) 応力解析に使用する解析コードは「MSC NASTRAN」である。なお，解析コードの検証及び妥当性の確認の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

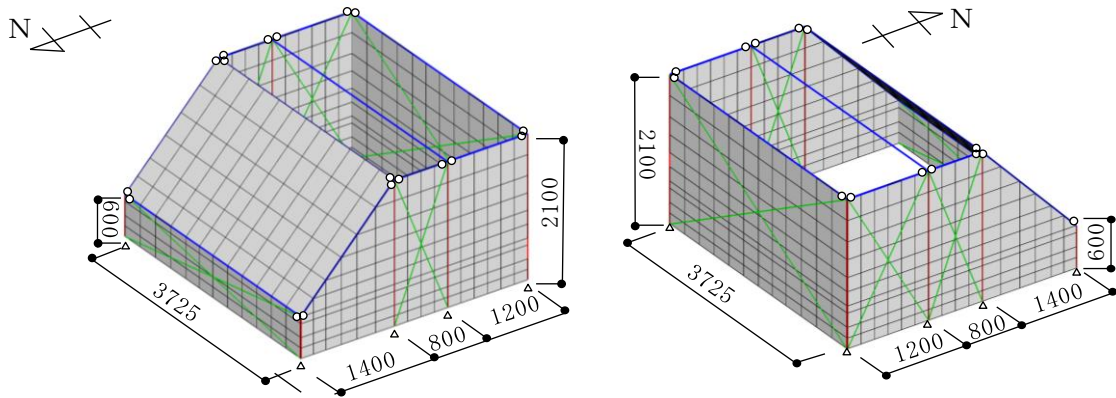
3.3.1 解析モデル

3次元静的線形応力解析に用いる解析モデルを図3-1及び図3-2に示す。解析モデルは、鋼板をシェル要素、梁、柱及びブレースを梁要素でモデル化し、梁と柱の接合部は実状に合わせて接合条件を定める。柱脚は、ピン支点としてモデル化する。

解析に用いる部材の物性値は以下とする。

ヤング係数 : $E = 205000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

せん断弾性係数 : $G = 79000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

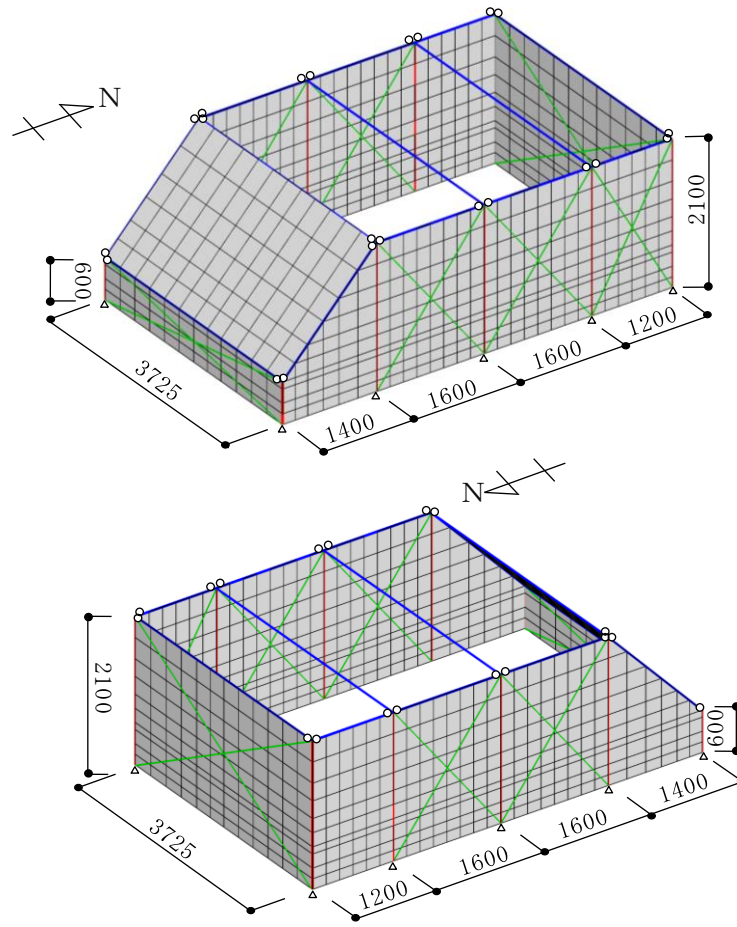


部位	凡例
鋼板	■
梁	—
柱	—
ブレース	—

条件	記号	備考
部材接合条件	○	ピン接合
支点境界条件	△	ピン支点

注：ブレースの両端部はピン接合とする。

図3-1 解析モデル（ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁）



部位	凡例
鋼板	■
梁	—
柱	—
ブレース	—

条件	記号	備考
部材接合条件	○	ピン接合
支点境界条件	△	ピン支点

注：ブレースの両端部はピン接合とする。

図 3-2 解析モデル（ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁）

3.3.2 応力算定

荷重を受ける鋼板に生じる曲げ応力度，胴縁に生じる曲げ応力度及びせん断応力度，梁及び柱に生じる曲げ応力度，せん断応力度及び軸応力度，ブレースに生じる軸応力度並びにアンカーボルトに生じるせん断力に対する確認を行うに当たり，各荷重により生じる応力を応力解析及び評価式により算定する。

防水壁に生じる力の概念図を図 3-3～図 3-5 に示す。

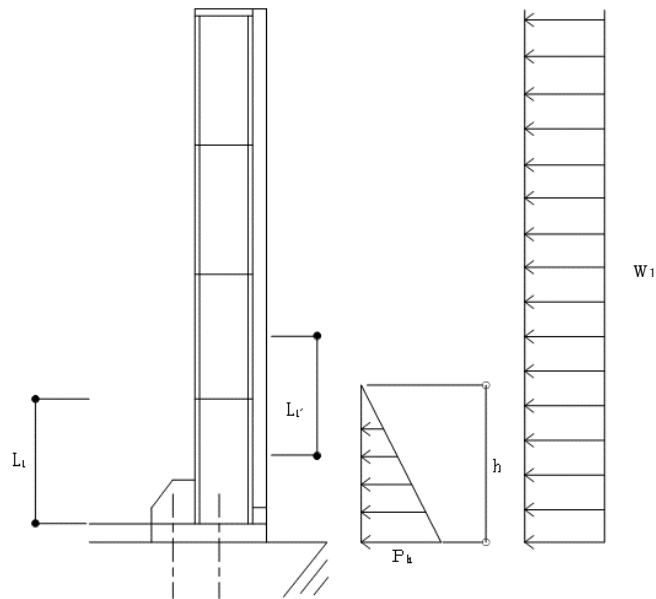


図 3-3 溢水時の防水壁に生じる力の断面概念図

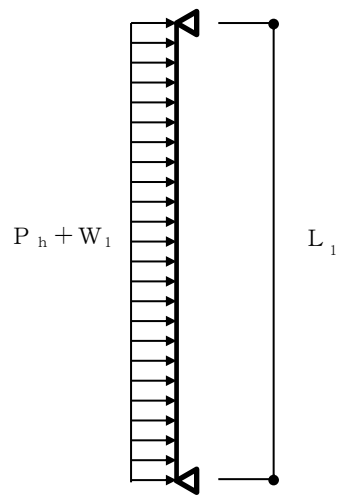


図 3-4 溢水時の鋼板に生じる力の断面概念図

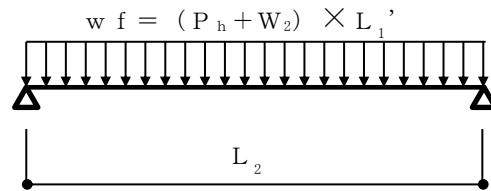


図 3-5 溢水時の胴縁に生じる力の断面概念図

3.3.3 断面検定

(1) 鋼板

a. 曲げ応力度に対する検定

鋼板に生じる曲げ応力度は、鋼板を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、鋼板の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。この時作用する静水圧荷重は当該防水壁最下端の最大静水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。

$$\sigma_{b1} = (P_h + W_1) \cdot 10^{-3} \cdot L_1^2 / 8 / Z_1$$

- σ_{b1} : 鋼板に生じる曲げ応力度 (N/mm²)
 P_h : 防水壁最下端の静水圧荷重 (kN/m²)
 W_1 : 鋼板に作用する風荷重 (kN/m²)
 L_1 : 鋼板の短辺長さ (mm)
 Z_1 : 鋼板の断面係数 (mm³/m)

(2) 胴縁

a. 曲げ応力度に対する検定

胴縁に生じる曲げ応力度は、胴縁を両端ピンの単純はりとして次式により算出し、胴縁の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。この時作用する静水圧荷重は防水壁最下端の静水圧が等分布に作用するものとして安全側に評価する。

$$\sigma_{b2} = w_f \cdot L_2^2 / 8 / Z_2$$

- σ_{b2} : 胴縁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)
 w_f : 胴縁に作用する等分布荷重 (kN/m)
 L_2 : 胴縁の長さ (mm)
 Z_2 : 胴縁の断面係数 (mm³)

b. せん断応力度に対する検定

胴縁に生じるせん断応力度は、評価式により求めた梁のせん断力を用いて次式により算出し、梁の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau_2 = w f \cdot L_2 / 2 / A_2$$

τ_2 : 胴縁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

$w f$: 胴縁に作用する等分布荷重 (kN/m)

L_2 : 胴縁の長さ (mm)

A_2 : 胴縁のせん断断面積 (mm²)

(3) 梁

a. 曲げ応力度に対する検定

梁に生じる曲げ応力度は、応力解析により求めた梁の最大曲げモーメントを用いて次式により算出し、梁の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{b x 3} = M_{x 3} / Z_{x 3}$$

$$\sigma_{b y 3} = M_{y 3} / Z_{y 3}$$

$\sigma_{b x 3}, \sigma_{b y 3}$: 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{x 3}, M_{y 3}$: 梁の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (N・mm)

$Z_{x 3}, Z_{y 3}$: 梁の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

b. 軸応力度に対する検定

梁に生じる軸応力度は、応力解析により求めた梁の軸力を用いて次式により算出し、梁の短期許容軸応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{c (t) 3} = N_{c (t) 3} / A_{g 3}$$

$\sigma_{c (t) 3}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

$N_{c (t) 3}$: 梁の圧縮又は引張軸力 (N)

$A_{g 3}$: 梁の断面積 (mm²)

c. せん断応力度に対する検定

梁に生じるせん断応力度は、応力解析により求めた梁のせん断力を用いて次式により算出し、梁の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau_{x3} = Q_{x3} / A_{w3}$$

$$\tau_{y3} = Q_{y3} / A_{f3}$$

τ_{x3} , τ_{y3} : 梁に生じる強軸及び弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x3} , Q_{y3} : 梁の強軸及び弱軸方向のせん断力 (N)

A_{w3} : 梁のウェブ断面積 (mm²)

A_{f3} : 梁のフランジ断面積 (mm²)

d. 曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定

梁に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 を下回ることを確認する。

$$\sigma_{bx3} / s f_{bx3} + \sigma_{by3} / s f_{by3} + \sigma_{c(t)3} / s f_{c(t)3} \leq 1.0$$

σ_{bx3} , σ_{by3} : 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{bx3}$, $s f_{by3}$: 梁の強軸及び弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)3}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)3}$: 梁の短期許容圧縮又は引張応力度 (N/mm²)

e. 曲げ応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する検定

梁に生じる曲げ応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期許容引張応力度を下回ることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx3} + \sigma_{by3} + \sigma_{c(t)3})^2 + 3\tau_3^2} \leq s f_{t3}$$

σ_{bx3} , σ_{by3} : 梁に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)3}$: 梁に生じる軸応力度 (N/mm²)

τ_3 : 梁に生じる強軸及び弱軸回りのせん断応力度のうち最大値 (N/mm²)

$s f_{t3}$: 梁の短期許容引張応力度 (N/mm²)

(4) 柱

a. 曲げ応力度に対する検定

柱に生じる曲げ応力度は、応力解析により求めた柱の最大曲げモーメントを用いて次式により算出し、柱の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{bx4} = M_{x4} / Z_{x4}$$

$$\sigma_{by4} = M_{y4} / Z_{y4}$$

σ_{bx4} , σ_{by4} : 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

M_{x4} , M_{y4} : 柱の強軸及び弱軸回りの曲げモーメント (N・mm)

Z_{x4} , Z_{y4} : 柱の強軸及び弱軸回りの断面係数 (mm³)

b. 軸応力度に対する検定

柱に生じる軸応力度は、応力解析により求めた柱の軸力を用いて次式により算出し、柱の短期許容軸応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{c(t)4} = N_{c(t)4} / A_{g4}$$

$\sigma_{c(t)4}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t)4}$: 柱の圧縮又は引張軸力 (N)

A_{g4} : 柱の断面積 (mm²)

c. せん断応力度に対する検定

柱に生じるせん断応力度は、応力解析により求めた柱のせん断力を用いて次式により算出し、柱の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau_{x4} = Q_{x4} / A_{w4}$$

$$\tau_{y4} = Q_{y4} / A_{f4}$$

τ_{x4} , τ_{y4} : 柱に生じる強軸及び弱軸のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x4} , Q_{y4} : 柱の強軸及び弱軸方向のせん断力 (N)

A_{w4} : 柱のウェブ断面積 (mm²)

A_{f4} : 柱のフランジ断面積 (mm²)

d. 曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定

柱に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 を下回ることを確認する。

$$\sigma_{bx4} / s f_{bx4} + \sigma_{by4} / s f_{by4} + \sigma_{c(t)4} / s f_{c(t)4} \leq 1.0$$

σ_{bx4} , σ_{by4} : 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{bx4}$, $s f_{by4}$: 柱の強軸及び弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)4}$: 柱の短期許容圧縮又は引張応力度 (N/mm²)

e. 曲げ応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する検定

柱に生じる曲げ応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期引張応力度を下回ることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx4} + \sigma_{by4} + \sigma_{c(t)4})^2 + 3\tau_4^2} \leq s f_{t4}$$

σ_{bx4} , σ_{by4} : 柱に生じる強軸及び弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 柱に生じる軸応力度 (N/mm²)

τ_4 : 柱に生じる強軸及び弱軸回りのせん断応力度のうち最大値 (N/mm²)

$s f_{t4}$: 柱の短期許容引張応力度 (N/mm²)

(5) ブレース

a. 軸応力度に対する検定

ブレースに生じる軸応力度は、応力解析により求めたブレースの軸力を用いて次式により算出し、ブレースの短期許容軸応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{t5} = N_{t5} / A_{g5}$$

σ_{t5} : ブレースに生じる軸応力度 (N/mm²)

N_{t5} : ブレースの引張軸力 (N)

A_{g5} : ブレースの断面積 (mm²)

(6) アンカーボルト

a. せん断応力度に対する検定

アンカーボルト1本あたりに生じるせん断力は応力解析にて求めた支点反力を用いて次式により算出し、アンカーボルトの短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$Q_{Ds} = Q / n$$

Q_{Ds} : アンカーボルト1本あたりに生じるせん断力 (kN/本)

Q : 水平方向の支点反力(kN)

n : アンカーボルトの本数 (本)

3.3.4 評価条件

各部材毎に検定比が最大となる代表部材について、ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁の強度評価に用いる入力値を表3-8に、ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁の強度評価に用いる入力値を表3-9に示す。

表 3-8(1) ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁の強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	F_s	kN/m ²	積雪荷重	0.7
	C	—	風力係数	0.4~0.8
	A_1	m ²	風の受圧面積	2.235~ 7.6431
	V_D	m/s	基準風速	30
	E_r	—	平均風速の高さ方向の分布を表す係数	0.899
	G	—	ガスト影響係数	2.2
	Z_G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値	350
	Z_b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値	5
	α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値	0.15
	H	m	建物の高さ	2.1
	ρ_0	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
h	mm	水圧作用高さ	550	
鋼板	W_1	kN/m ²	鋼板に作用する風荷重	0.4532
	L_1	mm	鋼板の短辺長さ	837.6
	Z_1	mm ³	鋼板の断面係数	6000
胴縁	W_2	kN/m ²	胴縁に作用する風荷重	0.4532
	$L_{1'}$	m	胴縁の支配幅	0.7288
	L_2	mm	胴縁の長さ	2265
	Z_2	mm ³	胴縁の断面係数	115000
	A_2	mm ²	胴縁のせん断面積	845

表 3-8(2) ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁の強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
梁	M_{x3}	N・mm	梁の強軸回りの曲げモーメント	9660000
	M_{y3}	N・mm	梁の弱軸回りの曲げモーメント	3670000
	Z_{x3}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数	472000
	Z_{y3}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数	160000
	$N_{c(t)3}$	N	梁の圧縮又は引張軸力	1720
	A_{g3}	mm ²	梁の断面積	6353
	Q_{x3}	N	梁の強軸方向のせん断力	8470
	Q_{y3}	N	梁の弱軸方向のせん断力	3240
	A_{w3}	mm ²	梁のウェブ断面積	1408
	A_{f3}	mm ²	梁のフランジ断面積	4800
柱	M_{x4}	N・mm	柱の強軸回りの曲げモーメント	120000
	M_{y4}	N・mm	柱の弱軸回りの曲げモーメント	1740000
	Z_{x4}	mm ³	柱の強軸回りの断面係数	472000
	Z_{y4}	mm ³	柱の弱軸回りの断面係数	160000
	$N_{c(t)4}$	N	柱の圧縮又は引張軸力	13800
	A_{g4}	mm ²	柱の断面積	6353
	Q_{x4}	N	柱の強軸方向のせん断力	840
	Q_{y4}	N	柱の弱軸方向のせん断力	5190
	A_{w4}	mm ²	柱のウェブ断面積	1408
	A_{f4}	mm ²	柱のフランジ断面積	4800
ブレース	N_{t5}	N	ブレースの引張軸力	1660
	A_{g5}	mm ²	ブレースの断面積	1656
アンカー ボルト	Q	kN	水平方向の支点反力	0.9118
	n	本	アンカーボルトの本数	1

表 3-9(1) ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁の強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	F_s	kN/m ²	積雪荷重	0.7
	C	—	風力係数	0.4~0.8
	A_1	m ²	風の受圧面積	2.235~ 11.13
	V_D	m/s	基準風速	30
	G	—	ガスト影響係数	2.2
	Z_G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値	350
	Z_b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値	5
	α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値	0.15
	H	m	建物の高さ	2.1
	ρ_0	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
h	mm	水圧作用高さ	550	
鋼板	W_1	kN/m ²	鋼板に作用する風荷重	0.4532
	L_1	mm	鋼板の短辺長さ	837.6
	Z_1	mm ³	鋼板の断面係数	6000
胴縁	W_2	kN/m ²	胴縁に作用する風荷重	0.4532
	$L_{1'}$	m	胴縁の支配幅	0.7288
	L_2	mm	胴縁の長さ	2265
	Z_2	mm ³	胴縁の断面係数	115000
	A_2	mm ²	胴縁のせん断断面積	845

表 3-9(2) ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁の強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	数値
梁	M_{x3}	N・mm	梁の強軸回りの曲げモーメント	9490000
	M_{y3}	N・mm	梁の弱軸回りの曲げモーメント	3610000
	Z_{x3}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数	472000
	Z_{y3}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数	160000
	$N_{c(t)3}$	N	梁の圧縮又は引張軸力	1610
	A_{g3}	mm ²	梁の断面積	6353
	Q_{x3}	N	梁の強軸方向のせん断力	8370
	Q_{y3}	N	梁の弱軸方向のせん断力	3230
	A_{w3}	mm ²	梁のウェブ断面積	1408
	A_{f3}	mm ²	梁のフランジ断面積	4800
柱	M_{x4}	N・mm	柱の強軸回りの曲げモーメント	110000
	M_{y4}	N・mm	柱の弱軸回りの曲げモーメント	1740000
	Z_{x4}	mm ³	柱の強軸回りの断面係数	472000
	Z_{y4}	mm ³	柱の弱軸回りの断面係数	160000
	$N_{c(t)4}$	N	柱の圧縮又は引張軸力	13010
	A_{g4}	mm ²	柱の断面積	6353
	Q_{x4}	N	柱の強軸方向のせん断力	750
	Q_{y4}	N	柱の弱軸方向のせん断力	5200
	A_{w4}	mm ²	柱のウェブ断面積	1408
	A_{f4}	mm ²	柱のフランジ断面積	4800
ブレース	N_{t5}	N	ブレースの引張軸力	1870
	A_{g5}	mm ²	ブレースの断面積	1656
アンカー ボルト	Q	kN	水平方向の支点反力	6.829
	n	本	アンカーボルトの本数	2

4. 取水槽海水ポンプエリア防水壁

4.1 強度評価方法

当該防水壁の強度評価は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している方法を用いて、強度評価を実施する。

当該防水壁の強度評価は、「4.1.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し、「4.1.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2.2 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「4.3 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.1.1 記号の説明

当該防水壁の強度評価に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1(1) 強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
P_h	kN/m^2	静水圧荷重
ρ	t/m^3	水の単位体積重量
h_1	mm	水圧作用高さ
W_1	kN/m	風荷重
w	kN/m^2	風圧力
h_2	mm	風荷重作用高さ
F_s	N/m^2	積雪荷重
$M_{\max 1}$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	鋼板に生じる最大曲げモーメント
W	N/mm^2	設計水平分布荷重（鋼板・柱・梁の応力算定）
B	mm	荷重の載荷幅
L	mm	評価対象部材の長さ（ベースプレートの場合、柱からアンカーボルト間の長さ）
$M_{\max 2}$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	柱に生じる最大曲げモーメント
$S_{\max 2}$	N	柱に生じる最大せん断力
$M_{\max 3}$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	梁に生じる最大曲げモーメント
$S_{\max 3}$	N	梁に生じる最大せん断力
$M_{\max 4}$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	ベースプレート引張側の最大曲げモーメント
$S_{\max 4}$	N	ベースプレート引張側の最大せん断力
P	N	アンカーボルト 1 本当たりの引張力

表 4-1(2) 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$M_{\max 5}$	N・mm	ベースプレート押込側の最大曲げモーメント
$S_{\max 5}$	N	ベースプレート押込側の最大せん断力
M_{x1}	—	等分布荷重による曲げ応力算定用の係数
Q_{y1}	—	等分布荷重によるせん断応力算定用の係数
W	N/mm ²	コンクリートの曲げ圧縮応力度 (ベースプレートの応力算定)
L_x	mm	ベースプレートの版の短辺長
A	mm ²	部材の断面積
Q	N	アンカーボルト 1 本当たりのせん断力
V	N	最大鉛直荷重
N	本	アンカーボルト全本数
M	N・mm	最大曲げモーメント
X_i	mm	偏心距離
$\sum n \cdot X_i^2$	mm ²	2 次モーメントの合計値
$S_{\max 6}$	N	アンカーボルトに生じる最大せん断力
P_a	N	アンカーボルトの許容引張力
Q_a	N	アンカーボルトの許容せん断力
σ_b	N/mm ²	部材の曲げ応力度
Z	mm ³	部材の断面係数
τ	N/mm ²	部材のせん断応力度
h	mm	せん断負担幅
t	mm	部材の厚さ
h_w	mm	柱のウェブ高さ
σ_c	N/mm ²	部材に生じる最大圧縮応力度
N_{\max}	N	柱の圧縮力
σ_3	N/mm ²	部材に生じる最大曲げ応力度
τ_3	N/mm ²	部材に生じる最大せん断応力度
f_t	N/mm ²	短期許容引張応力度
f_b	N/mm ²	短期許容曲げ応力度
f_c	N/mm ²	短期許容圧縮応力度
S_{\max}	N	ベースプレートに生じる最大せん断力
B_1	mm	部材断面有効幅

4.1.2 評価対象部位

当該防水壁の評価対象部位は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて、「2.2 構造計画」に示す構造計画にて設定している構造に基づき、溢水に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

当該防水壁の評価対象部位は、防水壁に作用する静水圧荷重が、鋼板、柱及び梁からベースプレート及びアンカーボルトへ伝わり、アンカーボルトを介して取水槽に伝わることから、鋼板、柱、梁、ベースプレート及びアンカーボルトとする。

4.1.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組み合わせを踏まえて設定する。

(1) 溢水による静水圧荷重 (P_h)

溢水による静水圧としての静水圧荷重 P_h を考慮する。静水圧荷重は、評価対象部位周辺の水の単位体積重量 ρ に当該部分の溢水深さを保守的に防水壁天端高さまで考慮した水圧作用高さ h_1 を乗じた次式により算出する。

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot 10^{-3}$$

P_h : 静水圧荷重 (kN/m²)

静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 4-2 に示す。

表 4-2 水圧作用高さ及び水の密度

設備名称	水圧作用高さ h_1 (mm)	水の密度 ρ (t/m ³)
取水槽海水ポンプエリア防水壁	2000	1.03

(2) 風荷重 (W_1)

風速 30m/s 時の風圧力の荷重を考慮する。風荷重 W_1 は、評価対象部位周辺の風圧力 w に当該部分の風荷重作用高さ h_2 を乗じた次式により算出する。

なお、荷重の組み合わせにおいて、静水圧荷重を考慮する際、風圧力は作用しないため、風荷重作用高さは 0 とする。

$$W_1 = w \cdot h_2$$

w : 風圧力 (kN/m²)

風荷重の算定に用いる風荷重作用高さ及び風圧力を表 4-3 に示す。

表 4-3 風荷重作用高さ及び風圧力

設備名称	風荷重作用高さ h_2 (mm)	風圧力 w (kN/m ²)
取水槽海水ポンプエリア防水壁	0	1.71

(3) 積雪荷重 (F_s)

積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」で設定している自然現象の組合せに従って考慮することとし、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」の「4.1 自然現象の組合せについて」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施工細則により、積雪深1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(4) 荷重の組合せ

当該防水壁の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重を踏まえて設定する。

$$P_h + W_1 + F_s$$

P_h : 静水圧荷重

W_1 : 風荷重

F_s : 積雪荷重

((1) 区間-1 (東, 西側) 及び区間-1 (南側) では考慮しない。

(2) 区間-2 については, 柱上部のブラケット部をモデル化し, 竜巻防護ネット上の積雪荷重を考慮する。)

4.2 許容限界

取水槽海水ポンプエリア防水壁の許容限界は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえて、「4.1.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、機能損傷モードを考慮し短期許容応力度又は許容耐力とする。

4.2.1 使用材料

当該防水壁を構成する、鋼板、柱、梁、ベースプレート及びアンカーボルトの使用材料を表 4-5 に示す。

表 4-5(1) 使用材料（区間-1（東，西側）及び区間-1（南側））

評価対象部位	材質	仕様
鋼板	SS400	
柱	SS400	
梁	SS400	
ベースプレート	SS400	
アンカーボルト	SUS304	

表 4-5(2) 使用材料（区間-2）

評価対象部位	材質	仕様
鋼板	SS400	
柱	SS400	
梁	SS400	
ベースプレート	SS400	
アンカーボルト	SD295	

4.2.2 許容限界

(1) 鋼板，柱，梁及びベースプレート

「S規準」に基づき算定した鋼材の許容限界を表4-6に示す。

表4-6 鋼材の短期許容応力度

評価部材 材質：(SS400)	短期許容応力度 (N/mm ²)			
	曲げ	圧縮	引張	せん断
鋼板 柱 梁 ベースプレート	235	235	235	135

(2) アンカーボルト

「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定したアンカーボルトの許容限界を表4-7に示す。

なお、せん断力に対する耐力は、アンカーボルト母材のせん断強度より決まる耐力、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表4-7 アンカーボルトの基準強度

評価部材		材料	許容耐力 (kN)	
			引張	せん断
アンカー ボルト	区間-1 (東, 西側)	SUS304 (□)	82	136
	区間-1 (南側)		126	48
	区間-2	SD295 (□)	246	145

4.3 評価方法

区間-1（東，西側）及び区間-1（南側）についての強度評価は，評価式に基づき行う。区間-2 についての強度評価は，「4.3.1 解析モデル」に示す評価部位全体を対象とした解析モデルを用いたフレーム解析及び評価式に基づき行う。本評価式及び応力解析により得られた個々の部材に生じる応力が許容値以下であることを確認する。応力解析は以下の方針に基づく。

- (1) モデルに作用する荷重及び荷重の組合せは，「4.1.3 荷重及び荷重の組合せ」による。
- (2) 応力解析に使用する解析コードは「F R E M I N G Ver.13.4H」である。なお，解析コードの検証及び妥当性の確認の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

4.3.1 解析モデル

区間-1（東，西側），区間-1（南側）及び区間-2 の断面概念図をそれぞれ図 4-1 及び図 4-2 に示す。なお，実際に作用する荷重分布を点線により示し，応力解析上考慮する荷重分布を実線により示す。

(1) 区間-1（東，西側）及び区間-1（南側）

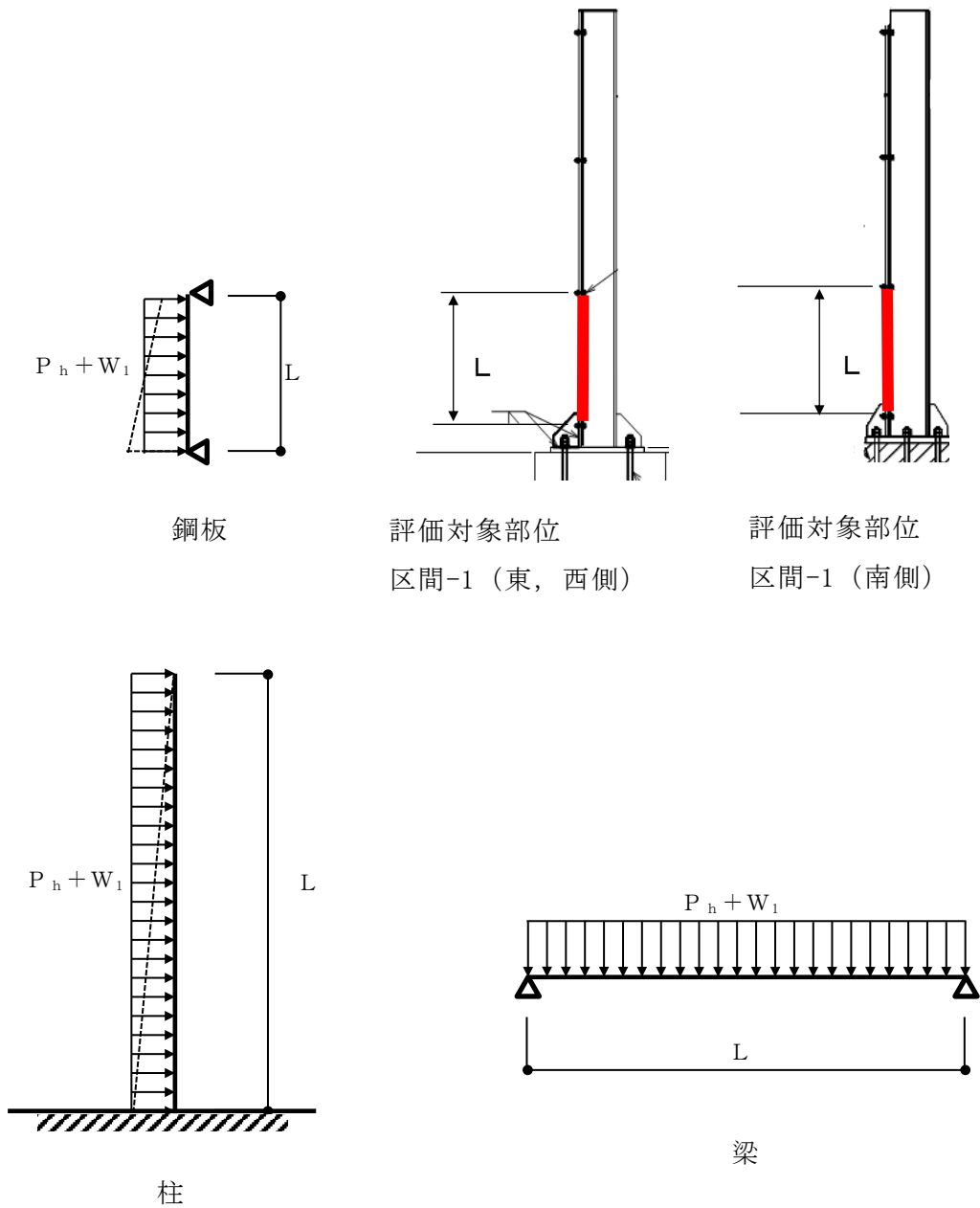


図 4-1 溢水時の各部材に生じる力の断面概念図(1/2)

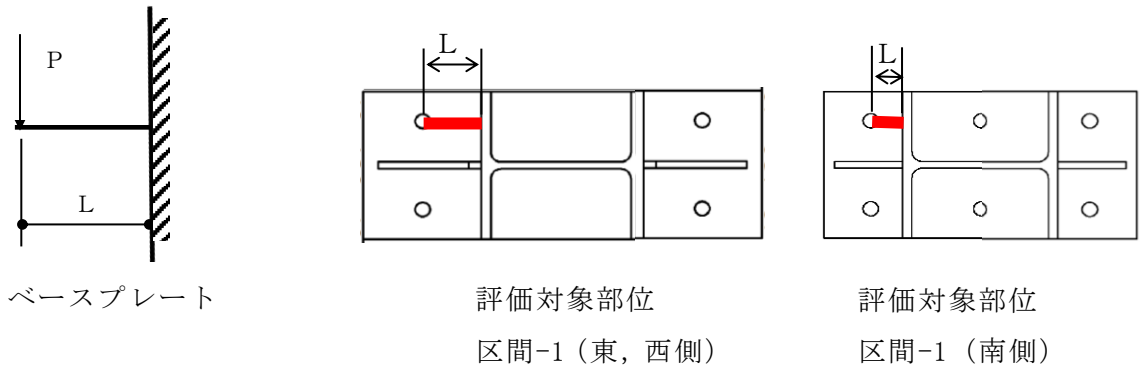


図 4-1 溢水時の各部材に生じる力の断面概念図 (2/2)

(2) 区間-2

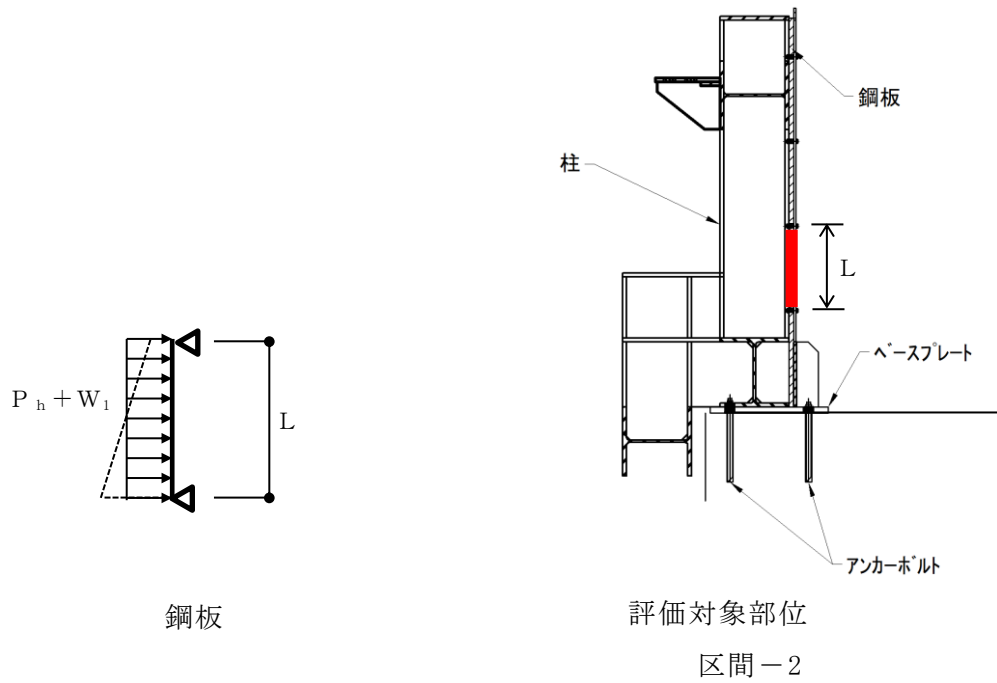


図 4-2 溢水時の各部材に生じる力の断面概念図 (1/2)

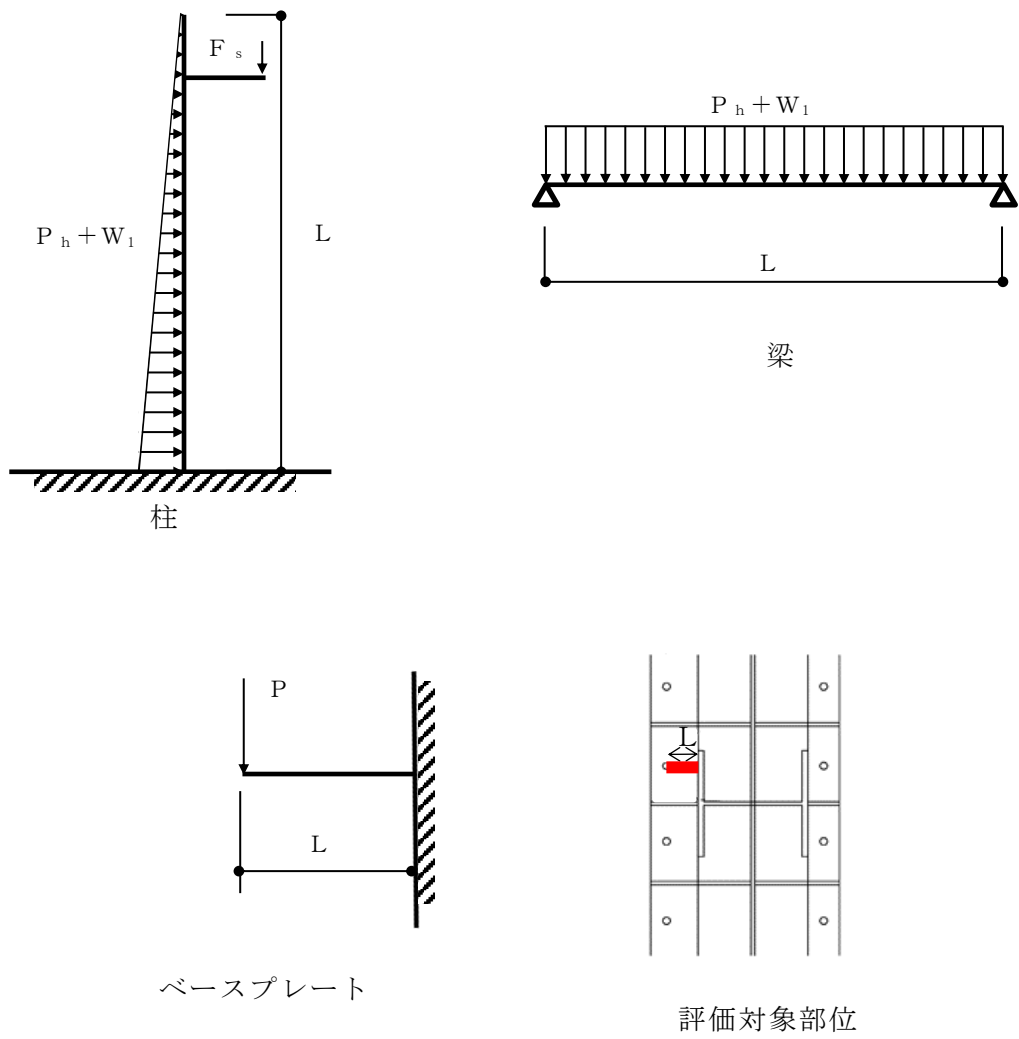


図 4-2 溢水時の各部材に生じる力の断面概念図 (2/2)

4.3.2 応力算定

静水圧荷重を受ける鋼板に生じる曲げ応力，柱に生じる曲げ応力及びせん断応力，ベースプレートに生じる曲げ応力及びせん断応力，梁に生じる曲げ応力及びせん断応力並びにアンカーボルトに生じる引張力，せん断力に対する確認を行うに当たり，区間-1（東，西側）及び区間-1（南側）については，以下の評価式のとおりとなる。区間-2については，鋼板，ベースプレート，梁及びアンカーボルトは，以下の評価式のとおりとなり，柱については，フレーム解析による応力解析により算定する。

(1) 鋼板

（区間-1（東，西側）及び区間-1（南側），区間-2）

$$M_{\max 1} = 1/8 \cdot W \cdot B \cdot L^2$$

$M_{\max 1}$ ：鋼板に生じる最大曲げモーメント（kN・m）

W ：設計水平分布荷重（ $P_h + W_1 + F_s$ ）N/mm²）

B ：荷重の載荷幅（mm）

L ：鋼板の長さ（mm）

(2) 柱（区間-1（東，西側）及び区間-1（南側）のみ*）

$$M_{\max 2} = 1/6 \cdot W \cdot L^2$$

$M_{\max 2}$ ：柱に生じる最大曲げモーメント（N・m）

W：設計水平分布荷重（ $P_h + W_1$ ）（N/mm²）

L：柱の長さ（mm）

$$S_{\max 2} = 1/2 \cdot W \cdot L$$

$S_{\max 2}$ ：柱に生じる最大せん断力（N）

W：設計水平分布荷重（ $P_h + W_1$ ）（N/mm²）

L：柱の長さ（mm）

注記*：区間-2の柱の応力はフレーム解析（FREMING Ver.13.4H）により算定する。

(3) 梁（区間-1（東，西側）及び区間-1（南側），区間-2）

$$M_{\max 3} = 1/8 \cdot W \cdot B \cdot L^2$$

$M_{\max 3}$ ：梁に生じる最大曲げモーメント（N・m）

W：設計水平荷重（ $P_h + W_1 + F_s$ ）（N/mm²）

B：荷重の載荷幅（mm）

L：梁の長さ（mm）

$$S_{\max 3} = 1/2 \cdot W \cdot B \cdot L$$

$S_{\max 3}$ ：梁に生じる最大せん断力（kN）

W：設計水平分布荷重（ $P_h + W_1 + F_s$ ）（N/mm²）

B：荷重の載荷幅（m）

L：梁の長さ（m）

(4) ベースプレート（区間-1（東，西側）及び区間-1（南側））

（引張側）

$$M_{\max 4} = P \cdot L$$

$M_{\max 4}$ ：ベースプレート引張側の最大曲げモーメント（N・mm）

P：アンカーボルト1本当たりの引張力（N）

L：柱からアンカーボルト間の長さ（mm）

$$S_{\max 4} = P$$

$S_{\max 4}$ ：ベースプレート引張側の最大せん断力（N）

P：アンカーボルト1本当たりの引張力（N）

（押込側）

$$M_{\max 5} = M_{x 1} \cdot W \cdot L_x \cdot L_x$$

$M_{\max 5}$ ：ベースプレート押込側の最大曲げモーメント（N・m）

$M_{x 1}$ ：等分布荷重による曲げ応力算定用の係数

W：コンクリートの曲げ圧縮応力度（N/mm²）

L：柱からアンカーボルト間の長さ（mm）

L_x ：ベースプレートの版の短辺長（mm）

$$S_{\max 5} = W \cdot A$$

$S_{\max 5}$ ：ベースプレート押込側の最大せん断力（N）

W：コンクリートの曲げ圧縮応力度（N/mm²）

A：押込み側ベースプレートの断面積（mm²）

(5) ベースプレート (区間-2)

(引張側)

$$M_{\max 4} = P \cdot L$$

$M_{\max 4}$: ベースプレート引張側の最大曲げモーメント (N・m)

P : アンカーボルト 1 本当たりの引張力 (N)

L : 柱からアンカーボルト間の長さ (mm)

$$S_{\max 4} = P$$

$S_{\max 4}$: ベースプレート引張側の最大せん断力 (N/mm)

P : アンカーボルト 1 本当たりの引張力 (N)

(押込側)

$$M_{\max 5} = M_{x1} \cdot W \cdot L_x \cdot L_x$$

$M_{\max 5}$: ベースプレート押込側の最大曲げモーメント (N・mm)

M_{x1} : 等分布荷重による曲げ応力算定用の係数

W : コンクリートの曲げ圧縮応力度 (N/mm²)

L_x : ベースプレートの版の短辺長 (mm)

$$S_{\max 5} = Q_{y1} \cdot W \cdot L_x$$

$S_{\max 5}$: ベースプレート押込み側の最大せん断力 (N)

Q_{y1} : 等分布荷重によるせん断応力算定用の係数

W : コンクリートの曲げ圧縮応力度 (N/mm²)

L_x : 版の短辺長 (mm)

(6) アンカーボルト（区間-1（東，西側）及び区間-1（南側），区間-2）

$$P = V/N - M \cdot X_i / \sum n \cdot X_i^2$$

P：アンカーボルト 1 本当たりの引張力 (kN)

V：最大鉛直荷重 (kN)

N：アンカーボルト全本数 (本)

M：最大曲げモーメント (kN・m)

X_i ：偏心距離 (m)

$\sum n \cdot X_i^2$ ：2 次モーメントの合計値 (m²)

$$Q = S_{\max 6} / N$$

Q：アンカーボルト 1 本当たりのせん断力 (kN)

$S_{\max 6}$ ：アンカーボルトに生じる最大せん断力 (kN)

N：アンカーボルト全本数 (本)

さらに，照査においては以下を確認する。

$$(P/P_a)^2 + (Q/Q_a)^2 \leq 1$$

P：アンカーボルト 1 本当たりの引張力 (kN)

Q：アンカーボルト 1 本当たりのせん断力 (kN)

P_a ：アンカーボルトの許容引張力 (kN)

Q_a ：アンカーボルトの許容せん断力 (kN)

4.3.3 断面検定

(1) 鋼板

a. 曲げ応力度に対する検定

鋼板に生じる曲げ応力度は、応力解析により求めた鋼板の最大曲げモーメントを用いて次式により算出し、鋼板の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_b = M_{\max 1} / Z$$

σ_b : 鋼板の曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{\max 1}$: 鋼板に生じる曲げモーメント (N・mm)

Z : 鋼板の断面係数 (mm³)

(2) 柱

a. 曲げ応力度に対する検定

柱に生じる曲げ応力度は、応力解析により求めた柱の最大曲げモーメントを用いて次式により算出し、柱の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_b = M_{\max 2} / Z$$

σ_b : 柱の曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{\max 2}$: 柱に生じる曲げモーメント (N・mm)

Z : 柱の断面係数 (mm³)

b. せん断応力度に対する検定

柱に生じるせん断応力度は、応力解析により求めた柱のせん断力を用いて次式により算出し、柱の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau = S_{\max 2} / (h_w \cdot t)$$

τ : 柱のせん断応力度 (N/mm²)

$S_{\max 2}$: 柱に生じるせん断力 (N)

h_w : 柱のウェブ高さ (mm)

t : 柱のウェブ厚さ (mm)

c. 圧縮応力度に対する検定

圧縮応力度については，区間-2のみ検定を行う。圧縮力についてはフレーム解析（F R E M I N G Ver. 13. 4H）により算定する。

$$\sigma_c = N_{\max} / A$$

σ_c : 柱の圧縮応力度 (N/mm²)

N_{\max} : 柱の圧縮力 (N)

A : 柱の断面積 (mm²)

d. 曲げ応力度，軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する検定

柱に生じる曲げ応力度，軸応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し，短期許容引張応力度を下回ることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_3 + \sigma_c)^2 + 3 \cdot \tau_3^2} \leq f_t$$

σ_3 : 柱に生じる最大曲げ応力度 (N/mm²)

σ_c : 柱に生じる最大圧縮応力度 (N/mm²)

τ_3 : 柱に生じる最大せん断応力度 (N/mm²)

f_t : 短期許容引張応力度 (N/mm²)

e. 曲げ応力度と圧縮応力度の組合せに対する検定

柱に生じる曲げ応力度と圧縮応力度から，組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し，1を下回ることを確認する。

$$(\sigma_b / f_b) + (\sigma_c / f_c) \leq 1$$

σ_b : 柱に生じる最大曲げ応力度 (N/mm²)

f_b : 短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

σ_c : 柱に生じる最大圧縮応力度 (N/mm²)

f_c : 短期許容圧縮応力度 (N/mm²)

(3) 梁

a. 軸応力度に対する検定

水平材に生じる軸応力度は、応力解析により求めた水平材の軸力を用いて次式により算出し、梁の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_b = M_{\max 3} / Z$$

σ_b : 梁の曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{\max 3}$: 梁に生じる曲げモーメント (N・mm)

Z : 梁の断面係数 (mm³)

b. せん断応力度に対する検定

$$\tau = S_{\max 3} / (h \cdot t)$$

τ : 梁のせん断応力度 (N/mm²)

$S_{\max 3}$: 梁のせん断力 (N)

h : 梁のせん断負担幅 (mm)

t : 鋼板の厚さ (mm)

(4) ベースプレート

a. 曲げ応力度に対する検定

ベースプレートに生じる曲げ応力度は、応力解析により求めたベースプレートの最大曲げモーメントを用いて次式により算出し、ベースプレートの短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_b = M_{\max 4} / Z \text{ (引張側)}$$

$$\sigma_b = 6 \times M_{\max 5} / t^2 \text{ (押込側)}$$

σ_b : ベースプレートの曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{\max 4}$: ベースプレート引張側の最大曲げモーメント (N・mm)

Z : ベースプレートの断面係数 (mm³)

$M_{\max 5}$: ベースプレート押込側の最大曲げモーメント (N・mm)

t : ベースプレートの厚さ (mm)

b. せん断応力度に対する検定

ベースプレートに生じるせん断応力度は、応力解析により求めたベースプレートのせん断力を用いて次式により算出し、ベースプレートの短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

(区間-1 (東, 西側) 及び区間-1 (南側))

$$\tau = S_{\max}/(t \cdot B_1) \text{ (引張側, 押込側)}$$

(区間-2)

$$\tau = S_{\max}/(t \cdot B_1) \text{ (引張側)}$$

$$\tau = S_{\max}/A \text{ (押込側)}$$

τ : ベースプレートのせん断応力度 (N/mm²)

S_{\max} : ベースプレートに生じるせん断力 (N)

($S_{\max4}$ または $S_{\max5}$)

t : ベースプレートの厚さ (mm)

B_1 : 部材断面有効幅 (mm)

A : 部材の断面積 (mm²/mm)

c. 曲げ応力度とせん断応力度の組合せに対する検定

ベースプレートに生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma_3^2 + 3 \cdot \tau_3^2} \leq f_t$$

σ_3 : ベースプレートに生じる最大曲げ応力度 (N/mm²)

τ_3 : ベースプレートに生じる最大せん断応力度 (N/mm²)

f_t : 短期許容引張応力度 (N/mm²)

4.3.4 評価条件

取水槽海水ポンプエリア防水壁の強度評価に用いる入力値を表 4-8 に示す。

表 4-8(1) 取水槽海水ポンプエリア防水壁の強度評価に用いる入力値
(区間-1 (東, 西側))

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	ρ	t/m ³	水の単位体積重量	1.03
	h_1	mm	水圧作用高さ	2000
	w	kN/m ²	風圧力	1.71
	h_2	mm	風荷重作用高さ	0
鋼板	M_{max1}	N・mm	鋼板に生じる曲げモーメント	240000
	W	N/mm ²	設計水平分布荷重	0.0171
	B	mm	荷重の載荷幅	1000
	L	mm	鋼板の長さ	335
	Z	mm ³	鋼板の断面係数	1.35×10^4
柱	M_{max2}	N・mm	柱に生じる曲げモーメント	20.20×10^6
	W	N/mm	設計水平等分布荷重	2.57
	L	mm	部材長	2000
	S_{max2}	N	柱に生じるせん断力	30300
	Z	mm ³	柱の断面係数	4.72×10^6
	h_w	mm	柱のウェブ高さ	176
	t	mm	柱のウェブ厚さ	8
梁	M_{max3}	N・mm	梁に生じる曲げモーメント	1.21×10^6
	W	N/mm ²	設計水平分布荷重	1.865×10^7
	B	mm	荷重の載荷幅	0.308
	L	mm	梁の長さ	1300
	S_{max3}	N	梁に生じるせん断力	3730
	Z	mm ³	梁の断面係数	7960
	h	mm	せん断負担幅	273
	t	mm	プレート厚	9

表 4-8(2) 取水槽海水ポンプエリア防水壁の強度評価に用いる入力値
(区間-1 (東, 西側))

対象部位	記号	単位	定義	数値
ベースプレート	M_{max4}	N・mm	ベースプレート引張側の最大曲げモーメント	1.62×10^6
	P	N	アンカーボルト 1 本当たりの引張力	28980
	L	m	部材長	0.056
	S_{max4}	N	ベースプレート引張側の最大せん断力	28980
	M_{max5}	N・mm	ベースプレート押込側の最大曲げモーメント	17025
	M_{x1}	—	等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	0.399
	W	N/mm ²	コンクリートの曲げ圧縮応力度	4.63
	L_x	mm	ベースプレートの版の短辺長	96
	S_{max5}	N	ベースプレート押込側の最大せん断力	66672
	A	mm ²	押込み側ベースプレート面積	14400
	Z	mm ³	ベースプレートの断面係数	1.36×10^4
	t	mm	プレート厚	25
	B_1	mm	部材断面有効幅	131
アンカーボルト	P	kN	アンカーボルト 1 本当たりの引張力	28.98
	V	kN	最大鉛直荷重	0
	N	本	アンカーボルト全本数	4
	M	kN・m	最大曲げモーメント	20.20
	X_i	m	偏心距離	0.175
	$\sum n \cdot X_i^2$	m ²	2 次モーメントの合計値	0.122
	Q	kN	アンカーボルト 1 本当たりのせん断力	7.58
	S_{max6}	kN	柱に生じる最大せん断力	30.30
	P_a	kN	アンカーボルトの許容引張力	41
	Q_a	kN	アンカーボルトの許容せん断力	34

表 4-8(3) 取水槽海水ポンプエリア防水壁の強度評価に用いる入力値
(区間-1 (南側))

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	ρ	t/m ³	水の単位体積重量	1.03
	h_1	mm	水圧作用高さ	2000
	w	kN/m ²	風圧力	1.71
	h_2	mm	風荷重作用高さ	0
鋼板	$M_{\max 1}$	N・mm	鋼板に生じる曲げモーメント	240000
	W	N/mm ²	設計水平分布荷重	0.0171
	B	mm	荷重の載荷幅	1000
	L	mm	鋼板の長さ	335
	Z	mm ³	鋼板の断面係数	1.35×10^4
柱	$M_{\max 2}$	N・mm	柱に生じる曲げモーメント	20.20×10^6
	W	N/mm	設計水平等分布荷重	2.57
	L	mm	部材長	2000
	$S_{\max 2}$	N	柱に生じるせん断力	30300
	Z	mm ³	柱の断面係数	4.72×10^5
	h_w	mm	柱のウェブ高さ	176
	t	mm	柱のウェブ厚さ	8
梁	$M_{\max 3}$	N・mm	梁に生じる曲げモーメント	1.21×10^6
	W	N/mm ²	設計水平分布荷重	1.865×10^7
	B	mm	荷重の載荷幅	0.308
	L	mm	梁の長さ	1300
	$S_{\max 3}$	N	梁に生じるせん断力	3730
	Z	mm ³	梁の断面係数	7960
	h	mm	せん断負担幅	273
	t	mm	プレート厚	9

表 4-8(4) 取水槽海水ポンプエリア防水壁の強度評価に用いる入力値
(区間-1 (南側))

対象部位	記号	単位	定義	数値
ベースプレート	M_{max4}	N・mm	ベースプレート引張側の最大曲げモーメント	1.45×10^6
	P	N	アンカーボルト 1 本当たりの引張力	36260
	L	m	部材長	40
	S_{max4}	N	ベースプレート引張側の最大せん断力	36260
	M_{max5}	N・mm	ベースプレート押込側の最大曲げモーメント	18469
	M_{x1}	—	等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	0.300
	W	N/mm ²	コンクリートの曲げ圧縮応力度	6.68
	L_x	mm	ベースプレートの版の短辺長	96
	S_{max5}	N	ベースプレート押込側の最大せん断力	64128
	A	mm ²	押込み側ベースプレート面積	9600
	Z	mm ³	ベースプレートの断面係数	1.18×10^4
	t	mm	プレート厚	28
B_1	mm	部材断面有効幅	90	
アンカーボルト	P	kN	アンカーボルト 1 本当たりの引張力	36.26
	V	kN	最大鉛直荷重	0
	N	本	アンカーボルト全本数	6
	M	kN・m	最大曲げモーメント	20.20
	X_i	m	偏心距離	0.140
	$\sum n \cdot X_i^2$	m ²	2 次モーメントの合計値	0.078
	Q	kN	アンカーボルト 1 本当たりのせん断力	5.05
	S_{max6}	kN	柱に生じる最大せん断力	30.30
	P_a	kN	アンカーボルトの許容引張力	63
	Q_a	kN	アンカーボルトの許容せん断力	8

表 4-8(5) 取水槽海水ポンプエリア防水壁の強度評価に用いる入力値
(区間-2)

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	ρ	t/m ³	水の単位体積重量	1.03
	h_1	mm	水圧作用高さ	2000
	w	kN/m ²	風圧力	1.71
	h_2	mm	風荷重作用高さ	0
鋼板	M_{max1}	N・mm	鋼板に生じる曲げモーメント	980000
	W	N/mm ²	設計水平分布荷重	0.0123
	B	mm	荷重の載荷幅	1000
	L	mm	鋼板の長さ	800
	Z	mm ³	鋼板の断面係数	9.60×10^4
柱	M_{max2}	N・mm	柱に生じる曲げモーメント	16.19×10^6
	S_{max2}	N	柱に生じるせん断力	21210
	Z	mm ³	柱の断面係数	2.28×10^6
	h_w	mm	柱のウェブ高さ	312
	t	mm	柱のウェブ厚さ	12
	N_{max}	N	柱の圧縮力	14280
	A	mm ²	柱の断面積	17190
梁	M_{max3}	N・mm	梁に生じる曲げモーメント	7.5×10^5
	W	N/mm ²	設計水平分布荷重	0.01625
	B	mm	荷重の載荷幅	750
	L	mm	梁の長さ	700
	S_{max3}	N	梁に生じるせん断力	4270
	Z	mm ³	梁の断面係数	6.26×10^3
	h	mm	せん断負担幅	750
	t	mm	プレート厚	24

表 4-8(6) 取水槽海水ポンプエリア防水壁の強度評価に用いる入力値
(区間-2)

対象部位	記号	単位	定義	数値
ベースプレート	M_{max4}	N・mm	ベースプレート引張側の最大曲げモーメント	790000
	P	N	アンカーボルト 1 本当たりの引張力	7880
	L	m	部材長	100
	S_{max4}	N	ベースプレート引張側の最大せん断力	7880
	M_{max5}	N・mm	ベースプレート押込側の最大曲げモーメント	2778000
	M_{x1}	—	等分布荷重による曲げ応力算定用の係数	0.343
	Q_{y1}	—	等分布荷重によるせん断応力算定用の係数	1.02
	W	N/mm ²	コンクリートの曲げ圧縮応力度	0.81
	L_x	mm	ベースプレートの版の短辺長	100
	S_{max5}	N	ベースプレート押込側の最大せん断力	83
	A	mm ²	押込み側ベースプレート面積	32
	Z	mm ³	ベースプレートの断面係数	3.84×10^4
	t	mm	プレート厚	32
	B_1	mm	部材断面有効幅	225
アンカーボルト	P	kN	アンカーボルト 1 本当たりの引張力	-7.88
	V	kN	最大鉛直荷重	14.28
	N	本	アンカーボルト全本数	5
	M	kN・m	最大曲げモーメント	16.19
	X_i	m	偏心距離	0.199
	$\sum n \cdot X_i^2$	m ²	2次モーメントの合計値	0.300
	Q	kN	アンカーボルト 1 本当たりのせん断力	4.24
	S_{max6}	kN	柱に生じる最大せん断力	21.21
	P_a	kN	アンカーボルトの許容引張力	82
	Q_a	kN	アンカーボルトの許容せん断力	29

5. 評価結果

図 5-1 に示す防水壁の各部材毎に検定比が最大となる代表部材について、健全性評価結果を表 5-1 に示す。

発生応力度は許容限界以下であり、発生を想定する溢水による静水压荷重に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

表 5-1(1) 構造部材の健全性評価結果 (ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁)

評価部材		発生応力度 又は荷重		許容限界		検定比
鋼板	曲げ	88	N/mm ²	235	N/mm ²	0.38
梁	曲げ (強軸)	21	N/mm ²	187	N/mm ²	0.12
	曲げ (弱軸)	23	N/mm ²	235	N/mm ²	0.10
	せん断	7	N/mm ²	135	N/mm ²	0.06
	圧縮	1	N/mm ²	93	N/mm ²	0.02
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.24
	組合せ (曲げ+せん断 +軸力)	47	N/mm ²	235	N/mm ²	0.20
胴縁	曲げ	25	N/mm ²	235	N/mm ²	0.11
	せん断	6	N/mm ²	135	N/mm ²	0.05
柱	曲げ (強軸)	1	N/mm ²	219	N/mm ²	0.01
	曲げ (弱軸)	11	N/mm ²	235	N/mm ²	0.05
	せん断	2	N/mm ²	135	N/mm ²	0.02
	圧縮	3	N/mm ²	177	N/mm ²	0.02
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.08
	組合せ (曲げ+せん断 +軸力)	16	N/mm ²	235	N/mm ²	0.07
ブレース	引張	1	N/mm ²	235	N/mm ²	0.01
アンカーボルト	せん断	1	kN	14	kN	0.08

表 5-1(2) 構造部材の健全性評価結果 (ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁)

評価部材		発生応力度 又は荷重		許容限界		検定比
鋼板	曲げ	88	N/mm ²	235	N/mm ²	0.38
梁	曲げ (強軸)	21	N/mm ²	187	N/mm ²	0.12
	曲げ (弱軸)	23	N/mm ²	235	N/mm ²	0.10
	せん断	6	N/mm ²	135	N/mm ²	0.05
	圧縮	1	N/mm ²	93	N/mm ²	0.02
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.24
	組合せ (曲げ+せん断 +軸力)	47	N/mm ²	235	N/mm ²	0.20
胴縁	曲げ	25	N/mm ²	235	N/mm ²	0.11
	せん断	6	N/mm ²	135	N/mm ²	0.05
柱	曲げ (強軸)	1	N/mm ²	219	N/mm ²	0.01
	曲げ (弱軸)	11	N/mm ²	235	N/mm ²	0.05
	せん断	2	N/mm ²	135	N/mm ²	0.02
	圧縮	3	N/mm ²	177	N/mm ²	0.02
	組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.08
	組合せ (曲げ+せん断 +軸力)	16	N/mm ²	235	N/mm ²	0.07
ブレース	引張	2	N/mm ²	235	N/mm ²	0.01
アンカーボルト	せん断	4	kN	50	kN	0.08

表 5-1(3) 構造部材の健全性評価結果
 (取水槽海水ポンプエリア防水壁 (区間-1 (東側), (西側)))

評価部材			発生応力度 又は荷重		許容限界		検定比
鋼板	SS400	曲げ	18	N/mm ²	235	N/mm ²	0.08
柱	SS400	曲げ	43	N/mm ²	235	N/mm ²	0.19
		せん断	22	N/mm ²	135	N/mm ²	0.17
		組合せ (曲げ+せん断)	57	N/mm ²	235	N/mm ²	0.25
梁	SS400	曲げ	153	N/mm ²	235	N/mm ²	0.66
		せん断	2	N/mm ²	135	N/mm ²	0.02
ベース プレート	SS400	曲げ (引張側)	120	N/mm ²	235	N/mm ²	0.52
		せん断 (引張側)	9	N/mm ²	135	N/mm ²	0.07
		組合せ (曲げ+せん断) (引張側)	121	N/mm ²	235	N/mm ²	0.52
		曲げ (押込側)	164	N/mm ²	235	N/mm ²	0.70
		せん断 (押込側)	21	N/mm ²	135	N/mm ²	0.16
		組合せ (曲げ+せん断) (押込側)	168	N/mm ²	235	N/mm ²	0.72
アンカー ボルト	SUS304	せん断	31	kN	136	kN	0.23
		引張	58	kN	82	kN	0.71
		組合せ (せん断+引張)	—	—	—	—	0.55

表 5-1(4) 構造部材の健全性評価結果
 (取水槽海水ポンプエリア防水壁 (区間-1 (南側)))

評価部材			発生応力度 又は荷重		許容限界		検定比
鋼板	SS400	曲げ	18	N/mm ²	235	N/mm ²	0.08
柱	SS400	曲げ	43	N/mm ²	235	N/mm ²	0.19
		せん断	22	N/mm ²	135	N/mm ²	0.17
		組合せ (曲げ+せん断)	57	N/mm ²	235	N/mm ²	0.25
梁	SS400	曲げ	153	N/mm ²	235	N/mm ²	0.66
		せん断	2	N/mm ²	135	N/mm ²	0.02
ベース プレート	SS400	曲げ (引張側)	123	N/mm ²	235	N/mm ²	0.53
		せん断 (引張側)	15	N/mm ²	135	N/mm ²	0.12
		組合せ (曲げ+せん断) (引張側)	126	N/mm ²	235	N/mm ²	0.54
		曲げ (押込側)	142	N/mm ²	235	N/mm ²	0.61
		せん断 (押込側)	26	N/mm ²	135	N/mm ²	0.20
		組合せ (曲げ+せん断) (押込側)	149	N/mm ²	235	N/mm ²	0.64
アンカー ボルト	SUS304	せん断	31	kN	48	kN	0.65
		引張	73	kN	126	kN	0.58
		組合せ (せん断+引張)	—	—	—	—	0.73

表 5-1(5) 構造部材の健全性評価結果
(取水槽海水ポンプエリア防水壁 (区間-2))

評価部材			発生応力度 又は荷重		許容限界		検定比
鋼板	SS400	曲げ	11	N/mm ²	235	N/mm ²	0.05
柱	SS400	曲げ	8	N/mm ²	235	N/mm ²	0.04
		圧縮	1	N/mm ²	235	N/mm ²	0.01
		せん断	6	N/mm ²	135	N/mm ²	0.05
		組合せ (曲げ+せん断+軸力)	13	N/mm ²	235	N/mm ²	0.06
		組合せ (曲げ+軸力)	—	—	—	—	0.04
梁	SS400	曲げ	120	N/mm ²	235	N/mm ²	0.52
		せん断	1	N/mm ²	135	N/mm ²	0.01
ベース プレート	SS400	曲げ (引張側)	21	N/mm ²	235	N/mm ²	0.09
		せん断 (引張側)	2	N/mm ²	135	N/mm ²	0.02
		組合せ (曲げ+せん断) (引張側)	21	N/mm ²	235	N/mm ²	0.09
		曲げ (押込側)	17	N/mm ²	235	N/mm ²	0.08
		せん断 (押込側)	3	N/mm ²	135	N/mm ²	0.03
		組合せ (曲げ+せん断) (押込側)	17	N/mm ²	235	N/mm ²	0.08
アンカー ボルト	SD295	せん断	22	kN	145	kN	0.16
		引張	24	kN	246	kN	0.10
		組合せ (せん断+引張)	—	—	—	—	0.03

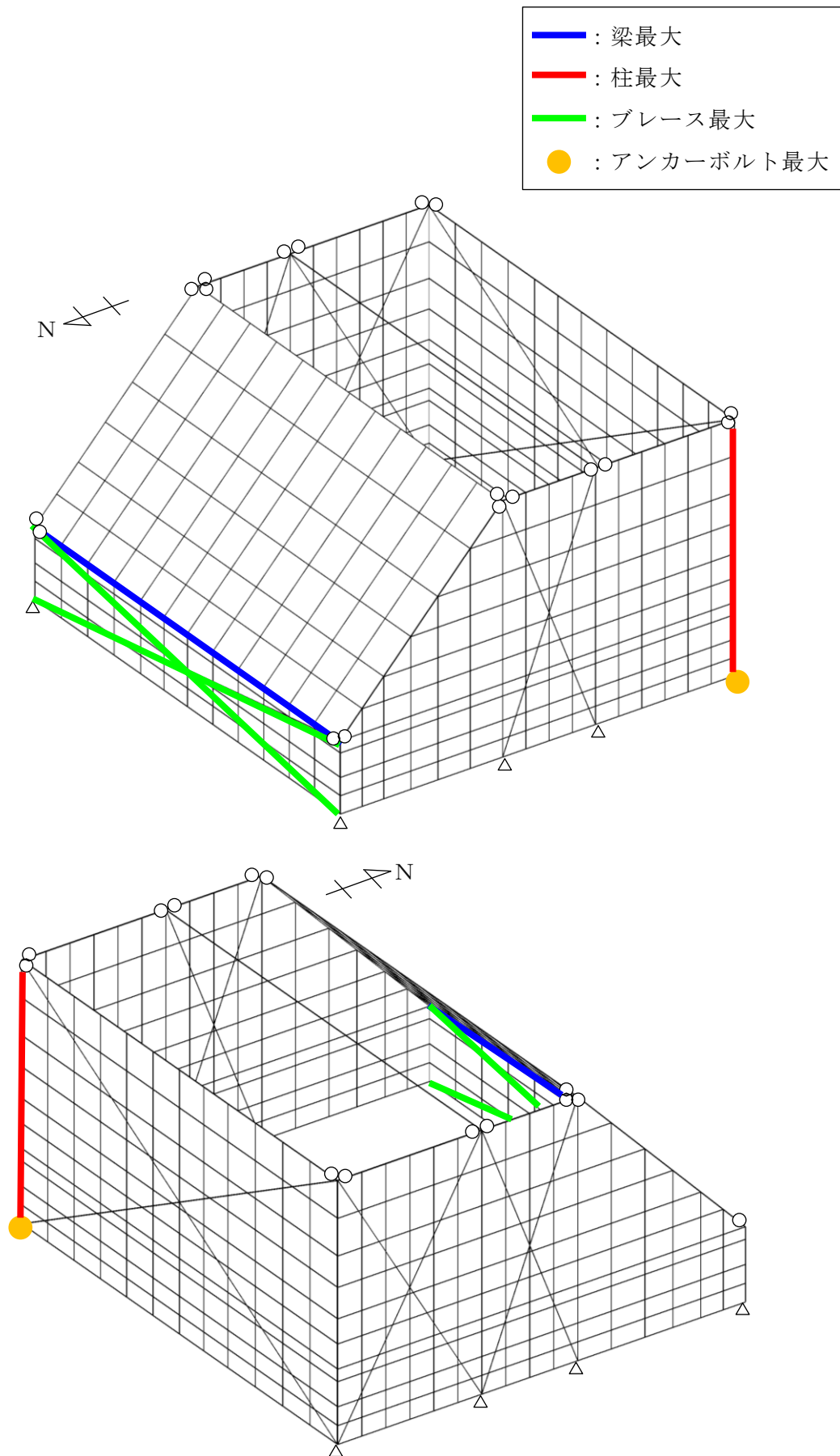


図 5-1(1) 最大検定比箇所 (ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側防水壁)

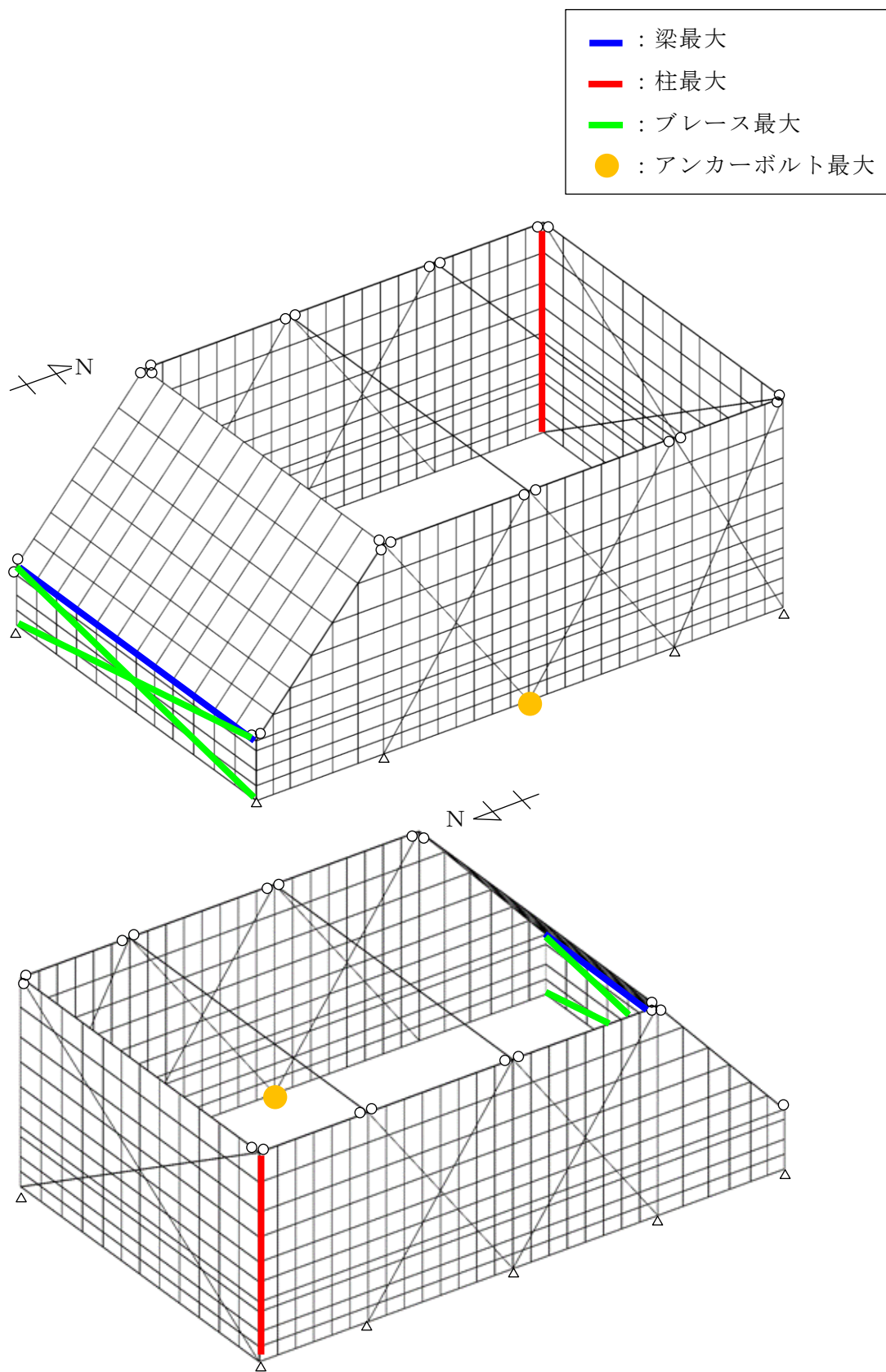


図 5-1(2) 最大検定比箇所 (ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側防水壁)

VI-3-別添 3-4-2 水密扉の強度計算書（溢水）

目 次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	検討対象水密扉一覧	2
2.2	配置概要	4
2.3	構造計画	17
2.4	評価方針	21
2.5	適用規格・基準等	23
2.6	記号の説明	24
3.	強度評価	30
3.1	タイプⅠ	30
3.1.1	評価対象部位	30
3.1.2	荷重及び荷重の組合せ	34
3.1.3	許容限界	36
3.1.4	評価方法	38
3.1.5	評価条件	46
3.2	タイプⅡ	47
3.2.1	評価対象部位	47
3.2.2	荷重及び荷重の組合せ	50
3.2.3	許容限界	53
3.2.4	評価方法	55
3.2.5	評価条件	60
3.3	タイプⅢ	61
3.3.1	評価対象部位	61
3.3.2	荷重及び荷重の組合せ	63
3.3.3	許容限界	64
3.3.4	評価方法	66
3.3.5	評価条件	69
3.4	タイプⅣ	70
3.4.1	評価対象部位	70
3.4.2	荷重及び荷重の組合せ	72
3.4.3	許容限界	74
3.4.4	評価方法	76
3.4.5	評価条件	86
4.	評価結果	87

1. 概要

本計算書は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、溢水防護設備である原子炉建物水密扉、タービン建物水密扉、廃棄物処理建物水密扉、ディーゼル燃料移送ポンプエリア水密扉、制御室建物水密扉、サイトバンカ建物水密扉、取水槽海水ポンプエリア水密扉、復水貯蔵タンク水密扉、補助復水貯蔵タンク水密扉、トーラス水受入タンク水密扉及び屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）水密扉（以下「水密扉」という。）が、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持することを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 検討対象水密扉一覧

検討対象の水密扉を表 2-1 に示す。

表 2-1(1) 検討対象水密扉一覧

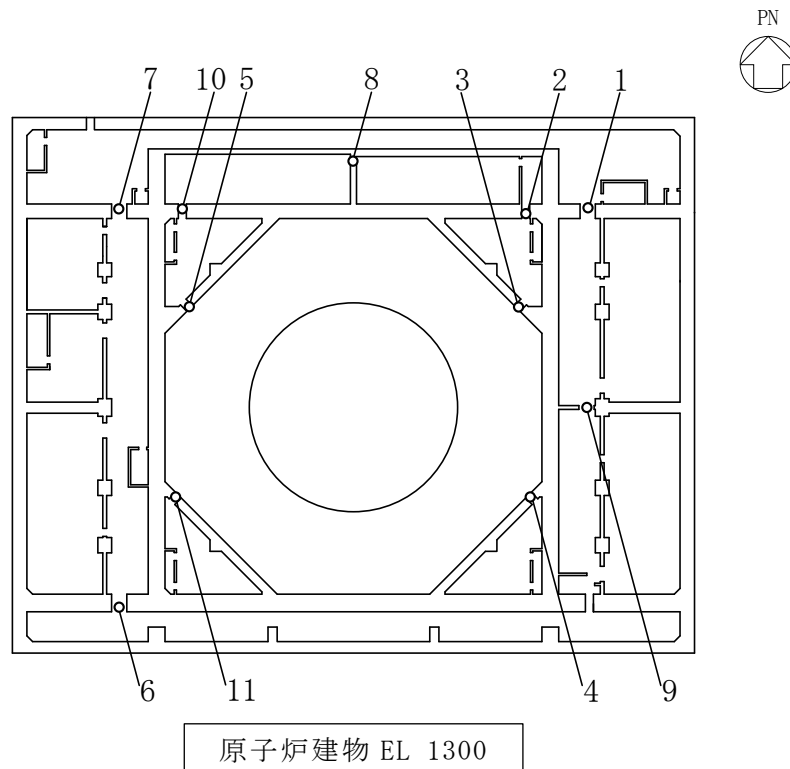
水密扉 No.	扉名称	設置高さ
		EL
1	原子炉建物地下 2 階 A-DG 制御盤室北側水密扉	2.6m
2	原子炉建物地下 2 階 A-RHR ポンプ室北側水密扉	1.3m
3	原子炉建物地下 2 階 トーラス室北東水密扉	1.3m
4	原子炉建物地下 2 階 トーラス室南東水密扉	1.3m
5	原子炉建物地下 2 階 トーラス室北西水密扉	1.3m
6	原子炉建物地下 2 階 H-DG 制御盤室南側水密扉	2.8m
7	原子炉建物地下 2 階 H-DG 制御盤室北側水密扉	2.6m
8	原子炉建物地下 2 階 RCIC ポンプ室西側水密扉	1.3m
9	原子炉建物地下 2 階 A-DG 制御盤室南側水密扉	2.8m
10	原子炉建物地下 2 階 C-RHR ポンプ室南側水密扉	1.3m
11	原子炉建物地下 2 階 トーラス室南西水密扉	1.3m
12	原子炉建物地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉 (南側)	8.8m
13	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室南側水密扉	8.8m
14	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室東側水密扉	8.8m
15	原子炉建物地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉 (階段室)	8.8m
16	原子炉建物地下 1 階 東側エアロック前水密扉	8.8m
17	原子炉建物 1 階 RCW 熱交換器室南側水密扉	15.3m
18	原子炉建物 1 階 大物搬入口水密扉	15.3m
19	タービン建物地下 1 階 TCW 熱交換器室南側水密扉	2.65m
20	タービン建物 1 階 西側エアロック前水密扉	8.8m
21	タービン建物 2 階 常用電気室南側水密扉	12.5m
22	タービン建物 2 階 大物搬入口水密扉	12.5m
23	タービン建物 2 階 離相母線室南側水密扉	12.5m
24	廃棄物処理建物地下 1 階 被服置場北側水密扉	8.8m
25	廃棄物処理建物 1 階 大物搬入口水密扉	15.3m
26	廃棄物処理建物 1 階 ドラム缶搬入口水密扉	15.3m
27	廃棄物処理建物 2 階 非常用再循環送風機室東側水密扉	25.3m
28	ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側水密扉	8.7m

表 2-1(2) 検討対象水密扉一覧

水密扉 No.	扉名称	設置高さ
		EL
29	ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側水密扉	8.7m
30	制御室建物 2 階チェックポイント連絡水密扉	8.8m
31	サイトバンカ建物 1 階南東側ポンプ室水密扉	8.8m
32	取水槽海水ポンプエリア水密扉 (東)	1.1m
33	取水槽海水ポンプエリア水密扉 (中)	1.1m
34	取水槽海水ポンプエリア水密扉 (西)	1.1m
35	復水貯蔵タンク水密扉	16.1m
36	補助復水貯蔵タンク水密扉	16.1m
37	トーラス水受入タンク水密扉	16.1m
38	屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物) 水密扉	11.26m

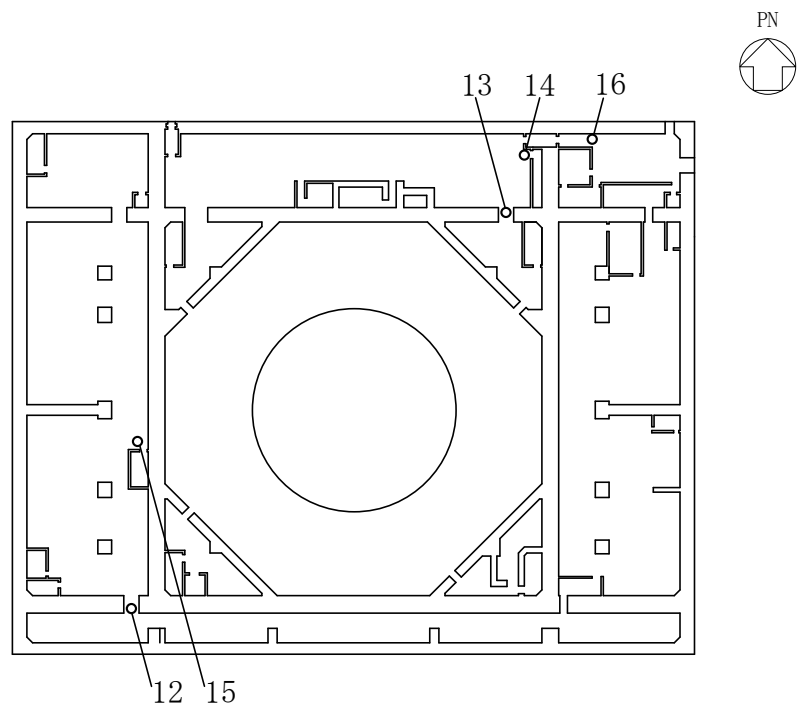
2.2 配置概要

原子炉建物水密扉の設置位置図を図 2-1 に，タービン建物水密扉の設置位置図を図 2-2 に，廃棄物処理建物水密扉の設置位置図を図 2-3 に，ディーゼル燃料移送ポンプエリア水密扉の設置位置図を図 2-4 に，制御室建物水密扉の設置位置図を図 2-5 に，サイトバンカ建物水密扉の設置位置図を図 2-6 に，取水槽海水ポンプエリア水密扉を図 2-7 に，復水貯蔵タンク水密扉，補助復水貯蔵タンク水密扉，トールス水受入タンク水密扉及び屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）水密扉の設置位置図を図 2-8 に示す。



1	原子炉建物地下 2 階 A-DG 制御盤室北側水密扉
2	原子炉建物地下 2 階 A-RHR ポンプ室北側水密扉
3	原子炉建物地下 2 階 トールス室北東水密扉
4	原子炉建物地下 2 階 トールス室南東水密扉
5	原子炉建物地下 2 階 トールス室北西水密扉
6	原子炉建物地下 2 階 H-DG 制御盤室南側水密扉
7	原子炉建物地下 2 階 H-DG 制御盤室北側水密扉
8	原子炉建物地下 2 階 RCIC ポンプ室西側水密扉
9	原子炉建物地下 2 階 A-DG 制御盤室南側水密扉
10	原子炉建物地下 2 階 C-RHR ポンプ室南側水密扉
11	原子炉建物地下 2 階 トールス室南西水密扉

図 2-1(1) 水密扉の設置位置図（原子炉建物 地下 2 階）



原子炉建物 EL 8800

12	原子炉建物地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉（南側）
13	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室南側水密扉
14	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室東側水密扉
15	原子炉建物地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉（階段室）
16	原子炉建物地下 1 階東側エアロック前水密扉

図 2-1(2) 水密扉の設置位置図（原子炉建物 地下 1 階）

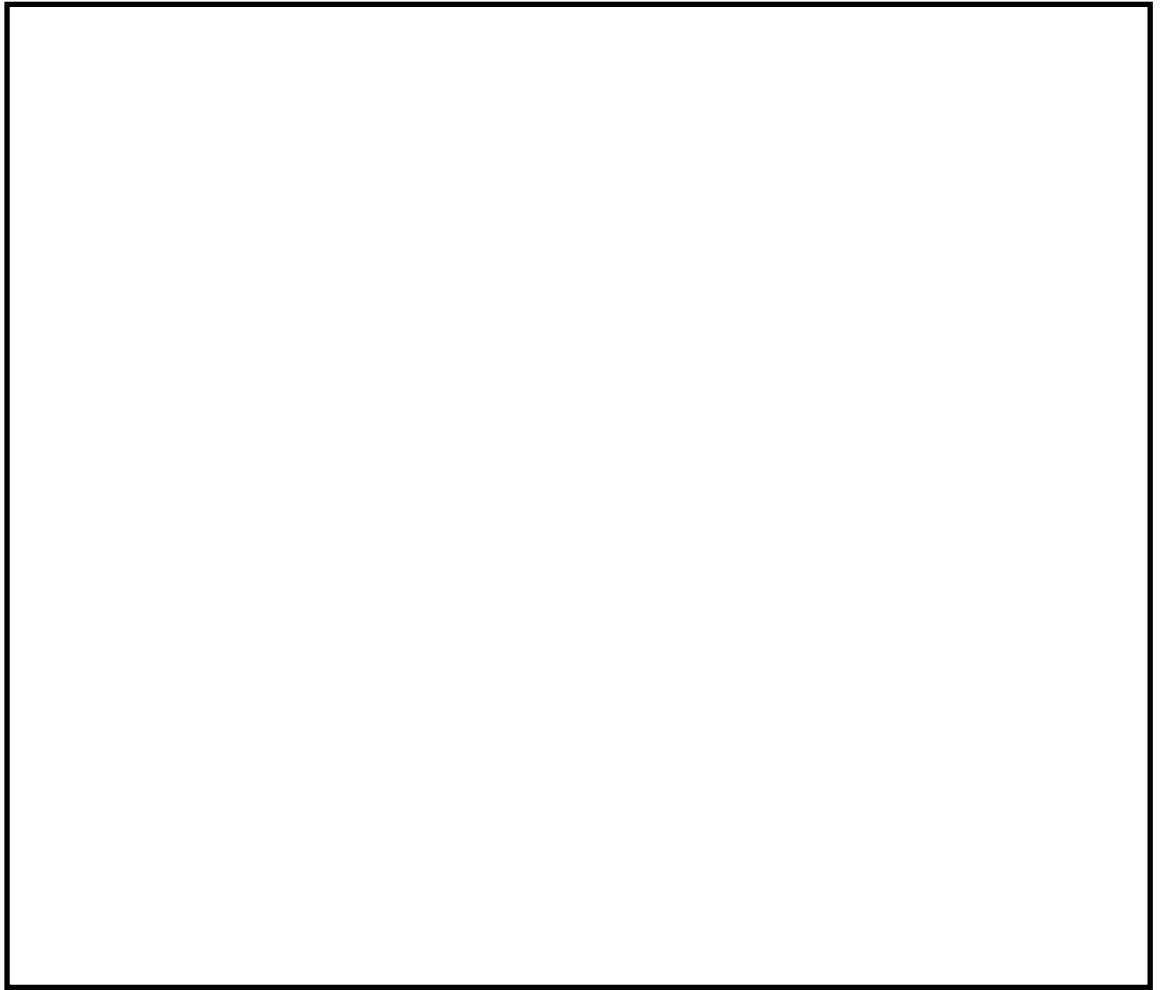
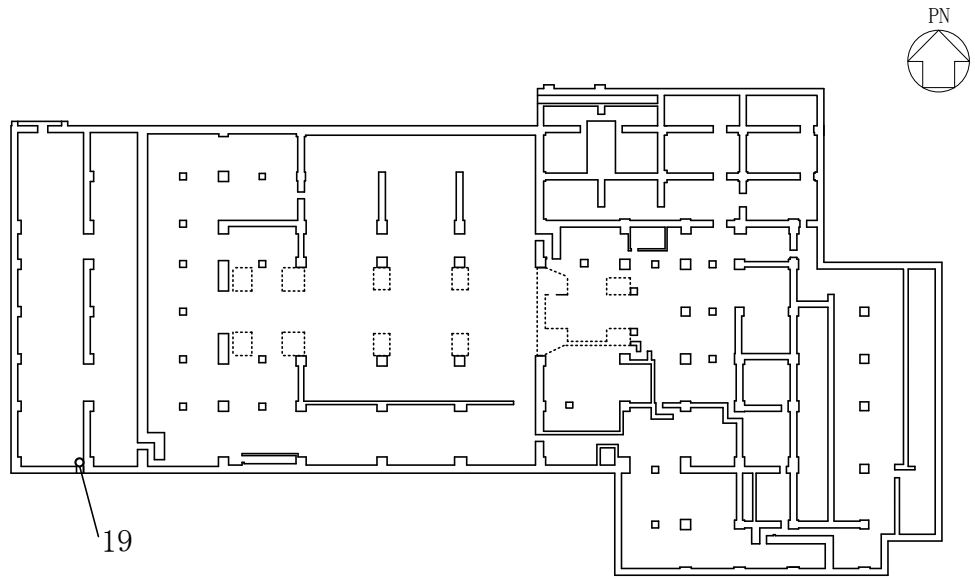


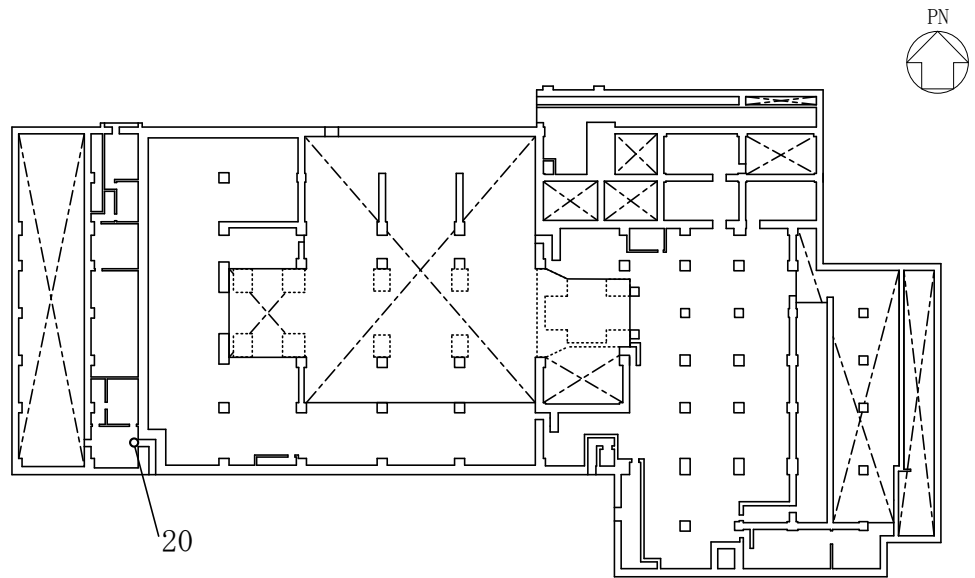
図 2-1(3) 水密扉の設置位置図 (原子炉建物 1階)



タービン建物 EL 2000

19	タービン建物地下 1 階 TCW 熱交換機室南側水密扉
----	-----------------------------

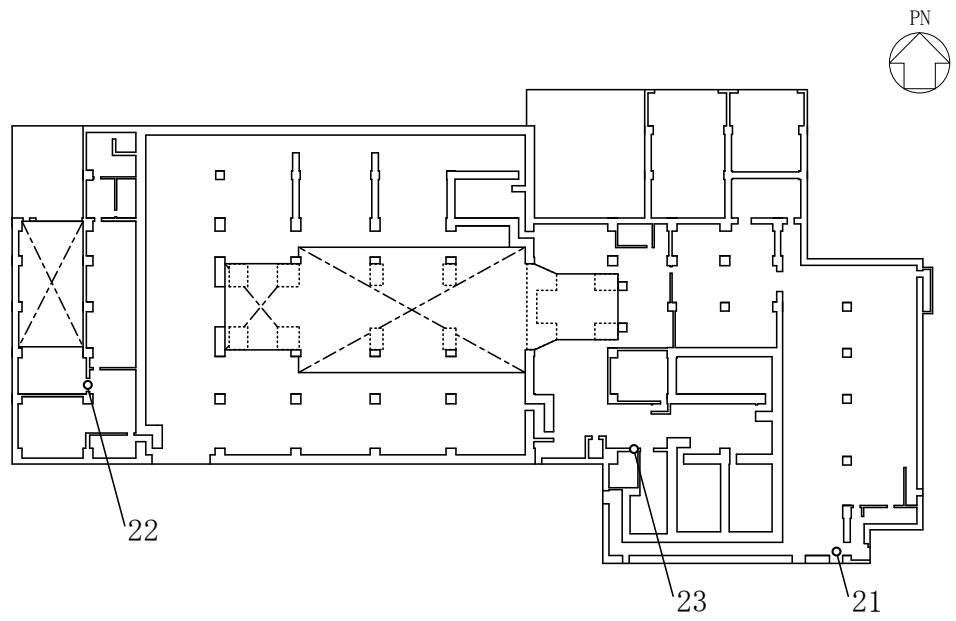
図 2-2(1) 水密扉の設置位置図 (タービン建物 地下 1 階)



タービン建物 EL 5500

20	タービン建物 1 階西側エアロック前水密扉
----	-----------------------

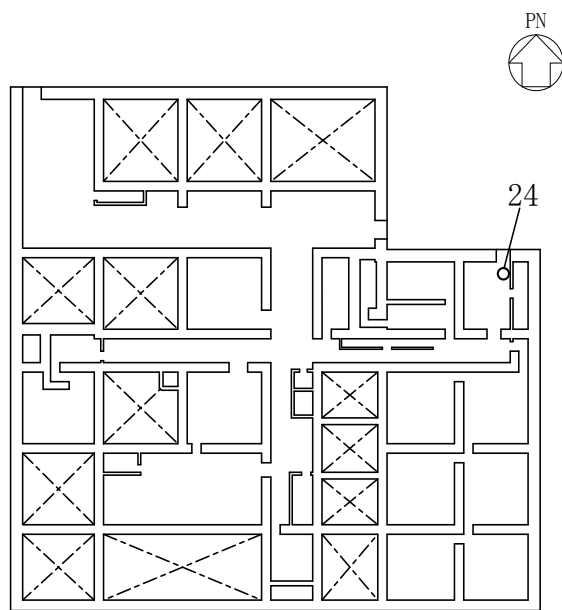
図 2-2(2) 水密扉の設置位置図 (タービン建物 1 階)



タービン建物 EL 12500

21	タービン建物 2 階常用電気室南側水密扉
22	タービン建物 2 階大物搬入口水密扉
23	タービン建物 2 階離相母線室南側水密扉

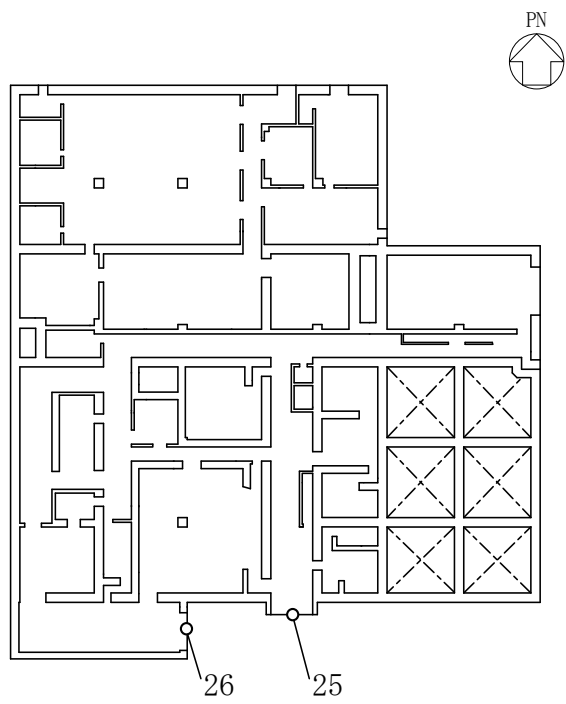
図 2-2(3) 水密扉の設置位置図 (タービン建物 2 階)



廃棄物処理建物 EL 8800

24	廃棄物処理建物地下 1 階被服置場北側水密扉
----	------------------------

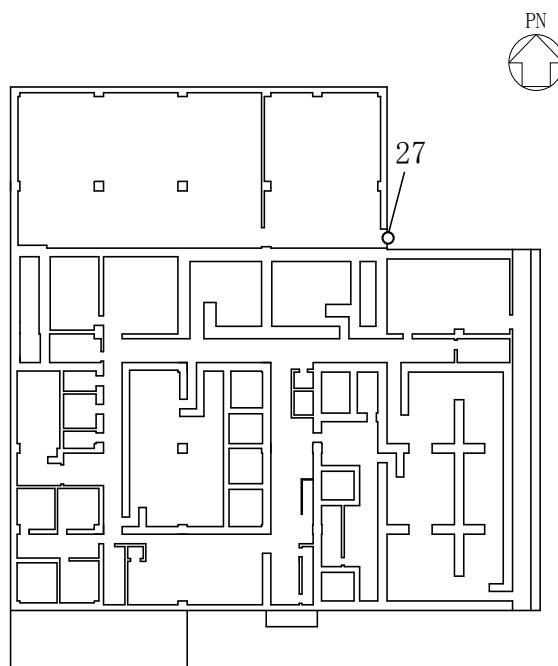
図 2-3(1) 水密扉の設置位置図 (廃棄物処理建物 地下 1 階)



廃棄物処理建物 EL 15300

25	廃棄物処理建物 1 階大物搬入口水密扉
26	廃棄物処理建物 1 階ドラム缶搬入口水密扉

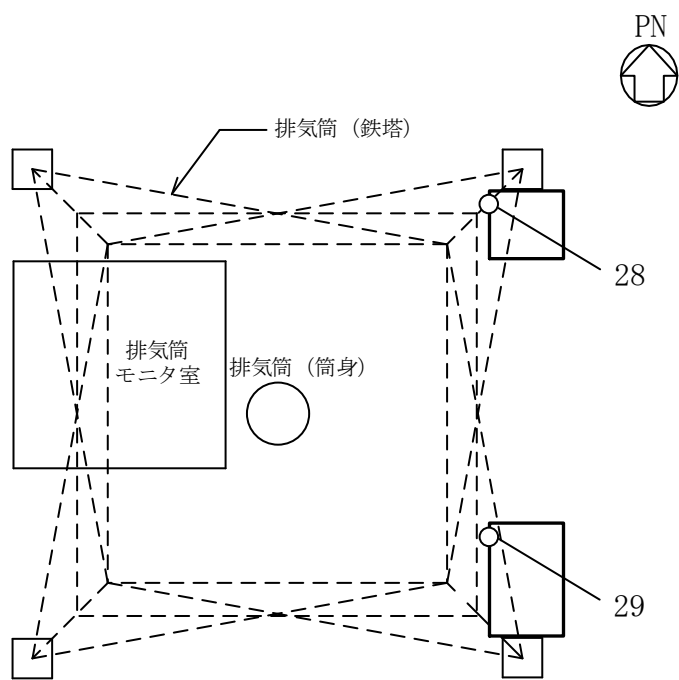
図 2-3(2) 水密扉の設置位置図 (廃棄物処理建物 1 階)



廃棄物処理建物 EL 22100

27	廃棄物処理建物 2 階非常用再循環送風機室東側水密扉
----	----------------------------

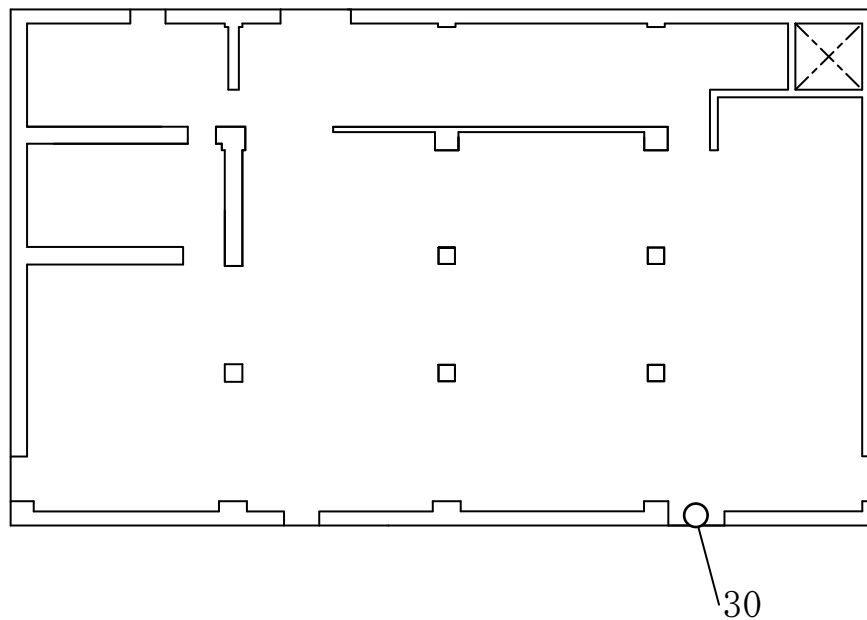
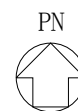
図 2-3(3) 水密扉の設置位置図 (廃棄物処理建物 2 階)



ディーゼル燃料移送ポンプエリア EL 8700

28	ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側水密扉
29	ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側水密扉

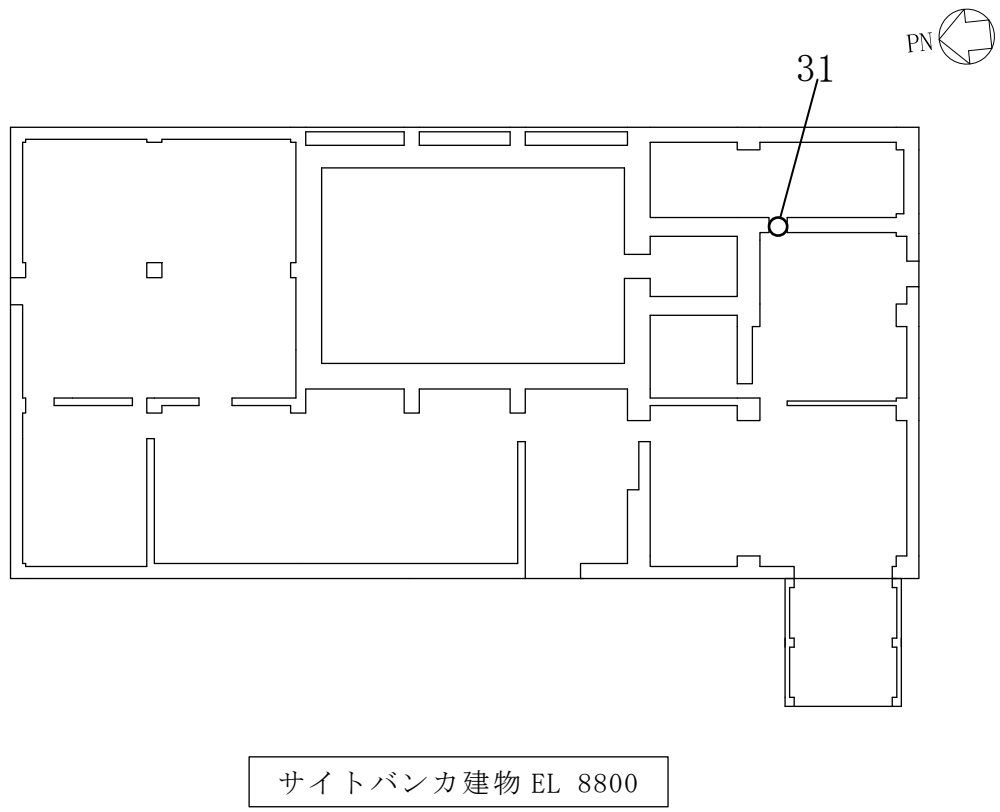
図 2-4 水密扉の設置位置図 (ディーゼル燃料移送ポンプエリア)



制御室建物 EL 8800

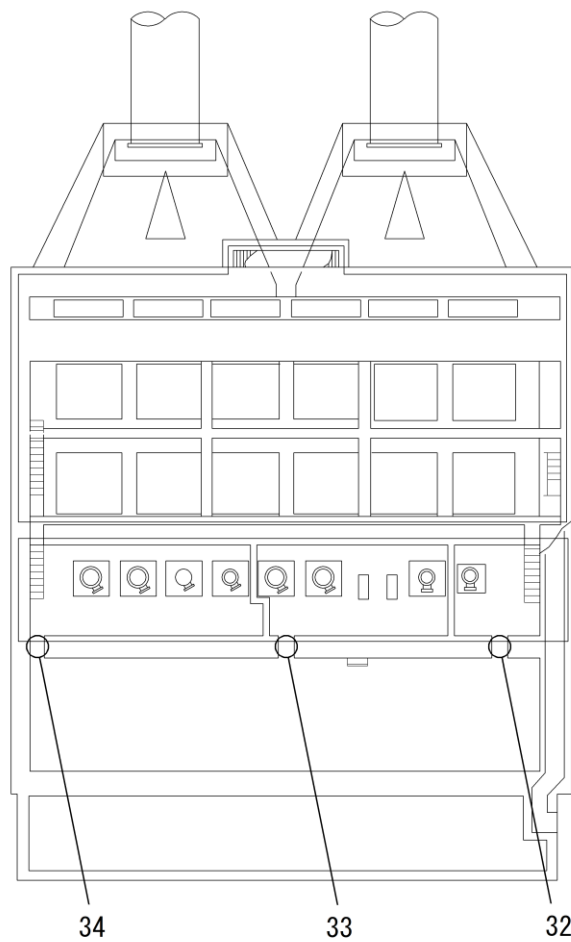
30	制御室建物 2 階チェックポイント連絡水密扉
----	------------------------

図 2-5 水密扉の設置位置図 (制御室建物 2 階)



31	サイトバンカ建物 1階南東側ポンプ室水密扉
----	-----------------------

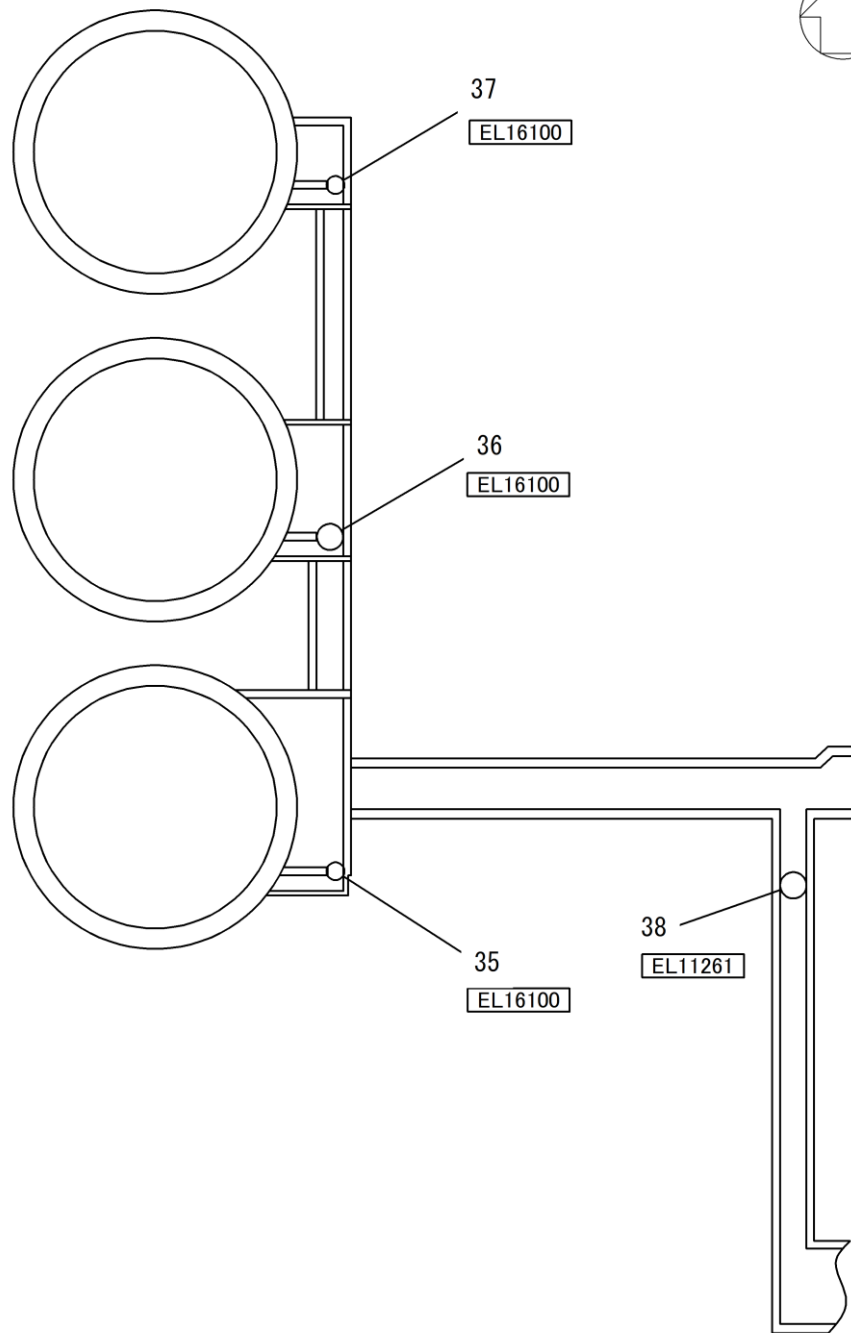
図 2-6 水密扉の設置位置図 (サイトバンカ建物 1階)



取水槽 EL 1100

32	取水槽海水ポンプエリア水密扉（東）
33	取水槽海水ポンプエリア水密扉（中）
34	取水槽海水ポンプエリア水密扉（西）

図 2-7 水密扉の設置位置図（取水槽海水ポンプエリア）



35	復水貯蔵タンク水密扉
36	補助復水貯蔵タンク水密扉
37	トーラス水受入タンク水密扉
38	屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）水密扉

図 2-8 水密扉の設置位置図（復水貯蔵タンクエリア及び屋外配管ダクト（B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）エリア）

2.3 構造計画

水密扉の構造は、タイプⅠ～タイプⅣに区分しており、各水密扉の構造計画を表 2-2～表 2-5 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画（タイプⅠ）

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキ（差込形）を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキ（差込形）により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	

表 2-3 水密扉の構造計画 (タイプ II)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキ（回転形）を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキ（回転形）により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>The diagram illustrates the construction of a Type II watertight door. The upper portion is a plan view showing the door frame (扉枠) and door plate (扉板) with a core (芯材) and a rotating stop (カンヌキ). The door is hinged (ヒンジ) to the building body (建物(躯体)). The lower portion is a cross-section showing the door plate (扉板) and core (芯材) attached to the building body (建物(躯体)) with anchor bolts (アンカーボルト).</p>

表 2-4 水密扉の構造計画 (タイプⅢ)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキ (レバー形) を鉄骨躯体に差込み、扉と鉄骨躯体を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が鉄骨躯体に固定され、扉閉止時には、カンヌキ (レバー形) により扉と鉄骨躯体が一体化する構造とする。</p>	

表 2-5 水密扉の構造計画 (タイプⅣ)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>扉部と躯体との間にパネル部を有する構造とし、扉部とパネル部により構成する。扉部は片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。また、扉枠はパネル部と接合し、一体化させる構造とする。</p>	<p>扉開放時には、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はパネル部へ接合される構造とする。また、パネル部はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	

S2 補 VI-3-別添 3-4-2 R0

2.4 評価方針

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、水密扉の評価対象部位に作用する応力等が許容限界内に収まることを、各設備の「3. 強度評価」に示す方法により、水密扉のタイプごとに「3.1.5 評価条件」、「3.2.5 評価条件」、「3.3.5 評価条件」、「3.4.5 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、応力評価の確認結果を「4. 評価結果」にて確認する。

水密扉の強度評価フローを図 2-9 に示す。水密扉の強度評価においては、その構造を踏まえ、静水圧荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し、評価対象部位を設定する。

(1) タイプⅠ

水密扉のタイプⅠの強度評価においては、荷重を静的に作用させる静的解析により、扉板、芯材、カンヌキの発生応力並びにアンカーボルトの発生荷重を算定し、許容限界との比較を行う。

(2) タイプⅡ

水密扉のタイプⅡの強度評価においては、荷重を静的に作用させる静的解析により、扉板、芯材の発生応力並びにアンカーボルトの発生荷重を算定し、許容限界との比較を行う。

(3) タイプⅢ

水密扉のタイプⅢの強度評価においては、荷重を静的に作用させる静的解析により、扉板、芯材の発生応力を算定し、許容限界との比較を行う。

(4) タイプⅣ

水密扉のタイプⅣの強度評価においては、荷重を静的に作用させる静的解析により、パネル部を構成するパネル板、柱、梁、パネル芯材の発生応力並びにアンカーボルトの発生荷重を算定し、許容限界との比較を行う。

なお、扉部については、タイプⅠ及びタイプⅡに含めて評価する。

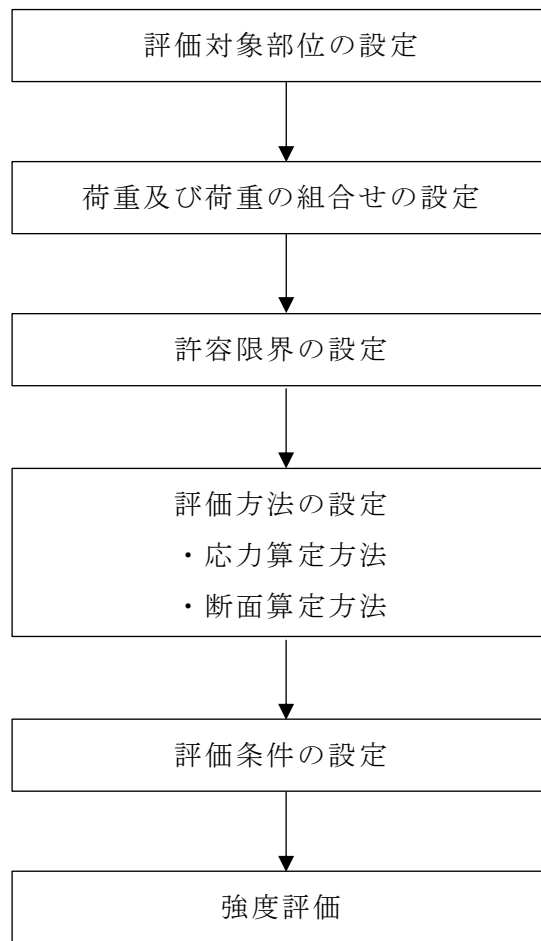


図 2-9 水密扉の強度評価フロー

2.5 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令
- (2) 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- (3) 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）
- (4) J I S G 4 3 0 3－2012 ステンレス鋼棒
- (5) J I S G 4 0 5 1－2016 機械構造用炭素鋼鋼材
- (6) J I S G 4 0 5 3－2016 機械構造用合金鋼鋼材
- (7) J I S B 1 0 5 4－1－2013 耐食ステンレス鋼製締結用部品の機械的性質

2.6 記号の説明

水密扉の強度評価に用いる記号を表 2-6～表 2-9 に示す。

表 2-6(1) 強度評価に用いる記号 (タイプ I)

記号	単位	定義
P_h	kN/m^2	扉下端に作用する静水圧荷重
ρ_o	t/m^3	水の密度
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	水圧作用高さ
M_1	$\text{kN} \cdot \text{m/m}$	扉板の曲げモーメント
L_{11}	mm	扉板の長辺長さ
L_{12}	mm	扉板の短辺長さ
Z_1	mm^3/m	扉板の断面係数
σ_1	N/mm^2	扉板の曲げ応力度
M_2	$\text{kN} \cdot \text{m}$	芯材の曲げモーメント
Q_2	kN	芯材のせん断力
w_2	kN/m	芯材に作用する等分布荷重
L_2	mm	芯材の支持スパン
b_2	mm	芯材に作用する荷重の負担幅
Z_2	mm^3	芯材の断面係数
A_2	mm^2	芯材のせん断断面積
σ_2	N/mm^2	芯材の曲げ応力度
τ_2	N/mm^2	芯材のせん断応力度
R_3	kN	カンヌキに作用する荷重
P_3	kN	設計水圧荷重
n_3	本	カンヌキの本数
L_{31}	mm	躯体開口部の高さ
L_{32}	mm	躯体開口部の幅
M_4	$\text{kN} \cdot \text{m}$	カンヌキの曲げモーメント
Q_4	kN	カンヌキのせん断力
L_4	mm	カンヌキの突出長さ
Z_4	mm^3	カンヌキの断面係数
A_4	mm^2	カンヌキのせん断断面積
σ_4	N/mm^2	カンヌキの曲げ応力度
τ_4	N/mm^2	カンヌキのせん断応力度
s_{ft4}	N/mm^2	カンヌキの短期許容引張応力度
R_5	kN	上下又は左右の 2 辺のうち、1 辺のアンカーボルトが負担する荷重

表 2-6(2) 強度評価に用いる記号 (タイプ I)

記号	単位	定義
T_5	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力
T_{5a}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力
n_{51}	本	引張力を負担するアンカーボルト本数
Q_5	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力
Q_{5a}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力
n_{52}	本	せん断力を負担するアンカーボルト本数

表 2-7 強度評価に用いる記号（タイプⅡ）

記号	単位	定義
P_h	kN/m^2	扉下端に作用する静水圧荷重
ρ_o	t/m^3	水の密度
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	水圧作用高さ
M_1	$\text{kN} \cdot \text{m/m}$	扉板の曲げモーメント
L_{11}	mm	扉板の長辺長さ
L_{12}	mm	扉板の短辺長さ
Z_1	mm^3/m	扉板の断面係数
σ_1	N/mm^2	扉板の曲げ応力度
M_2	$\text{kN} \cdot \text{m}$	芯材の曲げモーメント
Q_2	kN	芯材のせん断力
w_2	kN/m	芯材に作用する等分布荷重
L_2	mm	芯材の支持スパン
b_2	mm	芯材に作用する荷重の負担幅
Z_2	mm^3	芯材の断面係数
A_2	mm^2	芯材のせん断断面積
σ_2	N/mm^2	芯材の曲げ応力度
τ_2	N/mm^2	芯材のせん断応力度
R_3	kN	上下又は左右の 2 辺のうち、1 辺のアンカーボルトが負担する荷重
Q_3	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力
Q_{3a}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力
n_3	本	せん断力を負担するアンカーボルト本数

表 2-8 強度評価に用いる記号 (タイプⅢ)

記号	単位	定義
P_h	kN/m^2	扉下端に作用する静水圧荷重
ρ_o	t/m^3	水の密度
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	水圧作用高さ
M_1	$\text{kN} \cdot \text{m/m}$	扉板の曲げモーメント
L_{11}	mm	扉板の長辺長さ
L_{12}	mm	扉板の短辺長さ
Z_1	mm^3/m	扉板の断面係数
σ_1	N/mm^2	扉板の曲げ応力度
M_2	$\text{kN} \cdot \text{m}$	芯材の曲げモーメント
Q_2	kN	芯材のせん断力
w_2	kN/m	芯材に作用する等分布荷重
L_2	mm	芯材の支持スパン
b_2	mm	芯材に作用する荷重の負担幅
Z_2	mm^3	芯材の断面係数
A_2	mm^2	芯材のせん断断面積
σ_2	N/mm^2	芯材の曲げ応力度
τ_2	N/mm^2	芯材のせん断応力度

表 2-9(1) 強度評価に用いる記号 (タイプIV)

記号	単位	定義
P_h	kN/m^2	扉下端に作用する静水圧荷重
ρ_o	t/m^3	水の密度
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	水圧作用高さ
M_1	$\text{kN} \cdot \text{m/m}$	パネル板の曲げモーメント
L_1	mm	パネル板の短辺長さ
σ_{b1}	N/mm^2	パネル板の曲げ応力度
Z_1	mm^3/m	パネル板の断面係数
w_2	kN/m	パネル芯材に作用する等分布荷重
M_2	$\text{kN} \cdot \text{m}$	パネル芯材の曲げモーメント
Q_2	kN	パネル芯材のせん断力
L_2	mm	パネル芯材の支持スパン
b_2	mm	パネル芯材に作用する荷重の負担幅
σ_{b2}	N/mm^2	パネル芯材の曲げ応力度
Z_2	mm^3	パネル芯材の断面係数
τ_2	N/mm^2	パネル芯材のせん断応力度
A_2	mm^2	パネル芯材のせん断断面積
σ_{bx3}	N/mm^2	柱の強軸回りの曲げ応力度
σ_{by3}	N/mm^2	柱の弱軸回りの曲げ応力度
M_{x3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	柱の強軸回りの曲げモーメント
M_{y3}	$\text{kN} \cdot \text{m}$	柱の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x3}	mm^3	柱の強軸回りの断面係数
Z_{y3}	mm^3	柱の弱軸回りの断面係数
τ_{x3}	N/mm^2	柱の強軸方向のせん断応力度
τ_{y3}	N/mm^2	柱の弱軸方向のせん断応力度
Q_{x3}	kN	柱の強軸方向のせん断力
Q_{y3}	kN	柱の弱軸方向のせん断力
A_{Sx3}	mm^2	柱の強軸方向のせん断断面積
A_{Sy3}	mm^2	柱の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_{c(t)3}$	N/mm^2	柱の軸応力度
$N_{c(t)3}$	kN	柱の圧縮又は引張軸力
A_{g3}	mm^2	柱の断面積
$s f_{bx3}$	N/mm^2	柱の強軸回りの短期許容曲げ応力度
$s f_{by3}$	N/mm^2	柱の弱軸回りの短期許容曲げ応力度
$s f_{c(t)3}$	N/mm^2	柱の短期許容圧縮又は許容引張応力度
$s f_{t3}$	N/mm^2	柱の短期許容引張応力度

表 2-9(2) 強度評価に用いる記号 (タイプⅣ)

記号	単位	定義
σ_{bx4}	N/mm ²	梁の強軸回りの曲げ応力度
σ_{by4}	N/mm ²	梁の弱軸回りの曲げ応力度
M_{x4}	kN・m	梁の強軸回りの曲げモーメント
M_{y4}	kN・m	梁の弱軸回りの曲げモーメント
Z_{x4}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数
Z_{y4}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数
τ_{x4}	N/mm ²	梁の強軸方向のせん断応力度
τ_{y4}	N/mm ²	梁の弱軸方向のせん断応力度
Q_{x4}	kN	梁の強軸方向のせん断力
Q_{y4}	kN	梁の弱軸方向のせん断力
A_{sx4}	mm ²	梁の強軸方向のせん断断面積
A_{sy4}	mm ²	梁の弱軸方向のせん断断面積
$\sigma_{c(t)4}$	N/mm ²	梁の軸応力度
$N_{c(t)4}$	kN	梁の圧縮又は引張軸力
A_{g4}	mm ²	梁の断面積
${}_s f_{bx4}$	N/mm ²	梁の強軸回りの短期許容曲げ応力度
${}_s f_{by4}$	N/mm ²	梁の弱軸回りの短期許容曲げ応力度
${}_s f_{c(t)4}$	N/mm ²	梁の短期許容圧縮又は許容引張応力度
${}_s f_{t4}$	N/mm ²	梁の短期許容引張応力度
T_5	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力
T_{5a}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力
Q_5	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力
Q_{5a}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力

3. 強度評価

3.1 タイプ I

3.1.1 評価対象部位

水密扉の評価対象部位は、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

水密扉を閉める方向に生じる静水圧荷重（以下「正圧」という。）は、扉板から芯材を介し扉枠に伝わり、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の建物躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材及びアンカーボルトとする。

水密扉を開く方向に生じる静水圧荷重（以下「負圧」という。）は、扉板から芯材に伝わり、カンヌキに伝達され、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトとする。

アンカーボルトについては、荷重を伝達する芯材の取付け方向又は扉板の辺長比を踏まえ、水平方向に芯材を配置する構造若しくは扉板の短辺方向へ支配的に荷重を伝達する構造である場合はヒンジ側及び扉開閉側のアンカーボルトを、鉛直方向に芯材を配置する場合は扉上部側及び扉下部側のアンカーボルトを評価対象部位として選定する。

なお、ヒンジは静水圧荷重の伝達経路とならないため、評価対象外とする。

タイプ I 水密扉リストを表 3.1-1 に示す。

また、結果が厳しい評価対象部位を有する水密扉を代表として評価するものとし、水密扉 No. 9 を抽出した。

水密扉に作用する荷重の例を図 3.1-1 及び図 3.1-2 に示す。

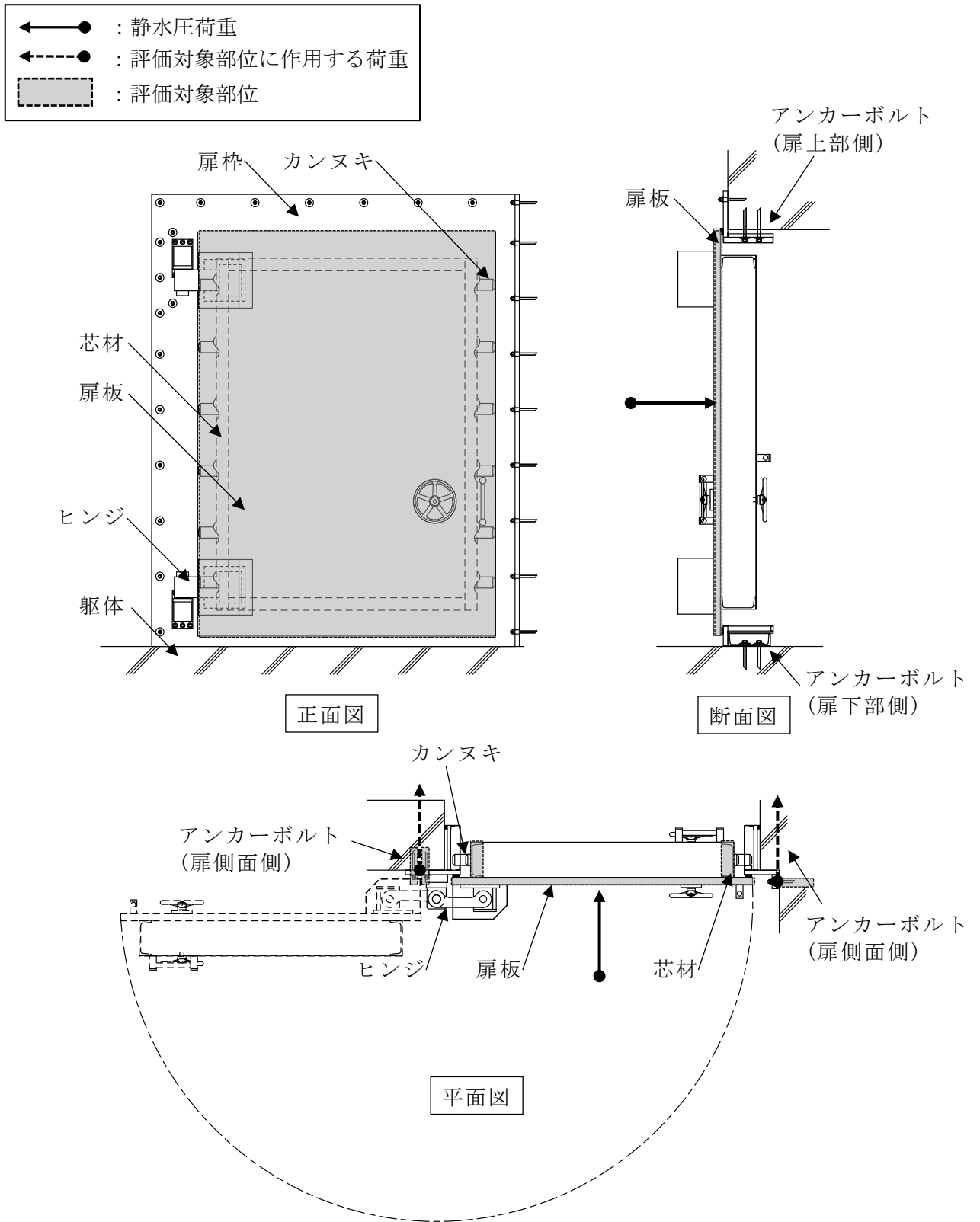


図 3.1-1 水密扉に作用する荷重の例 (正圧)

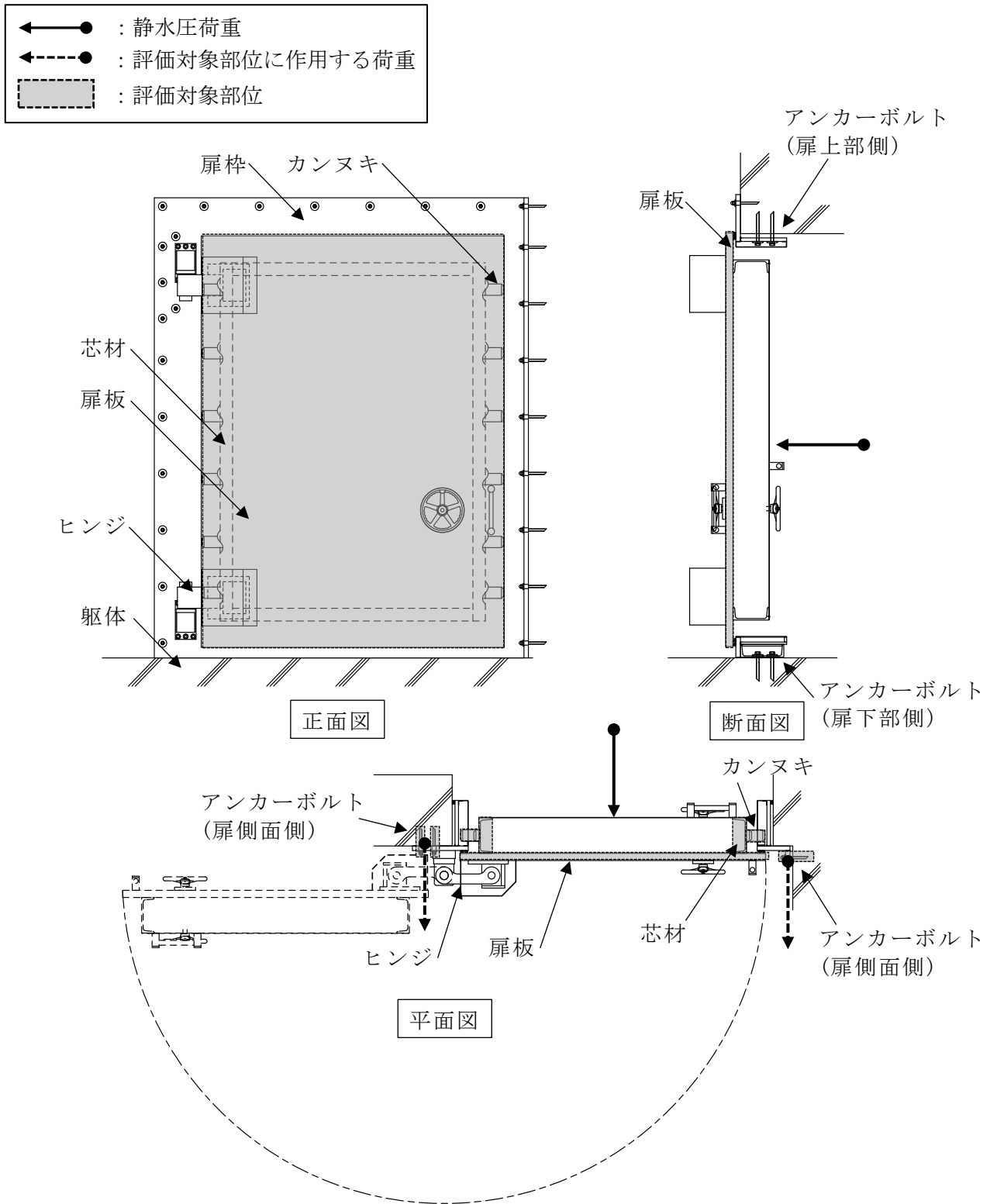


図 3.1-2 水密扉に作用する荷重の例 (負圧)

表 3.1-1 タイプ I 水密扉リスト

水密扉 No.	扉名称	評価対象 設備 (代表)
8	原子炉建物地下 2 階 RCIC ポンプ室西側水密扉	
9	原子炉建物地下 2 階 A-DG 制御盤室南側水密扉	○
10	原子炉建物地下 2 階 C-RHR ポンプ室南側水密扉	
13	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室南側水密扉	
14	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室東側水密扉	
15	原子炉建物地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉 (階段室)	
17	原子炉建物 1 階 RCW 熱交換器室南側水密扉	
18	原子炉建物 1 階大物搬入口水密扉	
19	タービン建物地下 1 階 TCW 熱交換器室南側水密扉	
20	タービン建物 1 階西側エアロック前水密扉	
21	タービン建物 2 階常用電気室南側水密扉	
22	タービン建物 2 階大物搬入口水密扉	
23	タービン建物 2 階離相母線室南側水密扉	
30	制御室建物 2 階チェックポイント連絡水密扉	
31	サイトバンカ建物 1 階南東側ポンプ室水密扉	

3.1.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.1.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 静水圧荷重 (P_h)

溢水に伴う静水圧荷重を考慮する。溢水に伴う荷重は、対象とする水の密度に当該部分の水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、扉下端に作用する静水圧荷重が等分布に作用するものとして、安全側に評価する。水圧作用高さ及び水の密度を表 3.1-2 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

表 3.1-2 水圧作用高さ及び水の密度

水密扉 No.	扉名称	水圧作用高さ (mm)		水の 密度 (t/m ³)
		正圧	負圧	
8	原子炉建物地下 2 階 RCIC ポンプ室西側水密扉	3000	3500	1.03
9	原子炉建物地下 2 階 A-DG 制御盤室南側水密扉	4100	3700	1.03
10	原子炉建物地下 2 階 C-RHR ポンプ室南側水密扉	7000	—	1.03
13	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室南側水密扉	1600	6500	1.03
14	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室東側水密扉	880	—	1.03
15	原子炉建物地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉 (階段室)	1520	—	1.03
17	原子炉建物 1 階 RCW 熱交換器室南側水密扉	2150	—	1.03
18	原子炉建物 1 階大物搬入口水密扉	—	600	1.03
19	タービン建物地下 1 階 TCW 熱交換器室南側水密扉	6500	—	1.03
20	タービン建物 1 階西側エアロック前水密扉	6200	—	1.03
21	タービン建物 2 階常用電気室南側水密扉	2500	—	1.03
22	タービン建物 2 階大物搬入口水密扉	—	2500	1.03
23	タービン建物 2 階離相母線室南側水密扉	3040	—	1.03
30	制御室建物 2 階チェックポイント連絡水密扉	6500	—	1.03
31	サイトバンカ建物 1 階南東側ポンプ室水密扉	4440	—	1.03

3.1.2.2 荷重の組合せ

水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h$$

$$P_h : \text{扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m}^2\text{)}$$

3.1.3 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.1.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

3.1.3.1 使用材料

水密扉を構成する、扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトの使用材料を表 3.1-3 に示す。

表 3.1-3 扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトの使用材料

評価対象部位	材質 強度区分	仕様
扉板	SS400	PL-50
芯材	SS400	[- 250×90×11×14.5
カンヌキ	SUS304	80φ
アンカーボルト	SS400	M16

3.1.3.2 許容限界

(1) 鋼材

鋼材の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005 改定）」（以下「S規準」という。）を踏まえて表 3.1-4 の値とする。

表 3.1-4 鋼材の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	曲げ	せん断
SS400 (t ≤ 40) *	235	135
SS400 (40 < t ≤ 100) *	215	124
SUS304	205	118

注記*： t は板厚を示す。

(2) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「3.1.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」（以下「各種合成構造設計指針・同解説」という。）に基づき算定した，表 3.1-5 の値とする。

なお，評価対象部位のアンカーボルトが引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，評価対象部位のアンカーボルトがせん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力，定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる耐力及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 3.1-5 アンカーボルトの許容限界

水密扉 No.	扉名称	許容耐力 (kN/本)	
		引張	せん断
9	原子炉建物地下 2 階 A-DG 制御盤室南側水密扉	17	25

3.1.4 評価方法

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している評価式を用いる。

3.1.4.1 応力算定

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、等分布荷重を受ける四辺固定の矩形版として算定する。この時、実際に作用する静水圧荷重は、三角形分布であるが、扉下端に作用する静水圧荷重が扉板全面に等分布で作用するものとして、安全側に評価する。扉板に作用する荷重の例を図 3.1-3 に示す。

$$M_1 = P_h \cdot L_{11} \cdot 10^{-3} \cdot (L_{12} \cdot 10^{-3})^2 / 12$$

ここで、

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m/m)

L_{11} : 扉板の長辺長さ (mm)

L_{12} : 扉板の短辺長さ (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

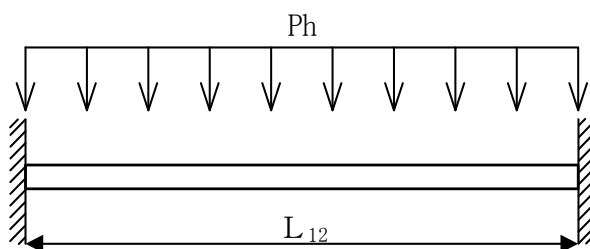


図 3.1-3 扉板に作用する荷重の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は，等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として算定する。なお，芯材の取付け方向は，水平・鉛直の2方向であり，両者とも扉下端に作用する静水压荷重に，芯材の支配幅を乗じた荷重が等分布に作用するものとして，安全側に評価する。芯材に作用する荷重の例を図 3.1-4 に示す。

$$M_2 = w_2 \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$Q_2 = w_2 \cdot L_2 \cdot 10^{-3} / 2$$

ここで，

$$w_2 = P_h \cdot b_2 \cdot 10^{-3}$$

w_2 : 芯材に作用する等分布荷重 (kN/m)

M_2 : 芯材の曲げモーメント (kN・m)

Q_2 : 芯材のせん断力 (kN)

L_2 : 芯材の支持スパン (mm)

b_2 : 芯材に作用する荷重の負担幅 (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水压荷重 (kN/m²)

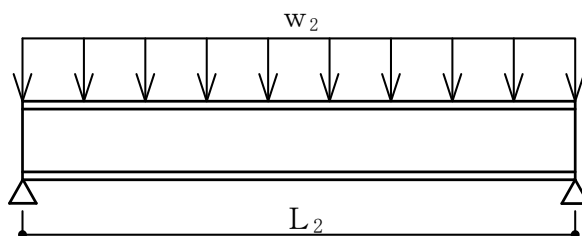


図 3.1-4 芯材に作用する荷重の例

(3) カンヌキ

カンヌキに生じる荷重は，次式により算定する扉に作用する全静水圧荷重を集中荷重に置換した設計水圧荷重により算定する。カンヌキに生じる応力の例を図 3.1-5 に示す。

$$R_3 = P_3 / n_3$$

$$P_3 = P_h \cdot L_{31} \cdot L_{32} \cdot 10^{-6}$$

R_3 : カンヌキに作用する荷重 (kN)

P_3 : 設計水圧荷重 (kN)

n_3 : カンヌキの本数 (本)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

L_{31} : 躯体開口部の高さ (mm)

L_{32} : 躯体開口部の幅 (mm)

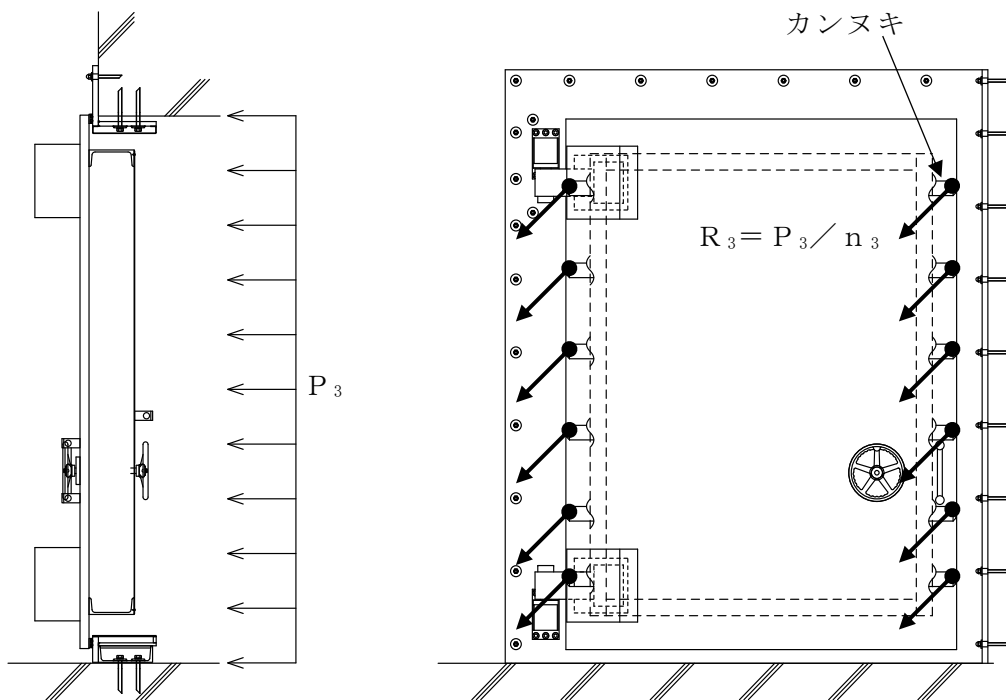


図 3.1-5 カンヌキに作用する応力の例

a. カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、片持ち梁として次式により算定する。カンヌキに生じる荷重の例を図 3.1-6 に示す。

$$M_4 = R_3 \cdot L_4 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_4 = R_3$$

M_4 : カンヌキの曲げモーメント (kN・m)

Q_4 : カンヌキのせん断力 (kN)

R_3 : カンヌキに作用する荷重 (kN)

L_4 : カンヌキの突出長さ (mm)

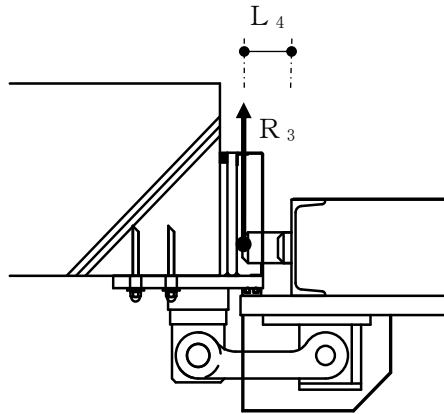


図 3.1-6 カンヌキに生じる荷重の例

(4) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる応力は、溢水による静水圧荷重を左右もしくは上下に配置されたアンカーボルトに分配する。アンカーボルトに作用する荷重の例を図 3.1-7 に示す。

$$R_5 = L_{11} \cdot L_{12} \cdot P_h \cdot 10^{-6} / 2$$

R_5 : 上下又は左右の 2 辺のうち、1 辺のアンカーボルトが負担する荷重 (kN)

L_{11} : 扉板の長辺長さ (mm)

L_{12} : 扉板の短辺長さ (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

$$T_5 = R_5 / n_{51}$$

T_5 : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

n_{51} : 引張力を負担するアンカーボルト本数 (本)

$$Q_5 = R_5 / n_{52}$$

Q_5 : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

n_{52} : せん断力を負担するアンカーボルト本数 (本)

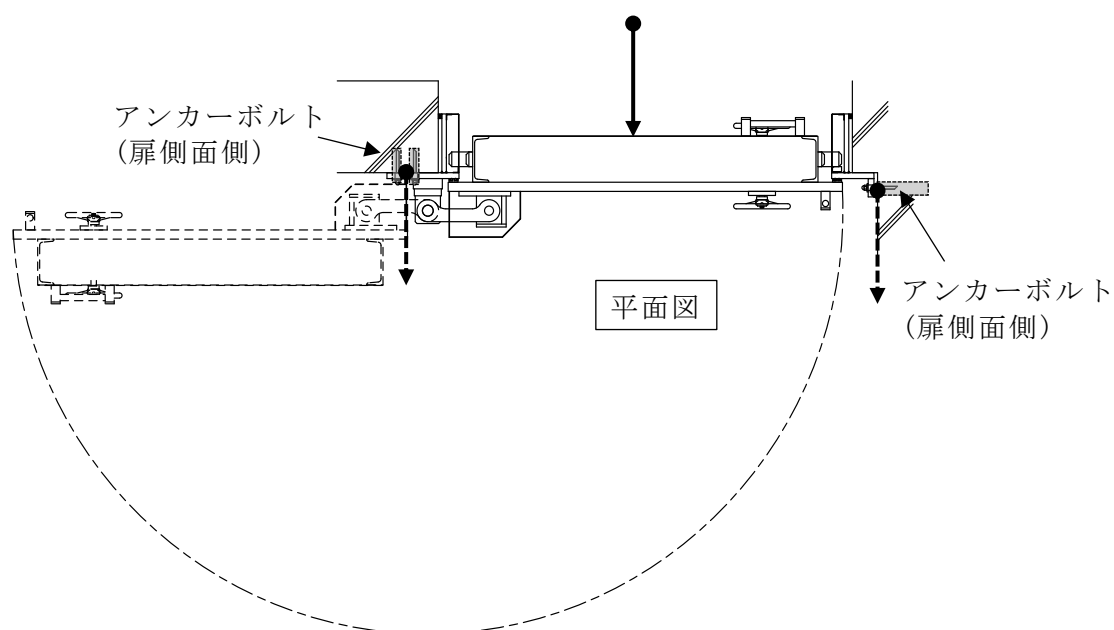


図 3.1-7 アンカーボルトに作用する荷重の例

3.1.4.2 断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力度及び荷重が、許容限界値以下であることを確認する。

(1) 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_1 = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

σ_1 : 扉板の曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m/m)

Z_1 : 扉板の断面係数 (mm³/m)

(2) 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 芯材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_2 = (M_2 \cdot 10^6) / Z_2$$

σ_2 : 芯材の曲げ応力度 (N/mm²)

M_2 : 芯材の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : 芯材の断面係数 (mm³)

b. 芯材に生じるせん断応力度

$$\tau_2 = (Q_2 \cdot 10^3) / A_2$$

τ_2 : 芯材のせん断応力度 (N/mm²)

Q_2 : 芯材のせん断力 (kN)

A_2 : 芯材のせん断断面積 (mm²)

(3) カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

a. カンヌキに生じる曲げ応力度

$$\sigma_4 = (M_4 \cdot 10^6) / Z_4$$

σ_4 : カンヌキの曲げ応力度 (N/mm²)

M_4 : カンヌキの曲げモーメント (kN・m)

Z_4 : カンヌキの断面係数 (mm³)

b. カンヌキに生じるせん断応力度

$$\tau_4 = (Q_4 \cdot 10^3) / A_4$$

τ_4 : カンヌキのせん断応力度 (N/mm²)

Q_4 : カンヌキのせん断力 (kN)

A_4 : カンヌキのせん断断面積 (mm²)

c. カンヌキに生じる組合せ応力度

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{\sigma_4^2 + 3 \cdot \tau_4^2} \leq {}_s f_{t4}$$

${}_s f_{t4}$: カンヌキの短期許容引張応力度 (N/mm²)

σ_4 : カンヌキの曲げ応力度 (N/mm²)

τ_4 : カンヌキのせん断応力度 (N/mm²)

(4) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力が、「各種合成構造設計指針」に基づき算定したアンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。

$$T_5 / T_{5a} \leq 1.0$$

$$Q_5 / Q_{5a} \leq 1.0$$

T_5 : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_{5a} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

Q_5 : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_{5a} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

3.1.5 評価条件

「3.1.4 評価方法」に用いる評価条件を表 3.1-6 に示す。

表 3.1-6 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				9
共通	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	h	mm	水圧作用高さ	4100
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	L ₁₁	mm	扉板の長辺長さ	2910
	L ₁₂	mm	扉板の短辺長さ	2190
	Z ₁	mm ³ /m	扉板の断面係数	1213000
	L ₂	mm	芯材の支持スパン	2910
	b ₂	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	1095
	Z ₂	mm ³	芯材の断面係数	374000
	A ₂	mm ²	芯材のせん断断面積	2431
カンヌキ	n ₃	本	カンヌキの本数	12
	L ₃₁	mm	躯体開口部の高さ	2960
	L ₃₂	mm	躯体開口部の幅	2310
	L ₄	mm	カンヌキの突出長さ	131
	Z ₄	mm ³	カンヌキの断面係数	50270
	A ₄	mm ²	カンヌキのせん断断面積	5027
アンカー ボルト	n ₅₁	本	引張力を負担するアンカーボルト本数	12
	n ₅₂	本	せん断力を負担するアンカーボルト本数	9

3.2 タイプⅡ

3.2.1 評価対象部位

水密扉の評価対象部位は、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

水密扉を閉める方向に外部から生じる静水圧荷重は、扉板から芯材を介し扉枠に伝わり、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の建物躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材及びアンカーボルトとする。

アンカーボルトについては、荷重を伝達する芯材の取付け方向又は扉板の辺長比を踏まえ、水平方向に芯材を配置する構造若しくは扉板の短辺方向へ支配的に荷重を伝達する構造である場合はヒンジ側及び扉開閉側のアンカーボルトを、鉛直方向に芯材を配置する場合は扉上部側及び扉下部側のアンカーボルトを評価対象部位として選定する。

なお、ヒンジは静水圧荷重の伝達経路とならないため、評価対象外とする。

タイプⅡ水密扉リストを表 3.2-1 に示す。

また、結果が厳しい評価対象部位を有する水密扉を代表として評価するものとし、水密扉 No.1 を抽出した。

水密扉に作用する荷重の例を図 3.2-1 に示す。

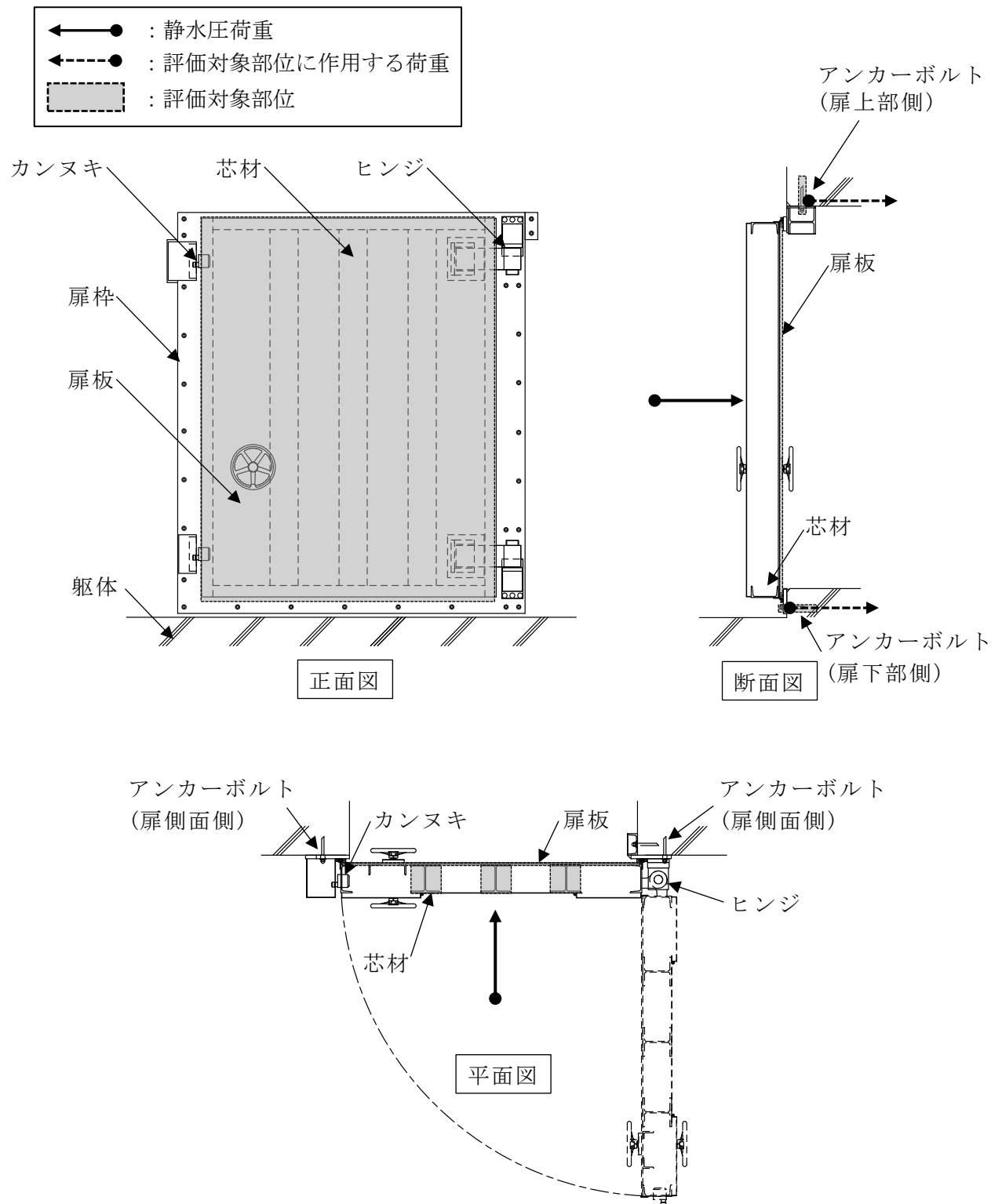


図 3.2-1 水密扉に作用する荷重の例

表 3.2-1 タイプⅡ水密扉リスト

水密扉 No.	扉名称	評価対象 設備 (代表)
1	原子炉建物地下2階 A-DG 制御盤室北側水密扉	○
2	原子炉建物地下2階 A-RHR ポンプ室北側水密扉	
3	原子炉建物地下2階 トーラス室北東水密扉	
4	原子炉建物地下2階 トーラス室南東水密扉	
5	原子炉建物地下2階 トーラス室北西水密扉	
6	原子炉建物地下2階 H-DG 制御盤室南側水密扉	
7	原子炉建物地下2階 H-DG 制御盤室北側水密扉	
11	原子炉建物地下2階 トーラス室南西水密扉	
12	原子炉建物地下1階 IA 圧縮機室水密扉 (南側)	
16	原子炉建物地下1階 東側エアロック前水密扉	
24	廃棄物処理建物地下1階 被服置場北側水密扉	
25	廃棄物処理建物1階 大物搬入口水密扉	
26	廃棄物処理建物1階 ドラム缶搬入口水密扉	
27	廃棄物処理建物2階 非常用再循環送風機室東側水密扉	
32	取水槽海水ポンプエリア水密扉 (東)	
33	取水槽海水ポンプエリア水密扉 (中)	
34	取水槽海水ポンプエリア水密扉 (西)	
35	復水貯蔵タンク水密扉	
36	補助復水貯蔵タンク水密扉	
37	トーラス水受入タンク水密扉	
38	屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物) 水密扉	

3.2.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.2.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 静水圧荷重 (P_h)

溢水に伴う静水圧荷重を考慮する。溢水に伴う荷重は、対象とする水の密度に当該部分の水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、扉下端に作用する静水圧荷重が等分布に作用するものとして、安全側に評価する。水圧作用高さ及び水の密度を表 3.2-2 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

表 3.2-2 水圧作用高さ及び水の密度

水密 扉 No.	扉名称	水圧作用高さ (mm)		水の 密度 (t/m ³)
		正圧	負圧	
1	原子炉建物地下 2 階 A-DG 制御盤室北側水密扉	3500	—	1.03
2	原子炉建物地下 2 階 A-RHR ポンプ室北側水密扉	4600	—	1.03
3	原子炉建物地下 2 階 トーラス室北東水密扉	2200	—	1.03
4	原子炉建物地下 2 階 トーラス室南東水密扉	2200	—	1.03
5	原子炉建物地下 2 階 トーラス室北西水密扉	2200	—	1.03
6	原子炉建物地下 2 階 H-DG 制御盤室南側水密扉	1080	—	1.03
7	原子炉建物地下 2 階 H-DG 制御盤室北側水密扉	3500	—	1.03
11	原子炉建物地下 2 階 トーラス室南西水密扉	2200	—	1.03
12	原子炉建物地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉 (南側)	1520	—	1.03
16	原子炉建物地下 1 階 東側エアロック前水密扉	6200	—	1.03
24	廃棄物処理建物地下 1 階 被服置場北側水密扉	3500	—	1.03
25	廃棄物処理建物 1 階 大物搬入口水密扉	1900	—	1.03
26	廃棄物処理建物 1 階 ドラム缶搬入口水密扉	2650	—	1.03
27	廃棄物処理建物 2 階 非常用再循環送風機室東側 水密扉	3810	—	1.03
32	取水槽海水ポンプエリア水密扉 (東)	9700	—	1.03
33	取水槽海水ポンプエリア水密扉 (中)	9700	—	1.03
34	取水槽海水ポンプエリア水密扉 (西)	9700	—	1.03
35	復水貯蔵タンク水密扉	8000	—	1.03
36	補助復水貯蔵タンク水密扉	8000	—	1.03
37	トーラス水受入タンク水密扉	8000	—	1.03
38	屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原 子炉建物) 水密扉	12900	—	1.03

3.2.2.2 荷重の組合せ

水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

P_h

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

3.2.3 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.2.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

3.2.3.1 使用材料

水密扉を構成する、扉板、芯材及びアンカーボルトの使用材料を表 3.2-3 に示す。

表 3.2-3 扉板、芯材及びアンカーボルトの使用材料

評価対象部位	材質	仕様
扉板	SS400	PL-9
芯材	SS400	H-200×200×8×12
アンカーボルト	SS400	M16

3.2.3.2 許容限界

(1) 鋼材

鋼材の許容限界は、「S規準」を踏まえて表 3.2-4 の値とする。

表 3.2-4 鋼材の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	曲げ	せん断
SS400	235	135

(2) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「3.2.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定した、表 3.2-5 の値とする。

なお、評価対象部位のアンカーボルトが引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、評価対象部位のアンカーボルトがせん断力を受ける場合においては、アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力、定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる耐力及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表 3.2-5 アンカーボルトの許容限界の算定値

水密扉 No.	扉名称	許容耐力 (kN/本)	
		引張	せん断
1	原子炉建物地下 2 階 A-DG 制御盤室北側水密扉	25	19

3.2.4 評価方法

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している評価式を用いる。

3.2.4.1 応力算定

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、等分布荷重を受ける四辺固定の矩形版として算定する。この時、実際に作用する静水圧荷重は、三角形分布であるが、扉下端に作用する静水圧荷重が扉板全面に等分布で作用するものとして、安全側に評価する。扉板に作用する荷重の例を図 3.2-2 に示す。

$$M_1 = P_h \cdot L_{11} \cdot 10^{-3} \cdot (L_{12} \cdot 10^{-3})^2 / 12$$

ここで、

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m/m)

L_{11} : 扉板の長辺長さ (mm)

L_{12} : 扉板の短辺長さ (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/mm³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

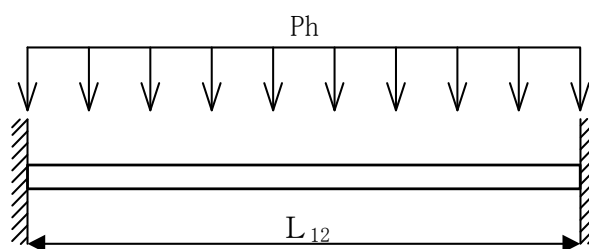


図 3.2-2 扉板に作用する荷重の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は，等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として算定する。なお，芯材の取付け方向は，水平・鉛直の2方向があるが，両者とも扉下端に作用する静水圧荷重に，芯材の支配幅（＝間隔）を乗じた荷重が等分布に作用するものとして，安全側に評価する。芯材に作用する荷重の例を図3.2-3に示す。

$$M_2 = w_2 \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$Q_2 = w_2 \cdot L_2 \cdot 10^{-3} / 2$$

ここで，

$$w_2 = P_h \cdot b_2 \cdot 10^{-3}$$

w_2 : 芯材に作用する等分布荷重 (kN/m)

M_2 : 芯材の曲げモーメント (kN・m)

Q_2 : 芯材のせん断力 (kN)

L_2 : 芯材の支持スパン (mm)

b_2 : 芯材に作用する荷重の負担幅 (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

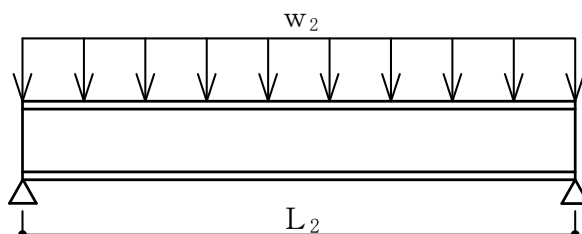


図 3.2-3 芯材に作用する荷重の例

(3) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる応力は、溢水による静水圧荷重を左右もしくは上下に配置されたアンカーボルトに分配する。アンカーボルトに作用する荷重の例を図 3.2-4 に示す。

$$R_3 = L_{11} \cdot L_{12} \cdot P_h \cdot 10^{-6} / 2$$

R_3 : 上下又は左右の 2 辺のうち、1 辺のアンカーボルトが負担する荷重 (kN)

L_{11} : 扉板の長辺長さ (mm)

L_{12} : 扉板の短辺長さ (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

$$Q_3 = R_3 / n_3$$

Q_3 : アンカーボルト 1 本当たりに生じるせん断力 (kN)

n_3 : せん断力を負担するアンカーボルト本数 (本)

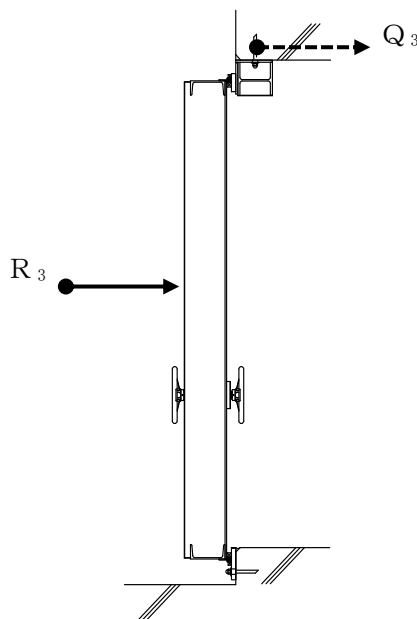


図 3.2-4 アンカーボルトに作用する荷重の例

3.2.4.2 断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力度及び荷重が、許容限界値以下であることを確認する。

(1) 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_1 = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

σ_1 : 扉板の曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m/m)

Z_1 : 扉板の断面係数 (mm³/m)

(2) 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 芯材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_2 = (M_2 \cdot 10^6) / Z_2$$

σ_2 : 芯材の曲げ応力度 (N/mm²)

M_2 : 芯材の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : 芯材の断面係数 (mm³)

b. 芯材に生じるせん断応力度

$$\tau_2 = (Q_2 \cdot 10^3) / A_2$$

τ_2 : 芯材のせん断応力度 (N/mm²)

Q_2 : 芯材のせん断力 (kN)

A_2 : 芯材のせん断断面積 (mm²)

(3) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力が、「各種合成構造設計指針」に基づき算定したアンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。

$$Q_3 / Q_{3a} \leq 1.0$$

Q_3 : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_{3a} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

3.2.5 評価条件

「3.2.4 評価方法」に用いる評価条件を表 3.2-6 に示す。

表 3.2-6 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				1
共通	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	h	mm	水圧作用高さ	3500
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
扉板	L ₁₁	mm	扉板の長辺長さ	2648
	L ₁₂	mm	扉板の短辺長さ	690
	Z ₁	mm ³ /m	扉板の断面係数	35750
芯材	L ₂	mm	芯材の支持スパン	2648
	b ₂	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	537.5
	Z ₂	mm ³	芯材の断面係数	472000
	A ₂	mm ²	芯材のせん断断面積	1408
アンカー ボルト	n ₃	本	せん断力を負担するアンカー ボルト本数	9

3.3 タイプⅢ

3.3.1 評価対象部位

水密扉の評価対象部位は、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

水密扉を閉める方向に外部から生じる静水圧荷重は、扉板から芯材を介し開口部周囲の鉄骨躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板及び芯材とする。

なお、ヒンジは静水圧荷重の伝達経路とならないため、評価対象外とする。

また、タイプⅢ水密扉は No. 28, No. 29 であり、同様の構造であることを踏まえ、代表として水密扉 No. 28 にて評価を行う。

水密扉に作用する荷重の例を図 3.3-1 に示す。

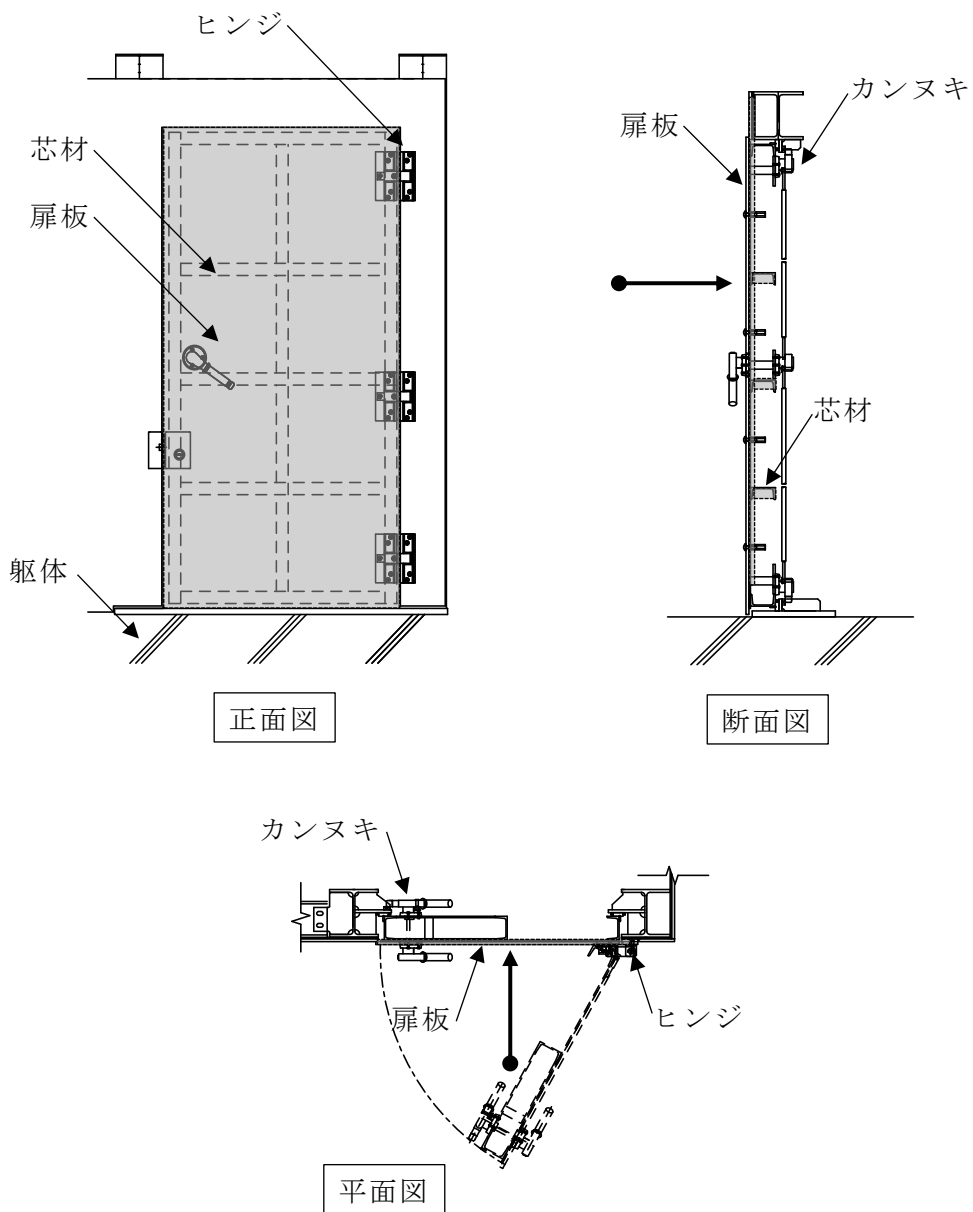
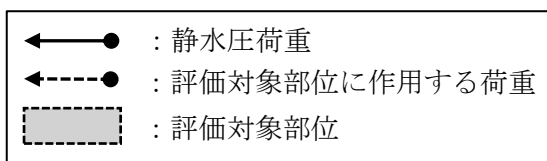


図 3.3-1 水密扉に作用する荷重の例

3.3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.3.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 静水圧荷重 (P_h)

溢水に伴う静水圧荷重を考慮する。溢水に伴う荷重は、対象とする水の密度に当該部分の水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、扉下端に作用する静水圧荷重が等分布に作用するものとして、安全側に評価する。水圧作用高さ及び水の密度を表 3.3-1 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

表 3.3-1 水圧作用高さ及び水の密度

水密扉 No.	扉名称	水圧作用高さ (mm)		水の 密度 (t/m ³)
		正圧	負圧	
28	ディーゼル燃料移送ポンプエリア北側水密扉	550	—	1.03
29	ディーゼル燃料移送ポンプエリア南側水密扉	550	—	1.03

3.3.2.2 荷重の組合せ

水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h$$

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重(kN/m²)

3.3.3 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.3.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

3.3.3.1 使用材料

水密扉を構成する、扉板及び芯材の使用材料を表 3.3-2 に示す。

表 3.3-2 扉板及び芯材の使用材料

評価対象部位	材質 強度区分	仕様 (mm)
扉板	SS400	
芯材	SS400	

3.3.3.2 許容限界

(1) 鋼材

鋼材の許容限界は、「S規準」を踏まえて表 3.3-3 の値とする。

表 3.3-3 鋼材の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	曲げ	せん断
SS400	235	135

3.3.4 評価方法

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している評価式を用いる。

3.3.4.1 応力算定

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、等分布荷重を受ける四辺固定の矩形版として算定する。この時、実際に作用する静水圧荷重は、三角形分布であるが、扉下端に作用する静水圧荷重が扉板全面に等分布で作用するものとして、安全側に評価する。扉板に作用する荷重の例を図 3.3-2 に示す。

$$M_1 = P_h \cdot L_{11} \cdot 10^{-3} \cdot (L_{12} \cdot 10^{-3})^2 / 12$$

ここで、

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m/m)

L_{11} : 扉板の長辺長さ (mm)

L_{12} : 扉板の短辺長さ (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

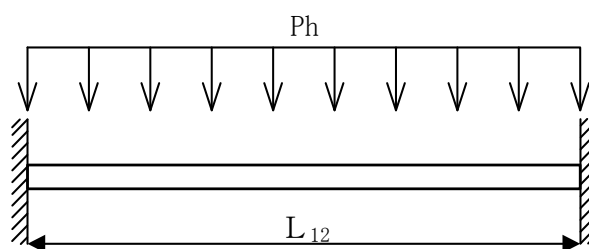


図 3.3-2 扉板に作用する荷重の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として算定する。なお、芯材の取付け方向は、水平・鉛直の2方向があるが、両者とも扉下端に作用する静水圧荷重に、芯材の支配幅(=間隔)を乗じた荷重が等分布に作用するものとして、安全側に評価する。芯材に作用する荷重の例を図3.3-3に示す。

$$M_2 = w_2 \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$Q_2 = w_2 \cdot L_2 \cdot 10^{-3} / 2$$

ここで、

$$w_2 = P_h \cdot b_2 \cdot 10^{-3}$$

w_2 : 芯材に作用する等分布荷重 (kN/m)

M_2 : 芯材の曲げモーメント (kN・m)

Q_2 : 芯材のせん断力 (kN)

L_2 : 芯材の支持スパン (mm)

b_2 : 芯材に作用する荷重の負担幅 (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

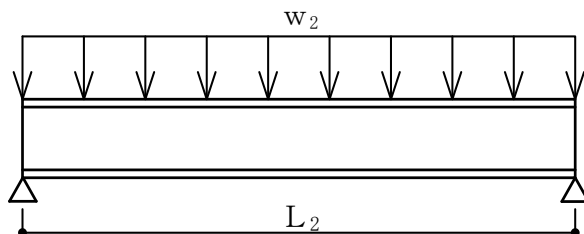


図 3.3-3 芯材に作用する荷重の例

3.3.4.2 断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力度及び荷重が、許容限界値以下であることを確認する。

(1) 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_1 = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

σ_1 : 扉板の曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : 扉板の曲げモーメント (kN・m/m)

Z_1 : 扉板の断面係数 (mm³/m)

(2) 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 芯材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_2 = (M_2 \cdot 10^6) / Z_2$$

σ_2 : 芯材の曲げ応力度 (N/mm²)

M_2 : 芯材の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : 芯材の断面係数 (mm³)

b. 芯材に生じるせん断応力度

$$\tau_2 = (Q_2 \cdot 10^3) / A_2$$

τ_2 : 芯材のせん断応力度 (N/mm²)

Q_2 : 芯材のせん断力 (kN)

A_2 : 芯材のせん断断面積 (mm²)

3.3.5 評価条件

「3.3.4 評価方法」に用いる評価条件を表 3.3-4 に示す。

表 3.3-4 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.
				28
共通	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03
	h	mm	水圧作用高さ	550
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
扉板	L ₁₁	mm	扉板の長辺長さ	980
	L ₁₂	mm	扉板の短辺長さ	588
	Z ₁	mm ³ /m	扉板の断面係数	5880
芯材	L ₂	mm	芯材の支持スパン	980
	b ₂	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	494
	Z ₂	mm ³	芯材の断面係数	37600
	A ₂	mm ²	芯材のせん断断面積	425

3.4 タイプⅣ

3.4.1 評価対象部位

水密扉の評価対象部位は、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

タイプⅣのうち、扉部については、「3.1 タイプⅠ」及び「3.2 タイプⅡ」で評価しているため、「3.4 タイプⅣ」ではパネル部（パネル板、柱、梁、パネル芯材、アンカーボルト）を評価対象部位とする。

タイプⅣ水密扉リストを表 3.4-1 に示す。

また、結果が厳しい評価対象部位を有する水密扉を代表として評価するものとし、水密扉 No. 30 を抽出した。

水密扉に作用する荷重の例を図 3.4-1 に示す。

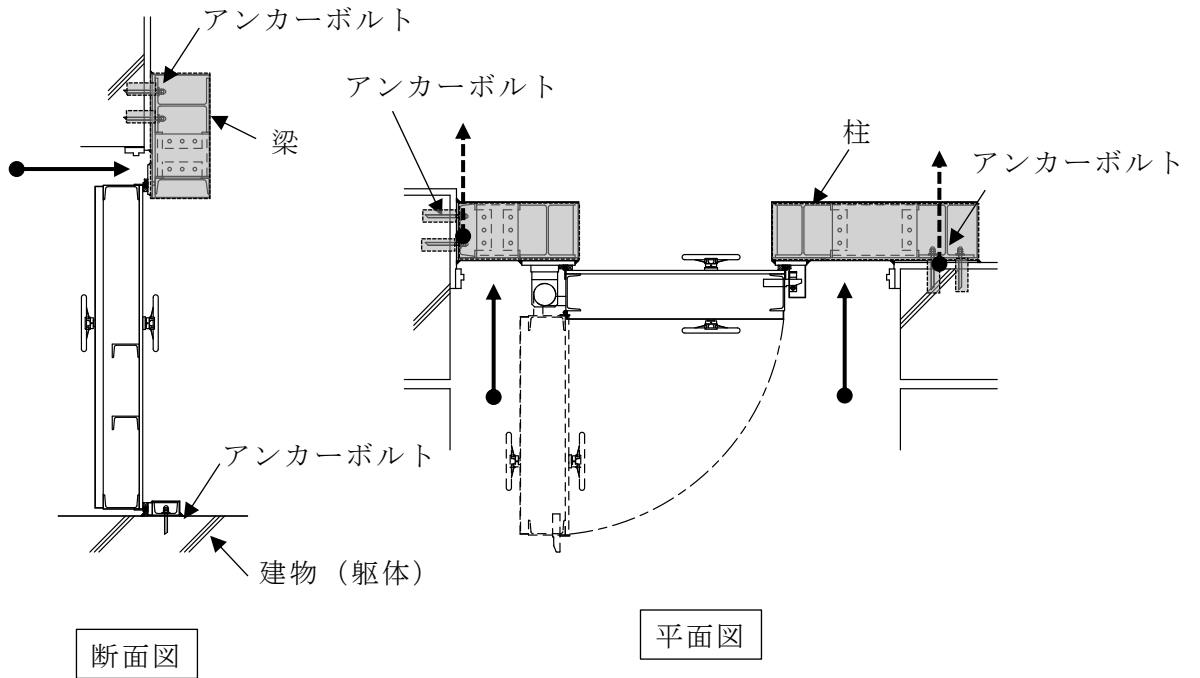
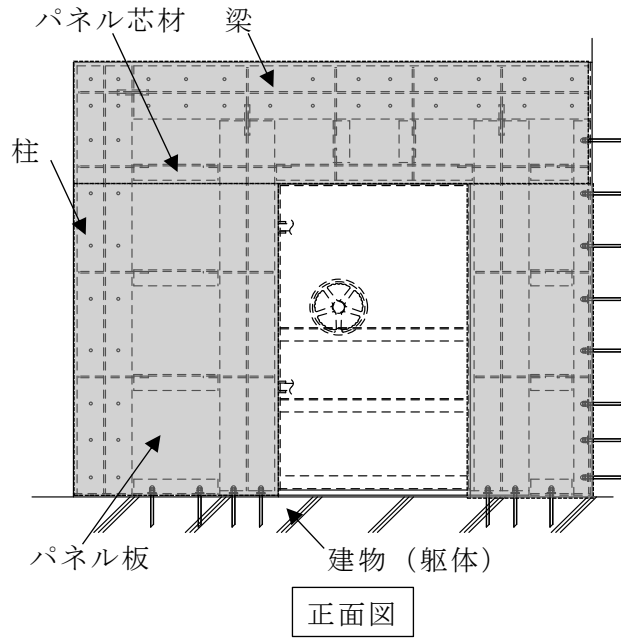
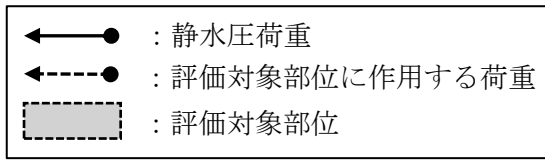


図 3.4-1 水密扉に作用する荷重の例

表 3.4-1 タイプIV水密扉リスト

水密扉 No.	扉名称	評価対象 設備 (代表)
13	原子炉建物地下1階 CRD ポンプ室南側水密扉	
14	原子炉建物地下1階 CRD ポンプ室東側水密扉	
15	原子炉建物地下1階 IA 圧縮機室水密扉 (階段室)	
17	原子炉建物1階 RCW 熱交換器室南側水密扉	
24	廃棄物処理建物地下1階被服置場北側水密扉	
30	制御室建物2階チェックポイント連絡水密扉	○

3.4.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.4.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 静水圧荷重 (P_h)

溢水に伴う静水圧荷重を考慮する。溢水に伴う荷重は、対象とする水の密度に当該部分の水圧作用高さを乗じた次式により算出する。この時、扉下端に作用する静水圧荷重が等分布に作用するものとして、安全側に評価する。水圧作用高さ及び水の密度を表 3.4-2 に示す。

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_o : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

表 3.4-2 水圧作用高さ及び水の密度

水密扉 No.	扉名称	水圧作用高さ (mm)		水の 密度 (t/m ³)
		正圧	負圧	
13	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室南側水密扉	1600	6500	1.03
14	原子炉建物地下 1 階 CRD ポンプ室東側水密扉	880	—	1.03
15	原子炉建物地下 1 階 IA 圧縮機室水密扉 (階段室)	1520	—	1.03
17	原子炉建物 1 階 RCW 熱交換器室南側水密扉	2150	—	1.03
24	廃棄物処理建物地下 1 階被服置場北側水密扉	3500	—	1.03
30	制御室建物 2 階チェックポイント連絡水密扉	6500	—	1.03

3.4.2.2 荷重の組合せ

水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

P_h

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

3.4.3 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.4.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

3.4.3.1 使用材料

パネル部（パネル板，柱，梁，パネル芯材，アンカーボルト）の使用材料を表 3.4-3 に示す。

表 3.4-3 パネル部の使用材料

	評価対象部位	材質 強度区 分	仕様
パ ネ ル 部	パネル板	SS400	PL-16
	柱	SS400	H-300×300×10×15 [-300×90×9×13
	梁	SS400	H-300×300×10×15 [-300×90×9×13
	パネル芯材	SS400	[-300×90×9×13
	アンカーボルト	SS400	M16

3.4.3.2 許容限界

(1) 鋼材

鋼材の許容限界は、「S規準」を踏まえて表 3.4-4 の値とする。

表 3.4-4 鋼材の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)			
	引張	圧縮	曲げ*	せん断
SS400	235	235	235	135

注記*：上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。

(2) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「3.4.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定した，表 3.4-5 の値とする。

なお，評価対象部位のアンカーボルトが引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，評価対象部位のアンカーボルトがせん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力，定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる耐力及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 3.4-5 アンカーボルトの許容限界

水密扉 No.	扉名称	許容耐力 (kN/本)	
		引張	せん断
30	制御室建物 2 階チェックポイント連絡水密扉	28	25

3.4.4 評価方法

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している評価式を用いる。

3.4.4.1 応力算定

(1) パネル板

パネル板に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として算定する。この時、実際に作用する静水圧荷重は、三角形分布であるが、扉下端に作用する静水圧荷重が扉板全面に等分布で作用するものとして、安全側に評価する。パネル板に作用する荷重の例を図 3.4-2 に示す。

$$M_1 = P_h \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

ここで、

$$P_h = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

M_1 : パネル板の曲げモーメント (kN・m/m)

L_1 : パネル板の短辺長さ (mm)

ρ_o : 水の密度 (t/mm³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 水圧作用高さ (mm)

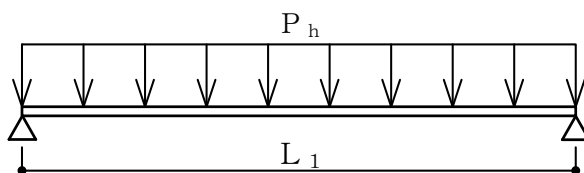


図 3.4-2 パネル板に作用する荷重の例

(2) パネル芯材

パネル芯材に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として算定する。扉下端に作用する静水圧荷重にパネル芯材の支配幅（＝間隔）を乗じた荷重が等分布に作用するものとして、安全側に評価する。パネル芯材に作用する荷重の例を図 3.4-3 に示す。

$$M_2 = w_2 \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$Q_2 = w_2 \cdot L_2 \cdot 10^{-3} / 2$$

ここで、

$$w_2 = P_h \cdot b_2 \cdot 10^{-3}$$

w_2 : パネル芯材に作用する等分布荷重 (kN/m)

M_2 : パネル芯材の曲げモーメント (kN・m)

Q_2 : パネル芯材のせん断力 (kN)

L_2 : パネル芯材の支持スパン (mm)

b_2 : パネル芯材に作用する荷重の負担幅 (mm)

P_h : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m²)

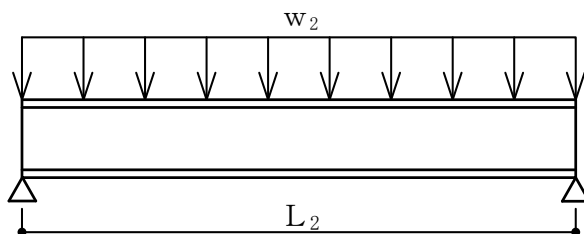


図 3.4-3 パネル芯材に作用する荷重の例

(3) 柱、梁及びアンカーボルト

静水圧荷重を受ける梁要素でモデル化し、実状に合わせて境界条件を定めた解析モデルに置き換え、柱、梁及びアンカーボルトに発生する応力を応力解析により算定し、各許容限界との比較により強度評価を行う。

評価モデル図及び評価モデルに作用する荷重の例を図 3.4-4 及び図 3.4-5 に示す。解析に使用するプログラムは、「KANSAS2」である。なお、解析プログラムの検証及び妥当性の確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

解析に用いる部材の物性値は以下とする。

ヤング係数 : $E = 205000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

せん断弾性係数 : $G = 79000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

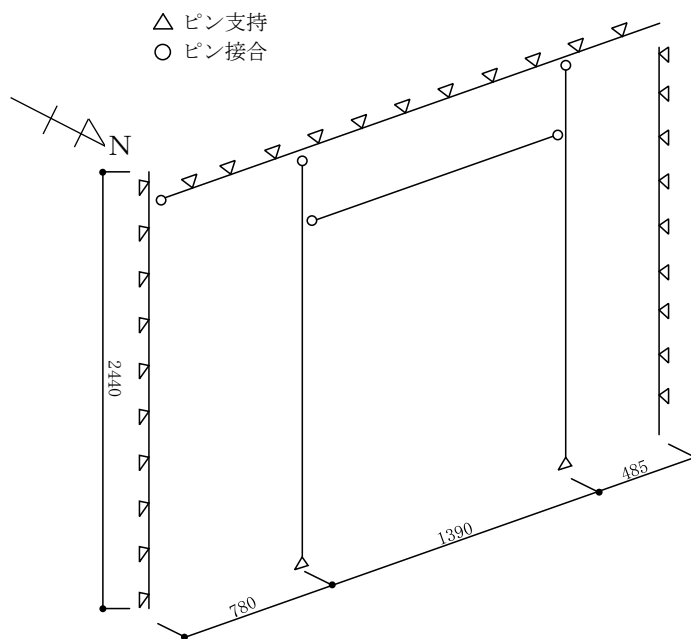


図 3.4-4 評価モデル図

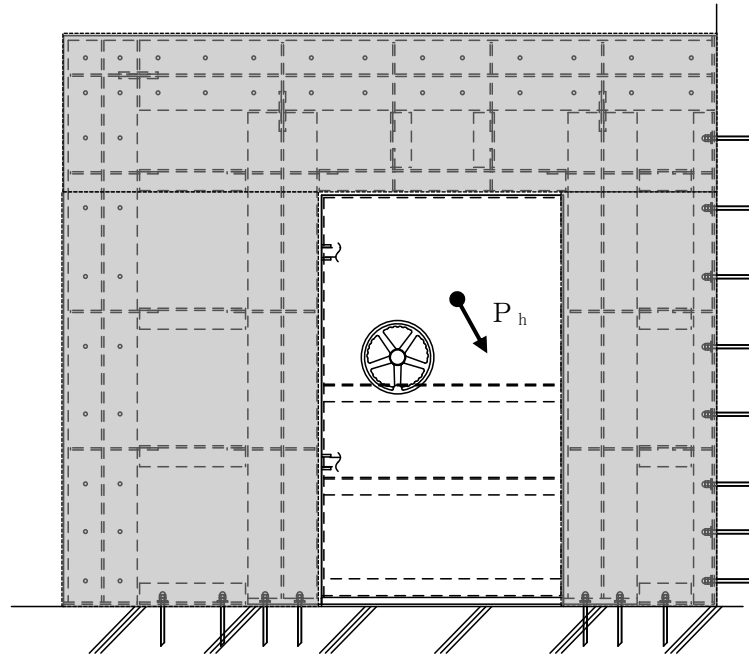


図 3.4-5 評価モデルに作用する荷重の例

3.3.4.2 断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力度及び荷重が、許容限界値以下であることを確認する。

(1) パネル板

パネル板に生じる曲げ応力度を算定し、パネル板の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. パネル板に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b1} = (M_1 \cdot 10^6) / Z_1$$

σ_{b1} : パネル板の曲げ応力度 (N/mm²)

M_1 : パネル板の曲げモーメント (kN・m/m)

Z_1 : パネル板の断面係数 (mm³/m)

(2) パネル芯材

パネル芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、パネル芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. パネル芯材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b2} = (M_2 \cdot 10^6) / Z_2$$

σ_{b2} : パネル芯材の曲げ応力度 (N/mm²)

M_2 : パネル芯材の曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : パネル芯材の断面係数 (mm³)

b. パネル芯材に生じるせん断応力度

$$\tau_2 = (Q_2 \cdot 10^3) / A_2$$

τ_2 : パネル芯材のせん断応力度 (N/mm²)

Q_2 : パネル芯材のせん断力 (kN)

A_2 : パネル芯材のせん断断面積 (mm²)

(3) 柱

柱に生じる曲げ応力度，せん断応力度及び軸応力度を算定し，柱の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 柱に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b\ x3} = (M_{x3} \cdot 10^6) / Z_{x3}$$

$$\sigma_{b\ y3} = (M_{y3} \cdot 10^6) / Z_{y3}$$

$\sigma_{b\ x3}$: 柱の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{b\ y3}$: 柱の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

M_{x3} : 柱の強軸回りの曲げモーメント (kN・m)

M_{y3} : 柱の弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

Z_{x3} : 柱の強軸回りの断面係数 (mm³)

Z_{y3} : 柱の弱軸回りの断面係数 (mm³)

b. 柱に生じるせん断応力度

$$\tau_{x3} = (Q_{x3} \cdot 10^3) / A_{S\ x3}$$

$$\tau_{y3} = (Q_{y3} \cdot 10^3) / A_{S\ y3}$$

τ_{x3} : 柱の強軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

τ_{y3} : 柱の弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

Q_{x3} : 柱の強軸方向のせん断力 (kN)

Q_{y3} : 柱の弱軸方向のせん断力 (kN)

$A_{S\ x3}$: 柱の強軸方向のせん断断面積 (mm²)

$A_{S\ y3}$: 柱の弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

c. 柱に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)3} = (N_{c(t)3} \cdot 10^3) / A_{g3}$$

- $\sigma_{c(t)3}$: 柱の軸応力度 (N/mm²)
 $N_{c(t)3}$: 柱の圧縮又は引張軸力 (kN)
 A_{g3} : 柱の断面積 (mm²)

d. 柱に生じる組合せ応力度

柱に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{bx3}/s f_{bx3} + \sigma_{by3}/s f_{by3} + \sigma_{c(t)3}/s f_{c(t)3} \leq 1.0$$

- σ_{bx3} : 柱の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
 $s f_{bx3}$: 柱の強軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)
 σ_{by3} : 柱の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
 $s f_{by3}$: 柱の弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)
 $\sigma_{c(t)3}$: 柱の軸応力度 (N/mm²)
 $s f_{c(t)3}$: 柱の短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

柱に生じる曲げ応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx3} + \sigma_{by3} + \sigma_{c(t)3})^2 + 3\tau_3^2} \leq s f_{t3}$$

- σ_{bx3} : 柱の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
 σ_{by3} : 柱の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)
 $\sigma_{c(t)3}$: 柱の軸応力度 (N/mm²)
 τ_3 : 柱のせん断応力度 ($\max(\tau_{x3}, \tau_{y3})$) (N/mm²)
 $s f_{t3}$: 柱の短期許容引張応力度 (N/mm²)

(4) 梁

梁に生じる曲げ応力度，せん断応力度及び軸応力度を算定し，梁の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 梁に生じる曲げ応力度

$$\sigma_{b x 4} = (M_{x 4} \cdot 10^6) / Z_{x 4}$$

$$\sigma_{b y 4} = (M_{y 4} \cdot 10^6) / Z_{y 4}$$

$\sigma_{b x 4}$: 梁の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{b y 4}$: 梁の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{x 4}$: 梁の強軸回りの曲げモーメント (kN・m)

$M_{y 4}$: 梁の弱軸回りの曲げモーメント (kN・m)

$Z_{x 4}$: 梁の強軸回りの断面係数 (mm³)

$Z_{y 4}$: 梁の弱軸回りの断面係数 (mm³)

b. 梁に生じるせん断応力度

$$\tau_{x 4} = (Q_{x 4} \cdot 10^3) / A_{S x 4}$$

$$\tau_{y 4} = (Q_{y 4} \cdot 10^3) / A_{S y 4}$$

$\tau_{x 4}$: 梁の強軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

$\tau_{y 4}$: 梁の弱軸方向のせん断応力度 (N/mm²)

$Q_{x 4}$: 梁の強軸方向のせん断力 (kN)

$Q_{y 4}$: 梁の弱軸方向のせん断力 (kN)

$A_{S x 4}$: 梁の強軸方向のせん断断面積 (mm²)

$A_{S y 4}$: 梁の弱軸方向のせん断断面積 (mm²)

c. 梁に生じる軸応力度

$$\sigma_{c(t)4} = (N_{c(t)4} \cdot 10^3) / A_{g4}$$

$\sigma_{c(t)4}$: 梁の軸応力度 (N/mm²)

$N_{c(t)4}$: 梁の圧縮又は引張軸力 (kN)

A_{g4} : 梁の断面積 (mm²)

d. 梁に生じる組合せ応力度

梁に生じる曲げ応力度と軸応力度の組合せに対する検定比は、次式により算出し、検定比 1.0 以下であることを確認する。

$$\sigma_{bx4}/s f_{bx4} + \sigma_{by4}/s f_{by4} + \sigma_{c(t)4}/s f_{c(t)4} \leq 1.0$$

σ_{bx4} : 梁の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{bx4}$: 梁の強軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

σ_{by4} : 梁の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$s f_{by4}$: 梁の弱軸回りの短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 梁の軸応力度 (N/mm²)

$s f_{c(t)4}$: 梁の短期許容圧縮又は許容引張応力度 (N/mm²)

梁に生じる曲げ応力度、軸応力度及びせん断応力度の組合せに対する応力度は、次式により算出し、短期許容引張応力度以下であることを確認する。

$$\sqrt{(\sigma_{bx4} + \sigma_{by4} + \sigma_{c(t)4})^2 + 3\tau_4^2} \leq s f_{t4}$$

σ_{bx4} : 梁の強軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

σ_{by4} : 梁の弱軸回りの曲げ応力度 (N/mm²)

$\sigma_{c(t)4}$: 梁の軸応力度 (N/mm²)

τ_4 : 梁のせん断応力度 ($\max(\tau_{x4}, \tau_{y4})$) (N/mm²)

$s f_{t4}$: 梁の短期許容引張応力度 (N/mm²)

(5) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力又はせん断力は，応力解析により求めた支点反力を用いて算定し，アンカーボルトの短期許容荷重以下であることを確認する。

$$(Q_5 / Q_{5a})^2 + (T_5 / T_{5a})^2 \leq 1.0$$

$$Q_5 / Q_{5a} \leq 1.0$$

$$T_5 / T_{5a} \leq 1.0$$

Q_5 : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

Q_{5a} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 (kN)

T_5 : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_{5a} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

3.4.5 評価条件

「3.3.4 評価方法」に用いる評価条件を表3.4-6に示す。

表 3.4-6 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉 No.	
				30	
共通	ρ_o	t/m ³	水の密度	1.03	
	h	mm	水圧作用高さ	6500	
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665	
パネル部	パネル板	L ₁	mm	パネル板の短辺長さ	595
		Z ₁	mm ³	パネル板の断面係数	42670
	パネル 芯材	L ₂	mm	パネル芯材の支持スパン	480
		b ₂	mm	パネル芯材に作用する荷重の負担幅	593
		Z ₂	mm ³	パネル芯材の断面係数	429000
		A ₂	mm ²	パネル芯材のせん断断面積	2466
	柱	M _{x3}	kN・m	柱の強軸回りの曲げモーメント	37.95
		M _{y3}	kN・m	柱の弱軸回りの曲げモーメント	—
		Z _{x3}	mm ³	柱の強軸回りの断面係数	1350000
		Z _{y3}	mm ³	柱の弱軸回りの断面係数	450000
		Q _{x3}	kN	柱の強軸方向のせん断力	80.50
		Q _{y3}	kN	柱の弱軸方向のせん断力	—
		A _{Sx3}	mm ²	柱の強軸方向のせん断断面積	2700
		A _{Sy3}	mm ²	柱の弱軸方向のせん断断面積	9000
		N _{c(t)3}	kN	柱の圧縮又は引張軸力	6.87
		A _{g3}	mm ²	柱の断面積	11800
	梁	M _{x4}	kN・m	梁の強軸回りの曲げモーメント	2.826
		M _{y4}	kN・m	梁の弱軸回りの曲げモーメント	0.226
		Z _{x4}	mm ³	梁の強軸回りの断面係数	1350000
		Z _{y4}	mm ³	梁の弱軸回りの断面係数	450000
		Q _{x4}	kN	梁の強軸方向のせん断力	36.68
		Q _{y4}	kN	梁の弱軸方向のせん断力	2.888
		A _{Sx4}	mm ²	梁の強軸方向のせん断断面積	2700
		A _{Sy4}	mm ²	梁の弱軸方向のせん断断面積	9000
		N _{c(t)4}	kN	梁の圧縮又は引張軸力	—
		A _{g4}	mm ²	梁の断面積	11800
	アンカー ボルト	Q ₅	kN	アンカーボルト1本当たりに生じるせん断力	25
T ₅		kN	アンカーボルト1本当たりに生じる引張力	2	

4. 評価結果

水密扉の強度評価結果を表 4-1～表 4-4 に示す。水密扉の各部材の断面検定を行った結果、発生応力度又は荷重は許容限界以下であることから、水密扉が構造健全性を有することを確認した。

図 4-1 に水密扉パネル部の各部材毎に検定比が最大となる代表部材を示す。

表 4-1 水密扉の強度評価結果（タイプ I）

水密扉 No.	対象評価部材	分類	発生値 (応力度又は荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値
9	扉板	曲げ	40	215	0.19
	芯材	曲げ	129	235	0.55
		せん断	28	135	0.21
	カンヌキ	曲げ	62	205	0.31
		せん断	5	118	0.05
		組合せ	63	205	0.31
アンカー ボルト*	引張	12	17	0.71	

注記*：引張及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

なお、アンカーボルトの評価は単位を kN とする。

表 4-2 水密扉の強度評価結果（タイプ II）

水密扉 No.	対象評価部材	分類	発生値 (応力度又は荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値
1	扉板	曲げ	104	235	0.45
	芯材	曲げ	36	235	0.16
		せん断	18	135	0.14
	アンカー ボルト*	せん断	11	19	0.58

注記*：アンカーボルトの評価は単位を kN とする。

表 4-3 水密扉の強度評価結果 (タイプⅢ)

水密扉 No.	対象評価部材	分類	発生値 (応力度又は荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値
28	扉板	曲げ	27	235	0.12
	芯材	曲げ	9	235	0.04
		せん断	4	135	0.03

表 4-4 水密扉の強度評価結果 (タイプⅣ)

水密扉 No.	対象評価部材	分類	発生値 (応力度又は荷重) (N/mm ²)	許容限界値 (N/mm ²)	発生値/ 許容限界値	
30	パネル部	パネル板	曲げ	69	235	0.30
		パネル 芯材	曲げ	3	235	0.02
			せん断	4	135	0.03
		柱	曲げ (強軸)	29	230	0.13
			曲げ (弱軸)	—	—	—
			せん断	30	135	0.23
			軸力	1	224	0.01
			組合せ (曲げ+軸力)	—	—	0.14
			組合せ (曲げ+せん断 +軸力)	60	235	0.26
			梁	曲げ (強軸)	3	234
		曲げ (弱軸)		1	234	0.01
		せん断		14	135	0.11
		軸力		—	—	—
		組合せ (曲げ+軸力)		—	—	0.03
		組合せ (曲げ+せん断 +軸力)		25	235	0.11
		アンカー ボルト*	せん断	2	25	0.08
			引張	25	28	0.90
			組合せ (せん断+引張)	—	—	0.81

注記* : アンカーボルトの評価は単位を kN とする。

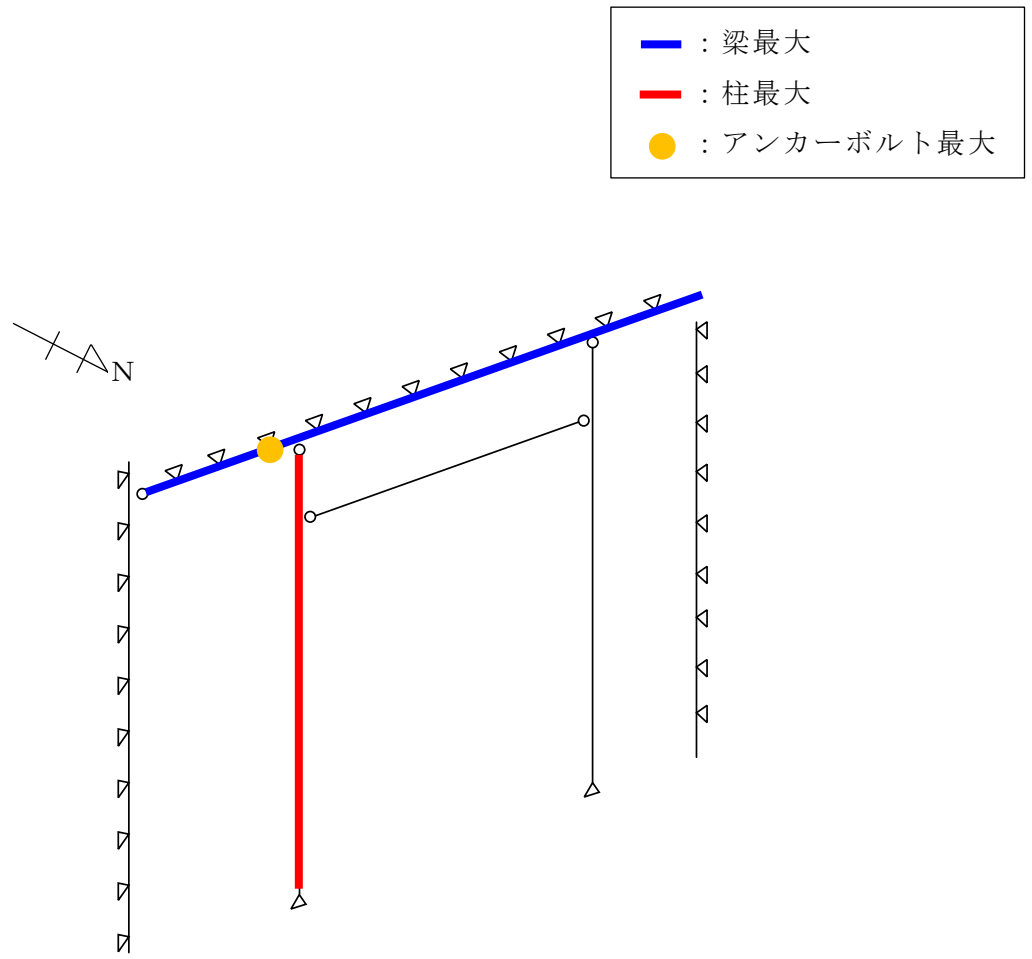


図 4-1 検定比最大箇所 (パネル部)

VI-3-別添 3-4-3 床 dren 逆止弁の強度計算書 (溢水)

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 配置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	4

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうち建物内に設置されている床ドレン逆止弁が内部溢水の浸水によって生じる静水圧荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 配置

強度評価の対象施設となる床ドレン逆止弁の配置計画は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「3. 構造強度設計」にて示す。

2.2 構造概要

床ドレン逆止弁の構造計画は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」にて示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を決定する。床ドレン逆止弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要			概略構造図
型式	主体構造	支持構造	
80A 型	弁座を含む弁本体，弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成する。	配管の取付部に直接ねじ込み固定とする。	

2.3 評価方針

床ドレン逆止弁の耐震評価は、VI-3-別添 3-3「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重並びに許容限界を踏まえて、応力評価及び構造健全性評価により実施する。床ドレン逆止弁の強度評価フローを図 2-1 に示す。

溢水への配慮が必要な施設の強度計算においては、静水圧荷重を用いて評価するが、津波への配慮が必要な施設の強度計算では、突き上げ津波荷重と余震を考慮した荷重を用いて評価する。よって、評価上最も厳しい計算条件は、VI-3-別添 3-2-7「床ドレン逆止弁の強度計算書」に包絡されるため、本計算書では評価不要とする。

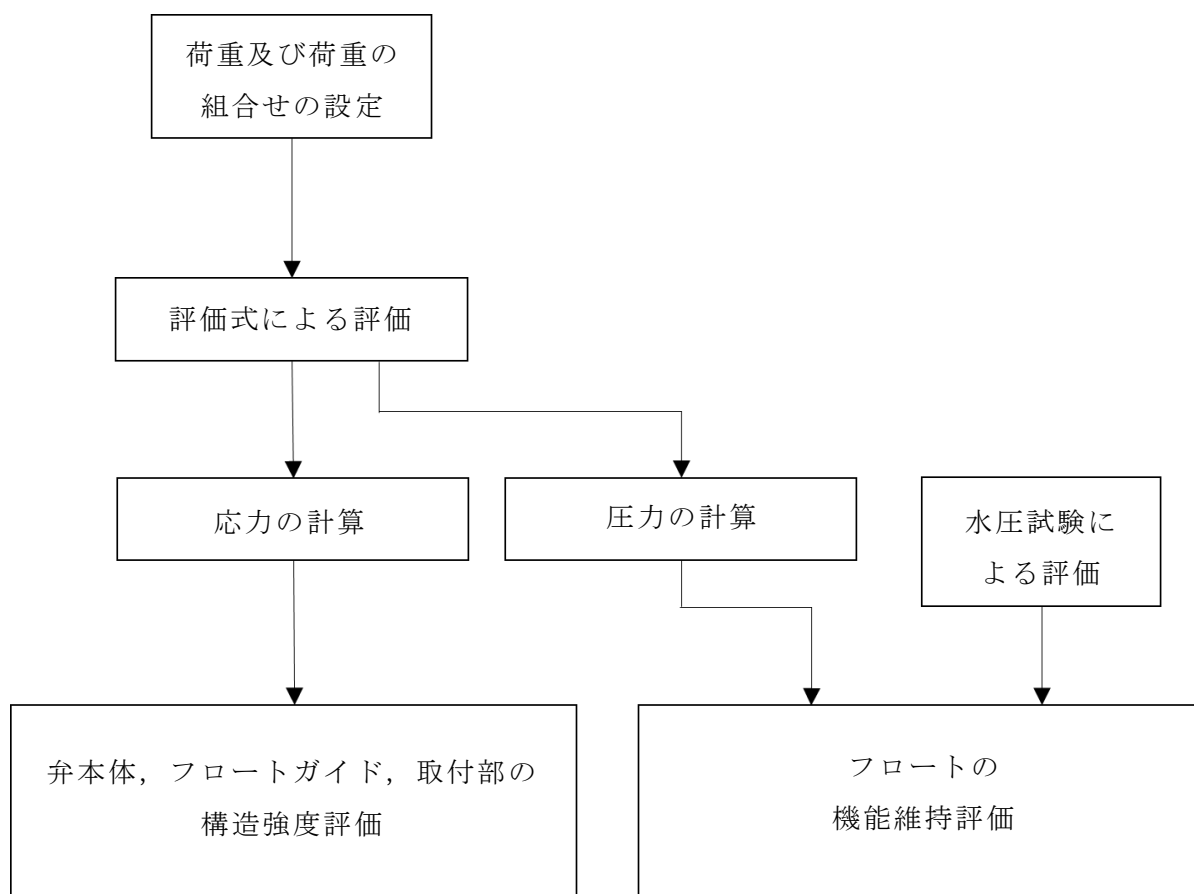


図 2-1 強度評価フロー

VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要

VI-5-5 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ T D A P III

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 TDAPIII Ver. 3.04	3
2.2 TDAPIII Ver. 3.07	5
2.3 TDAPIII Ver. 3.08	6
2.4 TDAPIII Ver. 3.12	7
2.5 TDAPIII Ver. 3.13	9

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）TDAPⅢについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-18	取水槽の地震応答計算書	Ver. 3.08
VI-2-2-22	B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の地震応答計算書	Ver. 3.04 Ver. 3.08
VI-2-2-28	取水管の耐震性についての計算書	Ver. 3.12
VI-2-2-29	取水口の耐震性についての計算書	Ver. 3.04 Ver. 3.13
VI-2-2-30	第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書	Ver. 3.04
VI-2-2-32	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書	Ver. 3.04
VI-2-2-34	緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震性についての計算書	Ver. 3.07
VI-2-2-37	屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の地震応答計算書	Ver. 3.04
VI-2-11-2-3	免震重要棟遮蔽壁の耐震性についての計算書	Ver. 3.04
VI-2-11-2-12	復水貯蔵タンク遮蔽壁の耐震性についての計算書	Ver. 3.04
VI-2-別添3-2	可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動	Ver. 3.04
VI-2-別添4-3-6	ドレーンの耐震性についての計算書	Ver. 3.12
VI-3-別添1-13-5	復水貯蔵タンク遮蔽壁の強度計算書	Ver. 3.04
VI-3-別添2-9	ディーゼル燃料貯蔵タンク室及びB-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の強度計算書	Ver. 3.04

2. 解析コードの概要

2.1 TDAPⅢ Ver. 3.04

コード名	TDAPⅢ
項目	
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析
開発機関	大成建設株式会社 株式会社アーク情報システム
開発時期	1994年
使用したバージョン	Ver. 3.04
コードの概要	<p>TDAPⅢ（以下「本解析コード」）は、2次元及び3次元有限要素解析の汎用プログラムである。</p> <p>主として、地盤～構造物連成系の地震応答解析を行うものである。</p> <p>また、土木・建築分野に特化した要素群、材料非線形モデルを数多くサポートしており、日本国内では、建設部門を中心として、官公庁、大学、民間問わず、多くの利用実績がある。</p> <p>本解析の主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2次元及び3次元有限要素プログラムである。 ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。 ③ 線形要素、平面要素、立体要素等を用いることができる。 ④ 静的解析を引き継いだ動的解析を行うことができる。 ⑤ 地盤及び構造物の非線形性を考慮できる。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁、橋脚、地盤～構造物連成、地中構造物等をはじめとする多数の解析において本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。 ・関西電力株式会社高浜発電所第3号機において、海水ポンプ室、海水管トレンチ、海水取水トンネル、燃料油貯油そう基礎の2次元有限要素法解析による地震応答解析に本解析コード(Ver. 3.05)が使用された実績がある。 ・本工事計画において使用するバージョンは、高浜発電所第3号機の既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョン変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事計画における構造に対して行う地震応答解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

項目 \ コード名	TDAPⅢ
使用目的	静的応力解析
開発機関	大成建設株式会社 株式会社アーク情報システム
開発時期	1994年
使用したバージョン	Ver. 3.04
コードの概要	<p>TDAPⅢ（以下「本解析コード」という）は、2次元及び3次元の有限要素解析の汎用プログラムである。</p> <p>主として、地盤～構造物連成系の地震応答解析を行うものである。</p> <p>また、土木・建築分野に特化した要素群、材料非線形モデルを数多くサポートしており、日本国内では、建設部門を中心として、官公庁、大学、民間問わず、多くの利用実績がある。</p> <p>本解析コードの主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2次元及び3次元有限要素プログラムである。 ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。 ③ 線形要素、平面要素、立体要素等を用いることができる。 ④ 静的解析を引継いだ動的解析を行うことができる。 ⑤ 地盤及び構造物の非線形を考慮できる。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁、橋脚、地盤～構造物連成、地中構造物等をはじめとする多数の解析において本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。 ・日本原子力発電株式会社東海第二発電所において、常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）、常設低圧代替注水系ポンプ室、代替淡水貯槽の静的応力解析に本解析コード（Ver. 3.08）が使用された実績がある。 ・本工事計画において使用するバージョンは、東海第二発電所の既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョン変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事計画における構造に対して行う地震応答解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.2 TDAPⅢ Ver. 3.07

コード名 項目	TDAPⅢ
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析
開発機関	大成建設株式会社 株式会社アーク情報システム
開発時期	1994年
使用したバージョン	Ver. 3.07
コードの概要	<p>TDAPⅢ（以下「本解析コード」）は、2次元及び3次元有限要素解析の汎用プログラムである。</p> <p>主として、地盤～構造物連成系の地震応答解析を行うものである。</p> <p>また、土木・建築分野に特化した要素群、材料非線形モデルを数多くサポートしており、日本国内では、建設部門を中心として、官公庁、大学、民間問わず、多くの利用実績がある。</p> <p>本解析の主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2次元及び3次元有限要素プログラムである。 ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。 ③ 線形要素、平面要素、立体要素等を用いることができる。 ④ 静的解析を引き継いだ動的解析を行うことができる。 ⑤ 地盤及び構造物の非線形性を考慮できる。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁、橋脚、地盤～構造物連成、地中構造物等をはじめとする多数の解析において本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。 ・関西電力株式会社高浜発電所第3号機において、海水ポンプ室、海水管トレンチ、海水取水トンネル、燃料油貯油そう基礎の2次元有限要素法解析による地震応答解析に本解析コード(Ver. 3.05)が使用された実績がある。 ・本工事計画において使用するバージョンは、高浜発電所第3号機の既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョン変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事計画における構造に対して行う地震応答解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.3 TDAPⅢ Ver. 3.08

項目	コード名 TDAPⅢ
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析
開発機関	大成建設株式会社 株式会社アーク情報システム
開発時期	1994年
使用したバージョン	Ver. 3.08
コードの概要	<p>TDAPⅢ（以下「本解析コード」）は、2次元及び3次元有限要素解析の汎用プログラムである。</p> <p>主として、地盤～構造物連成系の地震応答解析を行うものである。</p> <p>また、土木・建築分野に特化した要素群、材料非線形モデルを数多くサポートしており、日本国内では、建設部門を中心として、官公庁、大学、民間問わず、多くの利用実績がある。</p> <p>本解析の主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2次元及び3次元有限要素プログラムである。 ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。 ③ 線形要素、平面要素、立体要素等を用いることができる。 ④ 静的解析を引き継いだ動的解析を行うことができる。 ⑤ 地盤及び構造物の非線形性を考慮できる。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁、橋脚、地盤～構造物連成、地中構造物等をはじめとする多数の解析において本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。 ・関西電力株式会社高浜発電所第3号機において、海水ポンプ室、海水管トレンチ、海水取水トンネル、燃料油貯油そう基礎の2次元有限要素法解析による地震応答解析に本解析コード(Ver. 3.05)が使用された実績がある。 ・本工事計画において使用するバージョンは、高浜発電所第3号機の既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョン変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事計画における構造に対して行う地震応答解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.4 TDAPⅢ Ver. 3.12

項目	コード名 TDAPⅢ
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析
開発機関	大成建設株式会社 株式会社アーク情報システム
開発時期	1994年
使用したバージョン	Ver. 3.12
コードの概要	<p>TDAPⅢ（以下「本解析コード」）は、2次元及び3次元有限要素解析の汎用プログラムである。</p> <p>主として、地盤～構造物連成系の地震応答解析を行うものである。</p> <p>また、土木・建築分野に特化した要素群、材料非線形モデルを数多くサポートしており、日本国内では、建設部門を中心として、官公庁、大学、民間問わず、多くの利用実績がある。</p> <p>本解析の主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2次元及び3次元有限要素プログラムである。 ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。 ③ 線形要素、平面要素、立体要素等を用いることができる。 ④ 静的解析を引き継いだ動的解析を行うことができる。 ⑤ 地盤及び構造物の非線形性を考慮できる。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁、橋脚、地盤～構造物連成、地中構造物等をはじめとする多数の解析において本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。 ・関西電力株式会社高浜発電所第3号機において、海水ポンプ室、海水管トレンチ、海水取水トンネル、燃料油貯油そう基礎の2次元有限要素法解析による地震応答解析に本解析コード(Ver. 3.05)が使用された実績がある。 ・本工事計画において使用するバージョンは、高浜発電所第3号機の既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョン変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事計画における構造に対して行う地震応答解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

項目 \ コード名	TDAPⅢ
使用目的	静的応力解析
開発機関	大成建設株式会社 株式会社アーク情報システム
開発時期	1994年
使用したバージョン	Ver. 3.12
コードの概要	<p>TDAPⅢ（以下「本解析コード」という）は、2次元及び3次元の有限要素解析の汎用プログラムである。</p> <p>主として、地盤～構造物連成系の地震応答解析を行うものである。</p> <p>また、土木・建築分野に特化した要素群，材料非線形モデルを数多くサポートしており，日本国内では，建設部門を中心として，官公庁，大学，民間問わず，多くの利用実績がある。</p> <p>本解析コードの主な特徴は，以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2次元及び3次元有限要素プログラムである。 ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。 ③ 線形要素，平面要素，立体要素等を用いることができる。 ④ 静的解析を引き継いだ動的解析を行うことができる。 ⑤ 地盤及び構造物の非線形性を考慮できる。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は，以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは，後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認は，以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁，橋脚，地盤～構造物連成，地中構造物等をはじめとする多数の解析において本解析コードが使用されており，十分な使用実績があるため，信頼性があると判断できる。 ・日本原子力発電株式会社東海第二発電所において，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部），常設低圧代替注水系ポンプ室，代替淡水貯槽の静的応力解析に本解析コード（Ver. 3.08）が使用された実績がある。 ・本工事計画において使用するバージョンは，東海第二発電所の既工事計画において使用されているものと異なるが，バージョン変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事計画における構造に対して行う地震応答解析の使用目的に対し，使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.5 TDAPⅢ Ver. 3.13

項目	コード名 TDAPⅢ
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析
開発機関	大成建設株式会社 株式会社アーク情報システム
開発時期	1994年
使用したバージョン	Ver. 3.13
コードの概要	<p>TDAPⅢ（以下「本解析コード」）は、2次元及び3次元有限要素解析の汎用プログラムである。</p> <p>主として、地盤～構造物連成系の地震応答解析を行うものである。</p> <p>また、土木・建築分野に特化した要素群、材料非線形モデルを数多くサポートしており、日本国内では、建設部門を中心として、官公庁、大学、民間問わず、多くの利用実績がある。</p> <p>本解析の主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2次元及び3次元有限要素プログラムである。 ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。 ③ 線形要素、平面要素、立体要素等を用いることができる。 ④ 静的解析を引き継いだ動的解析を行うことができる。 ⑤ 地盤及び構造物の非線形性を考慮できる。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋梁、橋脚、地盤～構造物連成、地中構造物等をはじめとする多数の解析において本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。 ・関西電力株式会社高浜発電所第3号機において、海水ポンプ室、海水管トレンチ、海水取水トンネル、燃料油貯油そう基礎の2次元有限要素法解析による地震応答解析に本解析コード(Ver. 3.05)が使用された実績がある。 ・本工事計画において使用するバージョンは、高浜発電所第3号機の既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョン変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事計画における構造に対して行う地震応答解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

VI-5-6 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ N A S T R A N

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	4
2.1 MSC NASTRAN Ver. 2013	4
2.2 MSC NASTRAN Ver. 2005	5
2.3 MSC NASTRAN Ver. 2019FP1	6
2.4 MSC NASTRAN Ver. 2006r1	7
2.5 MSC NASTRAN Ver. 2018. 2. 1	8
2.6 MSC NASTRAN Ver. 2013. 1. 1	9
2.7 MSC NASTRAN Ver. 2005r2	10

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）MSC NASTRAN について説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

	使用添付書類	バージョン
VI-1-2-1	原子炉本体の基礎に関する説明書	Ver. 2013
VI-2-3-3-2-2	原子炉格納容器スタビライザの耐震性についての計算書	Ver. 2005
VI-2-3-3-3-11	原子炉中性子計装案内管の耐震性についての計算書	Ver. 2019FP1
VI-2-5-4-1-2	残留熱除去ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1
VI-2-5-4-1-3	残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算書	Ver. 2005
VI-2-5-4-1-5	ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書（残留熱除去系）	Ver. 2019FP1 Ver. 2019FP1
VI-2-5-4-1-6	残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの耐震性についての計算書	Ver. 2019FP1
VI-2-5-4-1-7	残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの耐震性についての計算書	Ver. 2019FP1
VI-2-5-5-1-1	高圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1 Ver. 2018. 2. 1
VI-2-5-5-2-1	低圧炉心スプレイポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1
VI-2-5-5-4-1	原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書	Ver. 2005
VI-2-5-6-1-4	ストレーナ部ティーの耐震性についての計算書（原子炉隔離時冷却系）	Ver. 2005
VI-2-5-7-1-3	原子炉補機海水ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-5-7-2-3	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-6-5-1	中性子源領域計装／中間領域計装の耐震性についての計算書	Ver. 2005
VI-2-6-7-3-1-3	衛星電話設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-6-7-3-1-5	緊急時対策所 衛星電話設備用ラックの耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-6-7-3-1-6	衛星電話設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-6-7-3-2-3	無線通信設備用アンテナ（中央制御室）の耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-6-7-3-2-5	緊急時対策所 無線通信設備用ラックの耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-6-7-3-2-6	無線通信設備用アンテナ（緊急時対策所）の耐震性についての計算書	Ver. 2005r2
VI-2-8-4-4	中央制御室待避室遮蔽の耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
VI-2-9-2-2	サプレッションチェンバの耐震性についての計算書	Ver. 2019FP1
VI-2-9-2-3	ベント管の耐震性についての計算書	Ver. 2019FP1
VI-2-9-2-4	サプレッションチェンバサポートの耐震性についての計算書	Ver. 2019FP1
VI-2-9-2-11	配管貫通部の耐震性についての計算書	Ver. 2005
VI-2-9-2-12	電気配線貫通部の耐震性についての計算書	Ver. 2005
VI-2-9-4-2	ダウンカマの耐震性についての計算書	Ver. 2019FP1
VI-2-9-4-3	ベントヘッドの耐震性についての計算書	Ver. 2019FP1
VI-2-9-4-4-1-1	ドライウェルスプレイ管の耐震性についての計算書	Ver. 2005
VI-2-9-4-4-1-2	サプレッションチェンバスプレイ管の耐震性についての計算書	Ver. 2019FP1
VI-2-9-4-7-1-4	遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-10-2-11	隔離弁、機器・配管の耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1
VI-2-11-2-7-4	チャンネル取扱ブームの耐震性についての計算書	Ver. 2018. 2. 1

使用添付書類		バージョン
VI-3-3-3-3-1-3	残留熱除去系ストレーナの強度計算書	Ver. 2005
VI-3-3-3-3-1-4	ストレーナ部ティーの応力計算書（残留熱除去系）	Ver. 2019FP1
VI-3-3-3-3-1-5	残留熱除去系ストレーナ取付部コネクタの強度計算書	Ver. 2019FP1
VI-3-3-3-3-1-6	残留熱除去系ストレーナ取付部サポートの強度計算書	Ver. 2019FP1
VI-3-3-3-4-4-1	原子炉隔離時冷却系ストレーナの強度計算書	Ver. 2005
VI-3-3-3-4-4-2	ストレーナ部ティーの応力計算書（原子炉隔離時冷却系）	Ver. 2005
VI-3-3-7-1-3	サブプレッションチェンバの強度計算書	Ver. 2019FP1
VI-3-3-7-1-5	ベント管の強度計算書	Ver. 2019FP1
VI-3-3-7-1-17	配管貫通部の強度計算書	Ver. 2005
VI-3-3-7-1-20	電気配線貫通部の強度計算書	Ver. 2005
VI-3-3-7-2-1-1	ベントヘッダ及びダウンカマの強度計算書	Ver. 2019FP1
VI-3-3-7-2-2-1-1	ドライウエルスプレイ管の強度計算書	Ver. 2005
VI-3-3-7-2-2-1-3	サブプレッションチェンバスプレイ管の強度計算書	Ver. 2013
VI-3-別添2-12	ディーゼル燃料移送ポンプ防護対策設備の強度計算書	Ver. 2019FP1

2. 解析コードの概要

2.1 MSC NASTRAN Ver. 2013

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル及びシェルモデル）による応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2013
コードの概要	本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果を持って、解析機能の妥当性も確認できる。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.2 MSC NASTRAN Ver. 2005

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル及びシェルモデル）による固有値解析，地震応答解析，応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2005
コードの概要	本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として開発された，有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について，本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから，検証結果を持って，解析機能の妥当性も確認できる。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.3 MSC NASTRAN Ver. 2019FP1

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル及びシェルモデル）による固有値解析，地震応答解析，応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2019FP1
コードの概要	本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として開発された，有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について，本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから，検証結果を持って，解析機能の妥当性も確認できる。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.4 MSC NASTRAN Ver. 2006r1

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	はりモデルによる固有値解析及び地震応答解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2006r1
コードの概要	本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木など様々な分野の構造解析に使用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.5 MSC NASTRAN Ver. 2018. 2. 1

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	はりモデルによる固有値解析及び地震応答解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2018. 2. 1
コードの概要	本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木など様々な分野の構造解析に使用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.6 MSC NASTRAN Ver. 2013. 1. 1

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル及びシェルモデル）による固有値解析，応力解析
開発機関	MSC. Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2013. 1. 1
コードの概要	本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として開発された，有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について，本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解との比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等の様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから，検証結果をもって，解析機能の妥当性も確認できる。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。

2.7 MSC NASTRAN Ver. 2005r2

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル及びシェルモデル）による固有値解析，地震応答解析，応力解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2005r2
コードの概要	本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的として開発された，有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木など様々な分野の構造解析に使用されている。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について，本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，土木及び建築などの様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから，検証結果をもって，解析機能の妥当性も確認できる。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

VI-5-16 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ A B A Q U S

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 ABAQUS Ver. 6.4-4	3
2.2 ABAQUS Ver. 6.11-1	4
2.3 ABAQUS Ver. 6.11-2	5
2.4 ABAQUS Ver. 6.14-1	6

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）ABAQUS について説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-3-3-2-4	ジェットポンプ計測配管貫通部シールの耐震性についての計算書	Ver. 6. 4-4
VI-2-3-3-3-4	シュラウドヘッドの耐震性についての計算書	Ver. 6. 4-4
VI-1-8-1	原子炉格納施設の設計条件に関する説明書	Ver. 6. 11-1
VI-2-10-1-2-1-4	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書	Ver. 6. 11-1
VI-2-10-1-2-1-7	非常用ディーゼル発電設備Aーディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書	Ver. 6. 11-1
VI-2-10-1-2-2-4	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書	Ver. 6. 11-1
VI-2-10-1-2-2-6	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書	Ver. 6. 11-1
VI-2-11-2-7-1	原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書	Ver. 6. 11-1
VI-2-11-2-7-7	原子炉浄化系補助熱交換器の耐震性についての計算書	Ver. 6. 11-1
VI-2-別添3-4-1	逃がし安全弁用窒素ガスボンベラックの耐震性についての計算書	Ver. 6. 11-1
VI-2-別添3-4-2	中央制御室待避室正圧化装置 空気ボンベラックの耐震性についての計算書	Ver. 6. 11-1
VI-2-別添3-4-3	緊急時対策所換気空調系空気ボンベ加圧設備 空気ボンベカードルの耐震性についての計算書	Ver. 6. 11-1
VI-1-8-1	原子炉格納施設の設計条件に関する説明書	Ver. 6. 11-2
VI-2-11-2-7-2	燃料取替機の耐震性についての計算書	Ver. 6. 14-1
VI-2-11-2-7-14	取水槽ガントリクレーンの耐震性についての計算書	Ver. 6. 14-1

2. 解析コードの概要

2.1 ABAQUS Ver. 6. 4-4

項目	コード名 ABAQUS
使用目的	3次元有限要素法（ソリッド要素）による応力解析
開発機関	Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc
開発時期	1978年
使用したバージョン	Ver. 6. 4-4
コードの概要	<p>本解析コードは、米国 Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc (HKS社) で開発された有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機コードである。</p> <p>適用モデルは1次元～3次元の任意形状の構造要素，連続体要素について取り扱うことが可能であり，静的応力解析，動的応力解析，熱応力解析，伝熱解析，座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり，境界条件として，熱流束，温度，集中荷重，分布荷重，加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回使用する適用要素（ソリッド要素）について，解析結果が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等の様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・使用する解析モデルは，既工事計画及び耐震評価にて実績のある関連規格及び文献を基に作成した評価モデルを採用していることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより，今回の工事計画認可申請で使用する3次元有限要素法（ソリッド要素）による応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。

2.2 ABAQUS Ver. 6.11-1

項目	コード名
	ABAQUS
使用目的	2次元有限要素法（軸対称モデル）による温度分布計算 3次元有限要素法（シェル要素，はり要素）による固有値解析及び応力解析
開発機関	ダッソー・システムズ株式会社
開発時期	1978年（Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc） 2005年（ダッソー・システムズ株式会社）
使用したバージョン	Ver. 6.11-1
コードの概要	<p>本解析コードは，米国 Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc（HKS社）で開発され，ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機コードである。</p> <p>適用モデルは1次元～3次元の任意形状の構造要素，連続体要素について取り扱うことが可能であり，静的応力解析，動的応力解析，熱応力解析，伝熱解析，座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり，境界条件として，熱流束，温度，集中荷重，分布荷重，加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木などの様々な分野で利用されている実績を持つ。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回使用する適用要素（ソリッド要素，シェル要素及びはり要素）について，本解析コードを用いた解析結果が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，数多くの研究機関や企業において，様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木などの様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・使用する解析モデルは，既工事計画及び耐震評価にて実績のある関連規格及び文献を基に作成した評価モデルを採用していることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより，今回の工事計画認可申請で使用する2次元有限要素法（軸対称モデル）による温度分布解析及び3次元有限要素法（シェル要素及びはり要素）による固有値解析及び応力解析に，本解析コードが適用できることを確認している。

2.3 ABAQUS Ver. 6.11-2

項目	コード名 ABAQUS
使用目的	3次元有限要素法（ソリッド要素及びシェル要素）による弾塑性解析
開発機関	ダッソー・システムズ株式会社
開発時期	1978年（Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc） 2005年（ダッソー・システムズ株式会社）
使用したバージョン	Ver. 6.11-2
コードの概要	<p>本解析コードは、米国Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc（HKS社）で開発され、ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機プログラムである。</p> <p>適用モデルは1次元～3次元の任意形状の構造要素、連続体要素について取り扱うことが可能であり、静的応力解析、動的応力解析、熱応力解析、伝熱解析、座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり、境界条件として、熱流束、温度、集中荷重、分布荷重、加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工事計画認可申請で使用する3次元有限要素法（ソリッド要素及びシェル要素）による弾塑性解析に、本解析コードが適用できることを確認している。

2.4 ABAQUS Ver. 6.14-1

項目	コード名 ABAQUS
使用目的	はり要素による固有値解析及び地震応答解析
開発機関	ダッソー・システムズ社
開発時期	1978年 (Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc) 2005年 (ダッソー・システムズ社)
使用したバージョン	Ver. 6.14-1
コードの概要	<p>本解析コードは、米国Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc (HKS社)で開発され、ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機プログラムである。</p> <p>適用モデルは、1次元～3次元の任意形状の構造要素、連続体要素について取り扱うことが可能であり、静的応力解析、動的応力解析、熱応力解析、伝熱解析、座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり、境界条件として、熱流束、温度、集中荷重、分布荷重、加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる地震応答計算結果と振動試験結果の比較による検証*が実施され、本解析コードが検証されたものであることを確認している。 ・使用する適用要素（はり要素）について、解析結果が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、数多くの研究機関や企業において、様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・使用する解析モデルは、既工事計画及び耐震評価にて実績のある関連規格及び文献を基に作成した評価モデルを採用していることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工事計画認可申請で使用するはり要素による固有値解析及び地震応答解析に、本解析コードが適用できることを確認している。

注記*：独立行政法人 原子力安全基盤機構「平成19年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査」動的上下動耐震試験（クレーン類）に係る報告書

VI-5-19 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ F R E M I N G

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 FREMING Ver. 14. 1B	3
2.2 FREMING Ver. 13. 4H	4

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）FREMINGについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

	使用添付書類	バージョン
VI-1-1-7-別添1	可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート	Ver. 14. 1B
VI-3-別添3-4-1	防水壁の強度計算書（溢水）	Ver. 13. 4H

2. 解析コードの概要

2.1 FREMING Ver. 14.1B

項目	コード名 FREMING
使用目的	平面骨組解析による断面力算定
開発機関	富士通Japan株式会社（旧：富士通エフ・アイ・ピー株式会社）
開発時期	1995年
使用したバージョン	Ver. 14.1B
コードの概要	<p>FREMING（以下「本解析コード」という。）は、富士通エフ・アイ・ピー株式会社によって開発された、平面骨組構造解析の汎用市販コードである。</p> <p>本解析コードは、平面骨組計算プログラムであり、平面構造物にモデル化できる構造物はすべて計算が可能である。</p> <p>適用範囲として、橋梁、鉄塔、トンネル、共同溝等の土木構造物から、ビル、建屋等建築構造物の設計計算に利用可能である。</p> <p>また、面内荷重及び面外荷重において、線形及び非線形解析が可能である。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料力学分野における一般的知見によって解を求めることができる体系について、平面骨組解析モデルによる解析解（断面力）と理論解と比較し、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、国内の土木建築分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・日本原子力発電株式会社東海第二発電所において、緊急用海水ポンプピット及び防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））並びに貯留堰の平面骨組解析（断面力算出）に本解析コード（Ver. 14.1B）が使用された実績がある。 ・本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.2 FREMING Ver. 13. 4H

項目	コード名 FREMING
使用目的	平面骨組解析による断面力算定
開発機関	富士通Japan株式会社（旧：富士通エフ・アイ・ピー株式会社）
開発時期	1995年
使用したバージョン	Ver. 13. 4H
コードの概要	<p>FREMING（以下「本解析コード」という。）は、富士通エフ・アイ・ピー株式会社によって開発された、平面骨組構造解析の汎用市販コードである。</p> <p>本解析コードは、平面骨組計算プログラムであり、平面構造物にモデル化できる構造物はすべて計算が可能である。</p> <p>適用範囲として、橋梁、鉄塔、トンネル、共同溝等の土木構造物から、ビル、建屋等建築構造物の設計計算に利用可能である。</p> <p>また、面内荷重及び面外荷重において、線形及び非線形解析が可能である。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料力学分野における一般的知見によって解を求めることができる体系について、平面骨組解析モデルによる解析解（断面力）と理論解と比較し、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、国内の土木建築分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・日本原子力発電株式会社東海第二発電所において、緊急用海水ポンプピット及び防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））並びに貯留堰の平面骨組解析（断面力算出）に本解析コード（Ver. 14. 1B）が使用された実績がある。 ・今回の工認申請において使用するバージョンは、既工認において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

VI-5-22 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ S u p e r F L U S H / 2 D

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 SuperFLUSH/2D Ver. 5.1, Ver. 6.1	3
2.2 SuperFLUSH/2D Ver. 6.2	4

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）SuperFLUSH/2Dについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-2	原子炉建物の地震応答計算書	Ver. 5.1, Ver. 6.1
VI-2-2-5	制御室建物の地震応答計算書	Ver. 5.1, Ver. 6.1
VI-2-11-2-1-1	1号機原子炉建物の耐震性についての計算書	Ver. 5.1, Ver. 6.1
VI-2-2-28	取水管の耐震性についての計算書	Ver. 6.2

2. 解析コードの概要

2.1 SuperFLUSH/2D Ver. 5.1, Ver. 6.1

項目	コード名 SuperFLUSH/2D
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析
開発機関	株式会社地震工学研究所, 株式会社構造計画研究所
開発時期	1983年
使用したバージョン	Ver. 5.1, Ver. 6.1
コードの概要	<p>SuperFLUSH/2D (以下「本解析コード」という。)は、地盤-構造物系の地震応答解析の汎用コードである。</p> <p>複素応答に基づいた有限要素法を用いた本解析コードは、1974年のLUSH及び1975年に米国カリフォルニア大学から発表されたFLUSHの改良版である。</p> <p>本解析コードは、数多くの研究機関や企業において、建築、土木等の構造物の地盤と構造物の地震応答解析に広く利用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本工事計画で使用する地震応答解析機能の検証として、水平成層地盤の側方にエネルギー伝達境界を設けたモデルによる地震応答解析結果が、側方半無限性を仮定した1次元重複反射理論に基づく別コードSHAKEによる地震応答解析結果と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、国内の建築・土木分野において使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・九州電力株式会社玄海原子力発電所第3号機の取水管路の地震応答解析に本解析コード(Ver. 6.0)が使用された実績がある。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、本工事計画で使用する2次元有限要素法による地震応答解析に、本解析コードが適用できることを確認している。 ・本工事計画で行う2次元有限要素法による地震応答解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内にあることを確認している。 ・本工事計画において使用するバージョンは、他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において、本解析の使用範囲の結果に影響の無いことを確認している。

2.2 SuperFLUSH/2D Ver. 6.2

項目 \ コード名	SuperFLUSH/2D
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析
開発機関	株式会社地震工学研究所，株式会社構造計画研究所
開発時期	1983年
使用したバージョン	Ver. 6.2
コードの概要	<p>SuperFLUSH/2D（以下「本解析コード」という。）は，地盤－構造物系の地震応答解析の汎用コードである。</p> <p>複素応答に基づいた有限要素法を用いた本解析コードは，1974年のLUSH及び1975年に米国カリフォルニア大学から発表されたFLUSHの改良版である。</p> <p>本解析コードは，数多くの研究機関や企業において，建築，土木等の構造物の地盤と構造物の地震応答解析に広く利用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は，以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本工事計画で使用する地震応答解析機能の検証として，水平成層地盤の側方にエネルギー伝達境界を設けたモデルによる地震応答解析結果が，側方半無限性を仮定した1次元重複反射理論に基づく別コードSHAKEによる地震応答解析結果と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は，以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，国内の建築・土木分野において使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・九州電力株式会社玄海原子力発電所第3号機の取水管路の地震応答解析に本解析コード（Ver. 6.0）が使用された実績がある。 ・開発機関が提示するマニュアルにより，本工事計画で使用する2次元有限要素法による地震応答解析に，本解析コードが適用できることを確認している。 ・本工事計画で行う2次元有限要素法による地震応答解析の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認の範囲内にあることを確認している。 ・本工事計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが，バージョンの変更において，本解析の使用範囲の結果に影響の無いことを確認している。

VI-5-30 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ m i c r o S H A K E / 3 D

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 microSHAKE/3D Ver. 2. 2. 3. 311	3
2.2 microSHAKE/3D Ver. 2. 3. 1	4
2.3 microSHAKE/3D Ver. 2. 4. 1	5

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）microSHAKE/3Dについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-18	取水槽の地震応答計算書	Ver. 2. 2. 3. 311
VI-2-2-30	第1 ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書	Ver. 2. 3. 1
VI-2-2-32	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書	Ver. 2. 3. 1
VI-2-2-37	屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の地震応答計算書	Ver. 2. 3. 1
VI-2-2-22	B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の地震応答計算書	Ver. 2. 3. 1
VI-2-2-28	取水管の耐震性についての計算書	Ver. 2. 4. 1
VI-2-11-2-3	免震重要棟遮蔽壁の耐震性についての計算書	Ver. 2. 3. 1

2. 解析コードの概要

2.1 microSHAKE/3D Ver. 2. 2. 3. 311

項目	コード名 microSHAKE/3D
使用目的	1次元地震応答解析による入力地震動算定
開発機関	株式会社地震工学研究所
開発時期	2011年
使用したバージョン	Ver. 2. 2. 3. 311
コードの概要	<p>microSHAKE/3D（1次元波動伝播解析コード）は、1次元重複反射理論に基づく地盤の地震応答解析を行うことが可能であり、地盤の非線形性はひずみ依存性を用いて等価線形法により考慮することができる。</p> <p>本解析コードの主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 1次元重複反射理論に基づくプログラムである。 ② 地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形法により考慮することができる。 ③ 鉛直動は、S波速度 V_s をP波速度 V_p として定義することで対応が可能である。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードについて、2層のモデル地盤において地震応答解析を行った解析解と、1次元重複反射理論に基づく理論解が一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検証の内容のとおり、地盤の応答解析について検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。 ・原子力産業界において、原子力発電所の土木構造物評価をはじめとする多数の解析に本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。 ・日本原子力発電株式会社東海第二発電所において、常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備等の1次元地震応答解析（入力地震動算定）で本解析コード（Ver. 2. 2. 3. 311）が使用された実績がある。 ・本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.2 microSHAKE/3D Ver. 2.3.1

項目	コード名 microSHAKE/3D
使用目的	1次元地震応答解析による入力地震動算定
開発機関	株式会社地震工学研究所
開発時期	2011年
使用したバージョン	Ver. 2.3.1
コードの概要	<p>microSHAKE/3D（1次元波動伝播解析コード）は、1次元重複反射理論に基づく地盤の地震応答解析を行うことが可能であり、地盤の非線形性はひずみ依存性を用いて等価線形法により考慮することができる。</p> <p>本解析コードの主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 1次元重複反射理論に基づくプログラムである。 ② 地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形法により考慮することができる。 ③ 鉛直動は、S波速度 V_s をP波速度 V_p として定義することで対応が可能である。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードについて、2層のモデル地盤において地震応答解析を行った解析解と、1次元重複反射理論に基づく理論解が一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された内容を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検証の内容のとおり、地盤の応答解析について検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。 ・原子力産業界において、原子力発電所の土木構造物評価をはじめとする多数の解析に本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。 ・日本原子力発電株式会社東海第二原子力発電所において、常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備等の1次元地震応答解析（入力地震動算定）で本解析コード（Ver. 2.2.3.311）が使用された実績がある。 ・今回の工認申請において使用するバージョンは、既工認において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.3 microSHAKE/3D Ver. 2.4.1

項目	コード名 microSHAKE/3D
使用目的	1次元地震応答解析による入力地震動算定
開発機関	株式会社地震工学研究所
開発時期	2011年
使用したバージョン	Ver. 2.4.1
コードの概要	<p>microSHAKE/3D（1次元波動伝播解析コード）は、1次元重複反射理論に基づく地盤の地震応答解析を行うことが可能であり、地盤の非線形性はひずみ依存性を用いて等価線形法により考慮することができる。</p> <p>本解析コードの主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 1次元重複反射理論に基づくプログラムである。 ② 地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形法により考慮することができる。 ③ 鉛直動は、S波速度 V_s をP波速度 V_p として定義することで対応が可能である。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】 本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードについて、2層のモデル地盤において地震応答解析を行った解析解と、1次元重複反射理論に基づく理論解が一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された内容を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認(Validation)】 本解析コードの妥当性確認は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検証の内容のとおり、地盤の応答解析について検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。 ・原子力産業界において、原子力発電所の土木構造物評価をはじめとする多数の解析に本解析コードが使用されており、十分な使用実績があるため、信頼性があると判断できる。 ・日本原子力発電株式会社東海第二原子力発電所において、常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備等の1次元地震応答解析（入力地震動算定）で本解析コード（Ver. 2.2.3.311）が使用された実績がある。 ・今回の工認申請において使用するバージョンは、既工認において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

VI-5-31 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ANSYS

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 ANSYS Ver. 13.0	3
2.2 ANSYS Ver. 14.0	4
2.3 ANSYS Ver. 17.2	6

1. はじめに

本資料は、添付資料において使用した計算機プログラム（解析コード）ANSYSについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-3-2-1	燃料集合体の耐震性についての計算書	Ver. 13.0, Ver. 14.0
VI-2-4-2-5	燃料プール水位（S A）の耐震性についての計算書	Ver. 17.2

2. 解析コードの概要

2.1 ANSYS Ver. 13.0

項目	コード名 ANSYS
使用目的	有限要素法による下部端栓溶接部応力評価
開発機関	ANSYS Inc.
開発時期	1970年
使用したバージョン	Ver. 13.0
コードの概要	<p>ANSYS (以下「本解析コード」という。) は、スワンソン・アナリシス・システムズ (現, ANSYS Inc.) により開発された有限要素法による計算機プログラムである。</p> <p>本解析コードは、広範囲にわたる多目的有限要素法による計算機プログラムである。本解析コードは、伝熱、構造、マルチフィジックス、流体、陽解法による動的、電磁界及び流体力学のシミュレーション並びに解析を実施するものである。</p> <p>本解析コードは、ISO9001及びASME NQA-1の認証を受けた品質保証システムのもとで開発され、アメリカ合衆国原子力規制委員会による10CFR50並びに10CFR21の要求を満たしており、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、開発元のリリースノートの例題集において、多くの解析例に対する理論解と解析結果との比較により両者が一致することで検証されている。 ・本解析コードの運用環境について、開発元から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 ・本解析コードは、原子力分野では、原子炉設置 (変更) 許可申請書における応力解析等、これまで多くの構造解析に対し使用実績があり、9×9燃料 (B型) の原子炉設置 (変更) 許可申請書や燃料体設計認可申請書における下部端栓溶接部の応力評価に対し使用実績があることを確認している。

2.2 ANSYS Ver. 14.0

項目	コード名 ANSYS
使用目的	有限要素法による下部端栓溶接部応力評価
開発機関	ANSYS Inc.
開発時期	1970年
使用したバージョン	Ver. 14.0
コードの概要	<p>ANSYS (以下「本解析コード」という。) は、スワンソン・アナリシス・システムズ (現, ANSYS Inc.) により開発された有限要素法による計算機プログラムである。</p> <p>本解析コードは、広範囲にわたる多目的有限要素法による計算機プログラムである。本解析コードは、伝熱、構造、マルチフィジックス、流体、陽解法による動的、電磁界及び流体力学のシミュレーション並びに解析を実施するものである。</p> <p>本解析コードは、ISO9001及びASME NQA-1の認証を受けた品質保証システムのもとで開発され、アメリカ合衆国原子力規制委員会による10CFR50並びに10CFR21の要求を満たしており、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、開発元のリリースノートの例題集において、多くの解析例に対する理論解と解析結果との比較により両者が一致することで検証されている。 ・本コード配布時に同梱されたANSYS Mechanical APDL Verification Testing Packageを入力とした解析により、上記例題集の検証を再現できることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発元から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、機械、建築、土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 ・本解析コードは、原子力分野では、原子炉設置 (変更) 許可申請書における応力解析等、これまで多くの構造解析に対し使用実績があり、9×9燃料 (B型) の原子炉設置 (変更) 許可申請書や燃料体設計認可申請書における下部端栓溶接部の応力評価に対し使用実績があることを確認している。

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 本解析コードは、既認可の下部端栓溶接部応力解析において使用実績のあるMARCと応力評価モデルは同一であり、同等な解析条件（有限要素モデル、ペレットやジルカロイ被覆管の物性値、荷重条件及び境界モデル）を設定可能なこと、MARCと本解析コードとで同等な解析が可能であることを確認している。
--	--

2.3 ANSYS Ver. 17.2

項目	コード名 ANSYS
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，応答解析
開発機関	ANSYS Inc.
開発時期	1970年
使用したバージョン	Ver. 17.2
コードの概要	<p>ANSYS（以下「本解析コード」という。）は，スワンソン・アナリシス・システムズ（現，ANSYS Inc.）により開発された有限要素法による計算機プログラムである。</p> <p>本解析コードは，広範囲にわたる多目的有限要素法による計算機プログラムである。本解析コードは，伝熱，構造，マルチフィジックス，流体，陽解法による動的，電磁界及び流体力学のシミュレーション並びに解析を実施するものである。</p> <p>本解析コードは，ISO9001及びASME NQA-1の認証を受けた品質保証システムのもとで開発され，アメリカ合衆国原子力規制委員会による10CFR50並びに10CFR21の要求を満たしており，数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，機械，建築，土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの検証は，開発元のリリースノートの例題集において，多くの解析例に対する理論解と解析結果との比較が実施されており，理論解と解析解が一致していることを確認している。 ・本解析コードが適正であることは，コード配布時に同梱されたANSYS Mechanical APDL Verification Testing Packageにより確認している。 ・本解析コードの運用環境については，開発元から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，機械，建築，土木等の様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 ・本解析コードは，原子力分野では，原子炉設置（変更）許可申請書における応力解析等，これまで多くの構造解析に対し使用実績があることを確認している。

VI-5-41 計算機プログラム（解析コード）の概要
・NX NASTRAN

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 NX NASTRAN Ver. 5mp1	3
2.2 NX NASTRAN Ver. 7.1	4
2.3 NX NASTRAN Ver. 8.1	5
2.4 NX NASTRAN Ver. 8.5	6
2.5 NX NASTRAN Ver. 8.5mp1	7

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）NX NASTRANについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-9-4-5-1-4	ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書	Ver. 5mp1
VI-2-10-1-4-26	緊急時対策所 空気浄化装置接続盤の耐震性についての計算書	Ver. 7. 1
VI-2-10-1-4-27	緊急時対策所 空気浄化装置操作盤の耐震性についての計算書	Ver. 7. 1
VI-2-11-2-10	耐火障壁の耐震性についての計算書	Ver. 7. 1
VI-2-9-4-5-3-1	静的触媒式水素処理装置の耐震性についての計算書	Ver. 8. 1
VI-2-2-28	取水管の耐震性についての計算書	Ver. 8. 5
VI-2-2-36	ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の耐震性についての計算書	Ver. 8. 5mp1
VI-2-11-2-12	復水貯蔵タンク遮蔽壁の耐震性についての計算書	Ver. 8. 5mp1

2. 解析コードの概要

2.1 NX NASTRAN Ver. 5mp1

項目	コード名 NX NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はりモデル）による固有値解析
開発機関	Siemens PLM (Product Lifecycle Management) Software Inc.
開発時期	1971年 (The MacNeal-Schwendler Corporation) 2005年 (Siemens PLM Software Inc.)
使用したバージョン	Ver. 5mp1
コードの概要	<p>本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的としてThe MacNeal-Schwendler Corporationにより開発され、Siemens PLM Software Inc.に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムであり、MSC NASTRANと同じ機能を持つ。</p> <p>適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・固有値解析 3次元骨組構造物について、質点及び質量の無い弾性メンバーからなる等価な解析モデルを設定し、解析結果が公開文書*により求めた理論値（以下「理論解」という。）及び別コード (SOLVER) による解析結果とNX NASTRANによる解析結果とが同等であることを確認している。 ・応力解析 固有値解析で作成した二層ラーメン構造の解析モデルを使用して自重及び水平1Gを考慮した応力解析を行い、計算された部材応力と支点反力について別コード (SOLVER) による解析結果とNX NASTRANによる解析結果とが同等であることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、本工事計画で使用する3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析に本解析コードが適用できることを確認している。 ・検証の体系と本工事計画で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって、解析機能の妥当性を確認している。 ・本工事計画で行う3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

注記*：「振動及び応答解析入門」（川井忠彦，藤谷義信共著 179頁 培風館）

2.2 NX NASTRAN Ver. 7.1

項目 \ コード名	NX NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析
開発機関	Siemens PLM (Product Lifecycle Management) Software Inc.
開発時期	1971年 (The MacNeal-Schwendler Corporation) 2005年 (Siemens PLM Software Inc.)
使用したバージョン	Ver. 7.1
コードの概要	<p>本解析コードは，航空機の機体強度解析を目的としてThe MacNeal-Schwendler Corporationにより開発され，Siemens PLM Software Inc. に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムであり，MSC NASTRANと同じ機能を持つ。</p> <p>適用モデル（主にはり要素，シェル要素，ソリッド要素）に対して，静的解析（線形，非線形），動的解析（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について，3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，自動車，航空宇宙，防衛，重機，造船等様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・開発機関が提示するマニュアルにより，本工事計画で使用する3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析に本解析コードが適用できることを確認している。 ・検証の体系と本工事計画で使用する体系が同等であることから，解析解と理論解の一致をもって，解析機能の妥当性を確認している。 ・本工事計画で行う3次元有限要素法（はり要素）による固有値解析，地震応答解析の用途，適用範囲が，上述の妥当性確認範囲内にあることを確認している。 ・本工事計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。

2.3 NX NASTRAN Ver. 8.1

項目 \ コード名	NX NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（シェル要素及びはり要素）による固有値解析及び応力解析
開発機関	Siemens PLM (Product Lifecycle Management) Software Inc.
開発時期	1971年（The MacNeal-Schwendler Corporation） 2005年（Siemens PLM Software Inc.）
使用したバージョン	Ver. 8.1
コードの概要	<p>NX NASTRAN（以下「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的としてThe MacNeal-Schwendler Corporationにより開発され、Siemens PLM Software Inc.に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムであり、MSC NASTRANと同じ機能を持つ。</p> <p>適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について、3次元有限要素法（シェル要素及びはり要素）による固有値解析及び応力解析を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、自動車、航空宇宙、防衛、重機、造船等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、本工事計画で使用する3次元有限要素法（シェル要素及びはり要素）による固有値解析及び応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。

2.4 NX NASTRAN Ver. 8.5

項目	コード名 NX NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（ソリッド要素）による応力解析及び2次元有限要素法（はり要素）による骨組み構造解析
開発機関	Siemens PLM (Product Lifecycle Management) Software Inc.
開発時期	1971年（The MacNeal-Schwendler Corporation） 2005年（Siemens PLM Software Inc.）
使用したバージョン	Ver. 8.5
コードの概要	<p>NX NASTRAN（以下「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的としてThe MacNeal-Schwendler Corporationにより開発され、Siemens PLM Software Inc. に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムであり、MSC NASTRANと同じ機能を持つ。</p> <p>適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 静的応力解析で作成した3次元解析モデルを使用して、構造物周辺に単位の荷重を与えた解析を行い、計算された変形量について、別コード（MSC NASTRAN）による解析結果とNX NASTRANによる解析結果とが同等であることを確認している。 静的応力解析で作成した骨組み構造の解析モデルを使用して、構造物に地盤変形量を与えた解析を行い、計算された断面力について、別コード（MSC NASTRAN）による解析結果とNX NASTRANによる解析結果とが同等であることを確認している。 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 本解析コードは、自動車、航空宇宙、防衛、重機、造船等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 九州電力株式会社川内原子力発電所1、2号機において、外部遮蔽建屋、中央制御室、ディーゼル建屋、主蒸気管室建屋、屋外タンク基礎、代替緊急時対策所及び燃料油貯蔵タンク基礎の静的応力解析に本解析コード（Ver. 8.5）が使用された実績がある。 本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

2.5 NX NASTRAN Ver. 8.5mp1

項目 \ コード名	NX NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法（シェル要素及びはり要素）による応力解析
開発機関	Siemens PLM (Product Lifecycle Management) Software Inc.
開発時期	1971年 (The MacNeal-Schwendler Corporation) 2005年 (Siemens PLM Software Inc.)
使用したバージョン	Ver. 8.5mp1
コードの概要	<p>NX NASTRAN（以下「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的としてThe MacNeal-Schwendler Corporationにより開発され、Siemens PLM Software Inc.に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムであり、MSC NASTRANと同じ機能を持つ。</p> <p>適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について、3次元有限要素法（シェル要素及びはり要素）による応力解析を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、自動車、航空宇宙、防衛、重機、造船等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・九州電力株式会社川内原子力発電所1、2号機において、外部遮蔽建屋、中央制御室、ディーゼル建屋、主蒸気管室建屋、屋外タンク基礎、代替緊急時対策所及び燃料油貯蔵タンク基礎の静的応力解析に本解析コード（Ver. 8.5）が使用された実績がある。 ・今回の工認申請において使用するバージョンは、既工認において使用されているものと異なるが、バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

VI-5-51 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ S T A A D . P r o

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 STAAD.Pro Ver. 20.07.11.33	3

1. はじめに

本資料は、VI-2-4-2-5 において使用した計算機プログラム（解析コード）STAAD.Proについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-4-2-5	燃料プール水位（SA）の耐震性についての計算書	Ver. 20.07.11.33

2. 解析コードの概要

2.1 STAAD.Pro Ver. 20.07.11.33

項目	コード名 STAAD.Pro
使用目的	有限要素法（シェルモデル，はりモデル）による固有値解析
開発機関	株式会社ベントレー・システムズ
開発時期	1972年
使用したバージョン	Ver. 20.07.11.33
コードの概要	<p>STAAD.Pro（以下「本解析コード」という。）は，3次元架構構造モデルの構造解析を目的に，任意形状の3次元モデルの静的解析及び動的解析を有限要素法にて行うものである。</p> <p>引張・圧縮・せん断などの一般的な静解析から，地震などの動解析までサポートしており，本解析コードは，プラント設計及び，建築・土木工学等の分野で世界的に広く実績を有している。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造力学分野における一般知見により解を求めることができる体系について，解析の結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解と概ね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発元から提示された要件を満足していることを確認している。 ・本解析コードは，有限要素法を用いた汎用構造解析プログラムであり，数多くの研究機関や企業において，様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開発機関が提示するマニュアルにより，使用する3次元のビーム要素及びシェル要素を用いた静的解析に本コードが適用できることを確認している。 ・本解析コードは，原子力分野では，工事計画認可申請における応力解析等，これまで構造解析に対し使用実績があることを確認している。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

VI-5-57 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ E M R G I N G

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 EMRGING Ver. 12.4C	3
3. 解析手法	4
3.1 一般事項	4
3.2 解析コードの特徴	4
3.3 解析手法	5
3.3.1 計算方法	5
3.3.2 応力発生状態の判定	6
3.3.3 応力度の算定	7
3.4 解析フローチャート	8
3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)	9
3.5.1 検証	9
3.5.2 妥当性確認	12
3.5.3 評価結果	12

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）EMRGINGについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-10-2-3-2	防波壁（逆T擁壁）の耐震性についての説明書	Ver. 12.4C

2. 解析コードの概要

2.1 EMRGING Ver. 12.4C

コード名	EMRGING
項目	
使用目的	鉄筋コンクリートの応力度計算
開発機関	富士通エフ・アイ・ピー株式会社
開発時期	1999年
使用したバージョン	Ver. 12.4C
コードの概要	<p>EMRGING（以下「本解析コード」という。）は、富士通エフ・アイ・ピー株式会社によって開発された、鉄筋コンクリート断面に対する応力度計算用の市販コードである。</p> <p>本解析コードは、様々な断面形状を持つ鉄筋コンクリート断面の応力度計算に利用可能である。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の工認申請で使用する機能の検証として、材料力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、矩形の鉄筋コンクリート断面の応力解析（断面照査）について理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解とおおむね一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された動作環境を満足する計算機にインストールして用いている。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、国内の土木分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する矩形の鉄筋コンクリート断面の応力解析（断面照査）に本解析コードが適用できることを確認している。 ・本解析コードは検証の体系と今回の工認申請で使用する体系が同等であることから検証で実施した解析解が理論解とおおむね一致をもって、解析機能の妥当性を確認できる。 ・今回の工認申請で行う矩形の鉄筋コンクリート断面の応力解析（断面照査）の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認範囲内であることを確認している。

3. 解析手法

3.1 一般事項

本解析コードは、鉄筋コンクリート断面に対する応力度計算用の市販コードである。

3.2 解析コードの特徴

本解析コードの特徴は多数の断面に適用可能なことであり、定形パターンとして7種類及び任意断面に適用可能である。適用可能な断面形のパターンと出力の一覧を表3-1に示す。なお、本解析コードの開発に際しては以下の文献を参考としている。

- (1) コンクリート標準示方書 設計編 ((社) 土木学会, 2007年制定)
- (2) コンクリート標準示方書 設計編 ((社) 土木学会, 2012年制定)
- (3) 道路橋示方書・同解説 (I 共通編・IIIコンクリート橋編) 日本道路協会 (平成14年3月)
- (4) 道路橋示方書・同解説 (I 共通編・IV下部構造編) ((社) 日本道路協会, 平成14年3月)
- (5) 道路橋示方書・同解説 (V耐震設計編) ((社) 日本道路協会, 平成14年3月)

表3-1 応力度計算の断面形パターンと出力一覧

		矩形 断面	円形 断面	円環 断面	任意 断面	箱形 断面	I形,T形 小判形	SRC 矩形
一 軸 曲 げ	コンクリート圧縮応力度	●	●	●	●	●	●	
	鉄筋引張応力度	●	●	●	●	●	●	
	鉄筋圧縮応力度	●			●	●	●	
二 軸 曲 げ	コンクリート圧縮応力度	●				●		
	鉄筋引張応力度	●				●		
	鉄筋圧縮応力度	●				●		
	最大せん断応力度	●	●	●		●		
	平均せん断応力度	●	●	●		●		

● : 計算可

3.3 解析手法

本解析コードは主に RC 矩形断面の曲げ応力度の照査に用いることから、以下にその解析理論を示す。

3.3.1 計算方法

断面寸法 b , d を仮定し、次の諸値を算定する。

- a. 軸力 N , 曲げモーメント M ならびにせん断力 Q が加わる場合

$$f = \frac{M}{N} + u, \quad \frac{f}{d}$$

$$u = \frac{d+d'}{2} - d'$$

$$M' = M + Nu, \quad \frac{M'}{bd^2}, \quad \frac{Q}{bd}$$

(N の符号は圧縮が正, 引張が負とする)

(f : 荷重偏心量, M' : 換算モーメント)

- b. 軸力 $N = 0$ の場合

$$\frac{f}{d} = \infty, \quad M' = M \text{ とする。}$$

鉄筋のヤング係数とコンクリートのヤング係数との比は, $n = \frac{E_s}{E_c}$

u は軸力 N の加わる点から引張鉄筋までの距離である。一般には軸力 N の加わる点を部材の中心点とする。

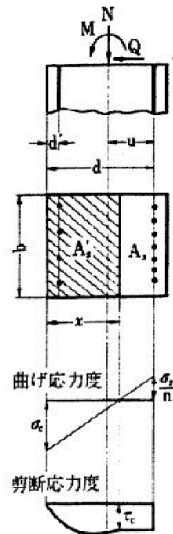


図 3-1 RC 矩形断面

3.3.2 応力発生状態の判定

側方鉄筋のない矩形断面の場合、応力発生状態は次のように判断する。

- ・全断面圧縮

設計軸力 $N > 0$ で、

$$\left| \frac{N}{db} \right| - \frac{6M}{d^2b} > 0$$

となる場合は全断面圧縮となる。

- ・全断面引張

$N < 0$ で、

$$\left| \frac{N}{db} \right| - \frac{6M}{d^2b} > 0$$

または、

$$\frac{f}{d} = \frac{1}{d} \left(\frac{M}{N} + u \right) > 0$$

となる場合は全断面引張となる。

3.3.3 応力度の算定

鉄筋を配置して、次の諸数値を算定する。

$$\alpha = \frac{d'}{d}, \quad \beta = \frac{f}{d}, \quad np = n \frac{As}{bd}, \quad \gamma = \frac{A's}{As}$$

下式に上記諸数値を代入して k を求める。

a. $N \neq 0$ の場合

$$\frac{k^3}{3} - k^2(1 - \beta) - 2knp\{\gamma(1 - \alpha - \beta) - \beta\} + 2np\{\alpha\gamma(1 - \alpha - \beta) - \beta\} = 0$$

b. $N = 0$ ($\beta = \infty$) の場合

$$k^2 + 2knp(\gamma + 1) - 2np(\alpha\gamma + 1) = 0$$

ただし、 $\alpha < k < 1$

この k を下式に代入して C, S, Z を求める。

$$C = \frac{2k}{k^2(1 - k/3) + 2\gamma np(k - \alpha)(1 - \alpha)}$$

$$S = C \frac{1 - k}{k}$$

$$Z = \frac{np(1 - \varepsilon)}{1/3k^3 - k^2\varepsilon + k\varepsilon^2 + np\{(1 - \varepsilon)^2 + \gamma(\varepsilon - \alpha)^2\}}$$

$$\text{ただし } \varepsilon = \frac{1/2k^2 + np(1 + \alpha\gamma)}{k + np(1 + \gamma)}$$

これからコンクリートと鉄筋の曲げ応力度 σ_c, σ_s ならびにコンクリートのせん断応力度 τ_c を次式によって算定する。

$$\sigma_c = \frac{M'}{bd^2} C, \quad \sigma_s = \frac{M'}{bd^2} Sn, \quad \tau_c = \frac{Q}{bd} Z$$

また、中立軸の位置 x は次式によって求められる。

$$x = kd = \frac{C}{C + S} d$$

3.4 解析フローチャート

解析フローチャートを図3-2に示す。

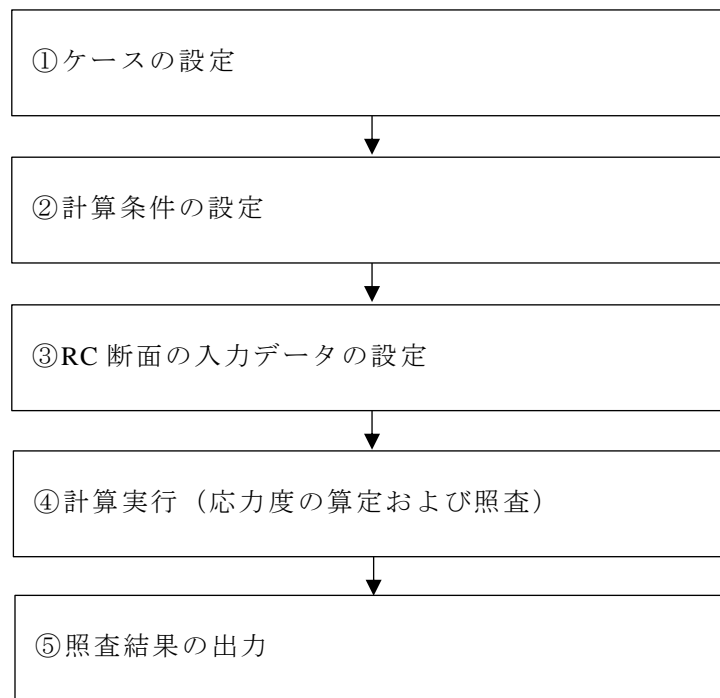


図3-2 解析フローチャート

3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

本解析コードは、国内の土木分野における使用実績を有しており、解析機能全般について、十分に妥当性が確認されている。また、「3.3 解析手法」に示した一般性を有する理論モデルそのままに構築されたものであることから、解析解の適切さは、当該分野で公知の理論モデルにより得られる理論解との比較により確認可能である。

以下には、本解析コードの解析解と、理論モデルにより得られる理論解との比較に基づく検証及び妥当性確認結果を示す。

3.5.1 検証

理論式による手計算結果と計算機コード結果との比較を、図 3-3 の RC 断面で行う。

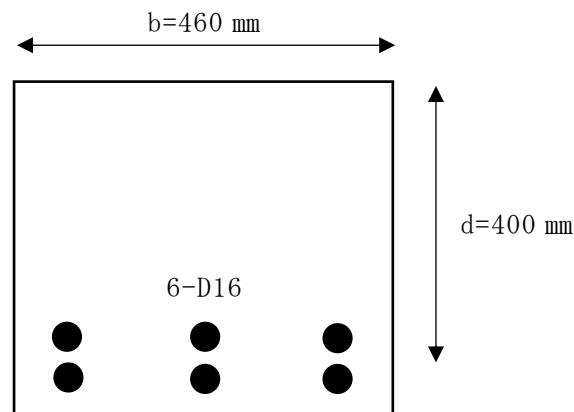


図3-3 解析モデル

図 3-3 のような RC 断面が $M = 48 \text{ kN} \cdot \text{m}$ の曲げモーメントを受けるとき、鉄筋の曲げ引張り応力度 σ_s 、コンクリートの圧縮応力度 σ'_c について比較を行った。理論式*は以下のとおり。

注記*：鉄筋コンクリート工学（1997 鹿島出版会）

$$\sigma_s = \frac{M}{Asjd}$$

$$\sigma'_c = \frac{2M}{kjb d^2}$$

ここで,

A_s : 鉄筋量 (1,192 mm²)

k : 0.355

j : 0.882

計算機コードの検証結果を図3-4及び図3-5に、理論式による手計算結果と計算機コードの結果の比較を表3-2に示す。検証の結果、手計算結果と計算機コード結果が概ね一致することを確認した。

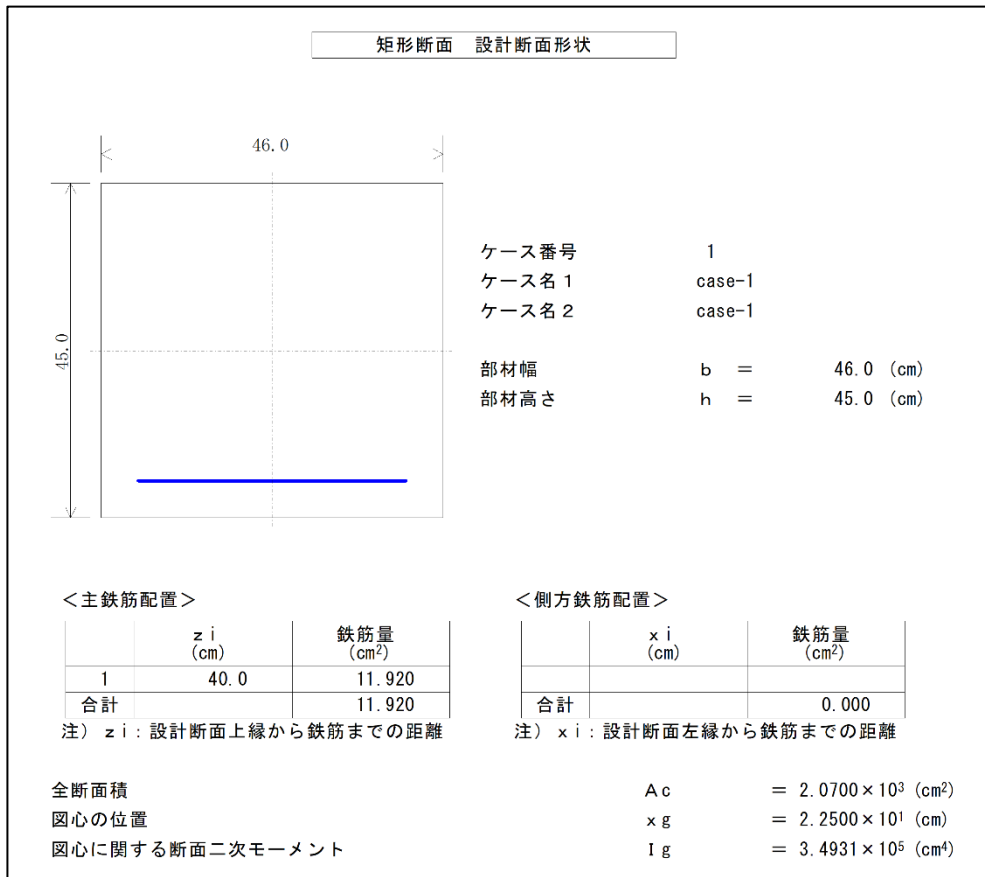


図3-4 解析コードの検証結果 (その1)

矩形断面 応力度の算定

■基本データ	コンクリート許容圧縮応力度	$\sigma_{ca} =$	8.000 (N/mm ²)	
	鉄筋の許容引張応力度	$\sigma_{sa} =$	180.000 (N/mm ²)	
	せん断許容応力度	$\tau_{a1} =$	0.390 (N/mm ²)	
		$\tau_{a2} =$	0.000 (N/mm ²)	
	弾性係数比	$n =$	15.000	
■設計断面形状	部材幅	$b =$	46.0 (cm)	
	部材高	$h =$	45.0 (cm)	
	有効高	$d =$	40.0 (cm)	
	鉄筋量 (引張側主鉄筋量)	$A_{st} =$	11.92 (cm ²)	
	(圧縮側主鉄筋量)	$A_{sc} =$	0.00 (cm ²)	
	(側方鉄筋量)	$A_{ss} =$	0.00 (cm ²)	
	(合計鉄筋量)	$A_{sg} =$	11.92 (cm ²)	
	最小鉄筋量	$A_{smin} =$	3.68 (cm ²)	
	■設計断面力	曲げモーメント	$M =$	48.00 (kN・m)
		軸方向力 [+ : 圧縮]	$N =$	0.00 (kN)
せん断力		$Q =$	0.00 (kN)	
荷重偏心量		$e = \infty$	(cm)	
抵抗モーメント		$M_r =$	75.69 (kN・m)	

■応力度計算と照査

応力度発生状態

$$\left| \frac{N}{b \cdot d} \right| - \frac{6M}{b \cdot d^2} = \left| \frac{0.000}{0.460 \times 0.400} \right| - \frac{6 \times 48.000}{0.460 \times 0.400^2} = -3.91 \times 10^3 \leq 0$$

圧縮と引張

コンクリート圧縮応力度	$\sigma_c =$	4.175 (N/mm ²)	$\leq \sigma_{ca} =$	8.000	: OK
鉄筋引張応力度	$\sigma_s =$	114.151 (N/mm ²)	$\leq \sigma_{sa} =$	180.000	: OK
平均せん断応力度	$\tau =$	0.000 (N/mm ²)	$\leq \tau_{a1} =$	0.687	: OK
鉄筋圧縮応力度	$\sigma'_s =$	0.000 (N/mm ²)			
中立軸までの距離	$x =$	14.170 (cm)			

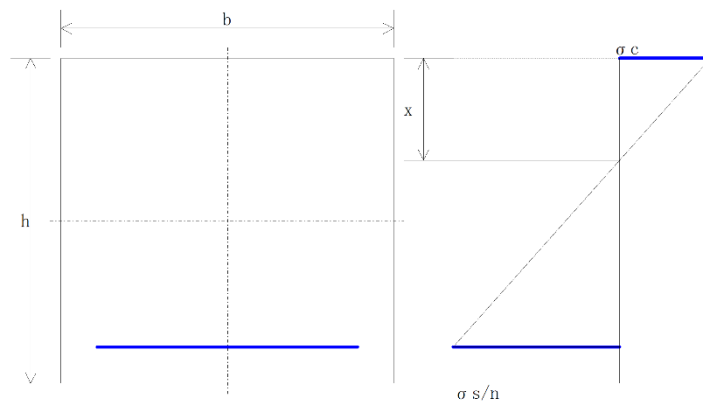


図3-5 解析コードの検証結果 (その2)

表3-2 解析結果の比較

項目	理論値 (N/mm ²)	解析コード結果 (N/mm ²)
鉄筋曲げ σ_s	114.14	114.15
コンクリート圧縮 σ'_c	4.17	4.18

3.5.2 妥当性確認

以上に述べた様に、本解析コードは、材料力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、矩形の鉄筋コンクリート断面の応力解析（断面照査）について理論モデルによる理論解との比較を行い、解析解が理論解とおおむね一致することを確認した。

また、上記以外にも、開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工認申請で使用する矩形の鉄筋コンクリート断面の応力解析（断面照査）に、本解析コードが適用できることを確認している。

3.5.3 評価結果

以上から本解析コードを今回の解析に使用することは妥当である。

VI-5-59 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ S - S T A N

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
3. 解析手法	4
3.1 一般事項	4
3.2 解析コードの特徴	4
3.3 解析手法	4
3.4 解析フローチャート	6
3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)	7
3.5.1 検証	7
3.5.2 妥当性確認	9
3.5.3 評価結果	11

1. はじめに

本資料は，添付資料において使用した計算機プログラム（解析コード）S-STANについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-1-9-3-1	斜面安定性に関する説明書	Ver. 20_SI

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	S - S T A N
使用目的	2次元有限要素法による常時応力解析
開発機関	中電技術コンサルタント株式会社
開発時期	2010年（初版開発時期1999年）
使用したバージョン	Ver. 20_SI
コードの概要	<p>S - S T A N（以下「本解析コード」という。）は、2次元有限要素法解析を行う解析コードである。本解析コードの主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 2次元有限要素法による解析プログラムである。 ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。 ③ 地盤の掘削過程を考慮したステップ解析が可能である。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 半無限弾性地盤におけるブシネスクの理論解と、本解析コードによる解析解との比較を実施し、解析解が理論解とおおむね一致することを確認している。 ・ 本解析コードの運用環境について、動作確認を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 原子力産業界において実績のあるT D A P IIIを用いた自重解析結果と、本解析コードによる自重解析結果を比較し、解がおおむね一致することを確認している。

3. 解析手法

3.1 一般事項

本資料は、静的解析（常時応力算出用）解析コードS-STANの概要である。

本解析コードは、中電技術コンサルタント株式会社によって開発された2次元有限要素法解析を行う解析コードである。

3.2 解析コードの特徴

本解析コードの主な特徴として、以下の①～③を挙げることができる。

- ① 2次元有限要素法による解析プログラムである。
- ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。
- ③ 地盤の掘削過程を考慮したステップ解析が可能である。

3.3 解析手法

地盤のFEM解析では、土は連続体として仮定している。通常、全応力解析手法を用いて、地盤の変形、破壊をシミュレートする。ここで、静的全応力解析の理論基礎について説明する。

(1) 釣合い方程式

静的解析では、慣性力は無視できるのでx-y平面上の微小領域に F_x 、 F_y の荷重が作用する場合の釣合い方程式は(1)式で表せる。

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + F_x = 0 \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + F_y = 0 \end{cases} \quad (1)$$

(2) 変位とひずみの関係

要素内部の変位 $\{u\}$ は、その要素を構成する節点の変位 $\{\delta\}$ を用いて(2)式のように関係づけられる。

$$\{u\} = [N]\{\delta\} \quad (2)$$

ここに $[N]$ は形状関数と呼ばれる。これらを用いて、ひずみ $\{\varepsilon\}$ は(3)式のように表される。

$$\{\varepsilon\} = [\bar{D}]\{u\} = [\bar{D}][N]\{\delta\} = [B]\{\delta\} \quad (3)$$

ここに、 $[\bar{D}]$ は、ひずみと要素内変位を関係づけるマトリックス、 $[B]$ は、要素を構成する節点の変位とひずみを関係づけるマトリックスを表す。

(3) 応力とひずみの関係

応力-ひずみ関係は次式のようにになる。

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} \quad (4)$$

ここに、 $\{\sigma\}$ は応力、 $\{\varepsilon\}$ はひずみ、 $[D]$ は応力-ひずみマトリックスを表す。

(4) 有限要素の定式化

有限要素のひずみエネルギー及び外力によるポテンシャルエネルギーの和、すなわち全ポテンシャルエネルギーを求め、ポテンシャルエネルギー最小の原理を適用して有限要素の定式化を行う。その結果、式 (5) に示すような要素剛性方程式が導かれる。

$$[k]\{\delta\} = \{f_b\} + \{f_q\} + \{f_p\} \quad (5)$$

ここに、 $[k]$ は、要素剛性マトリックス、 $\{\delta\}$ は節点変位、 $\{f_b\}$ は物体力、 $\{f_q\}$ は要素表面力、 $\{f_p\}$ は節点集中荷重を表す。

全要素について、要素剛性方程式を組み合わせて、連続体を近似する連立方程式を得ることができる。最終的に、この連立方程式を解くことにより、変位を得られる。

3.4 解析フローチャート

解析フローチャートを図1に示す。

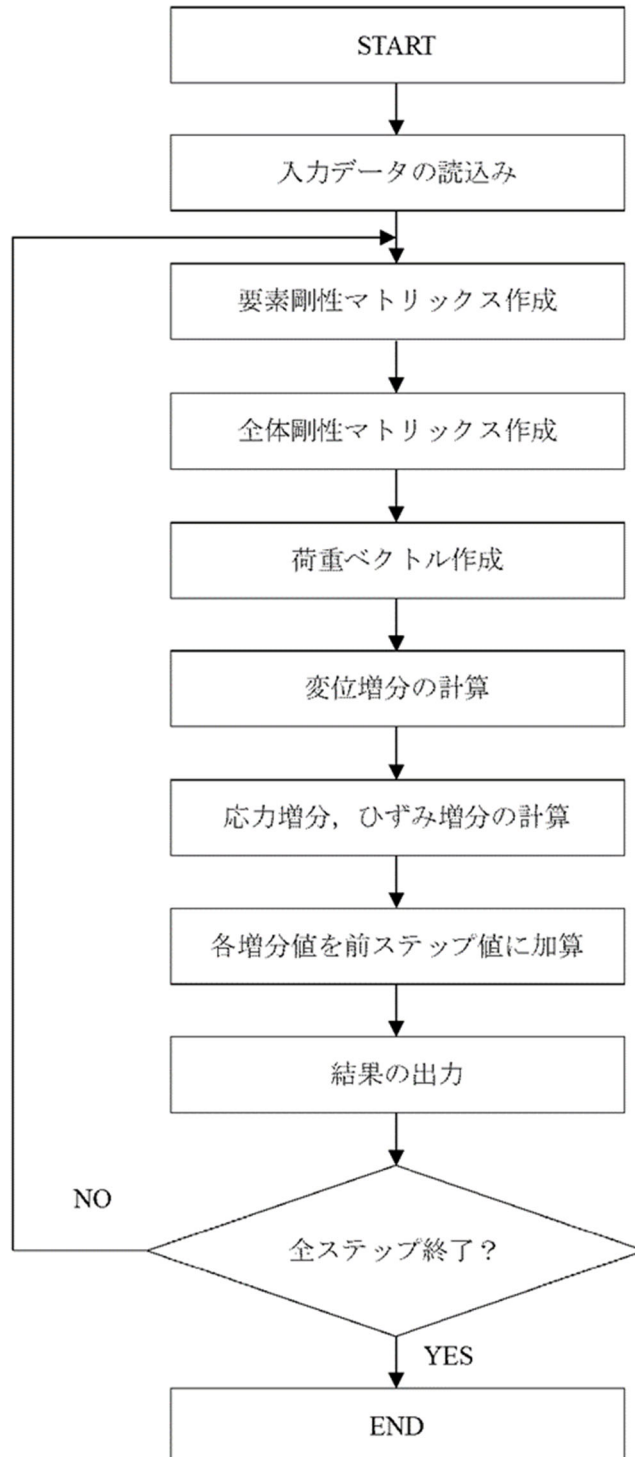


図1 解析フローチャート

3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

本解析コードを本解析に用いるにあたり、検証として半無限弾性地盤におけるブシネスク (Boussinesq) の理論解と本解析コードによる解析解との比較を、妥当性確認として類似の汎用構造解析プログラム T D A P III による解析結果と、本解析コードによる解析結果との比較を実地した。その詳細な内容については以下のとおりとする。

3.5.1 検証

平面ひずみ要素の鉛直応力を半無限弾性地盤におけるブシネスク (Boussinesq) の理論解と比較した。図2に解析モデル及び境界条件を示す。

比較結果より、解析解が理論解とおおむね一致することを確認した。

(1) 解析モデル

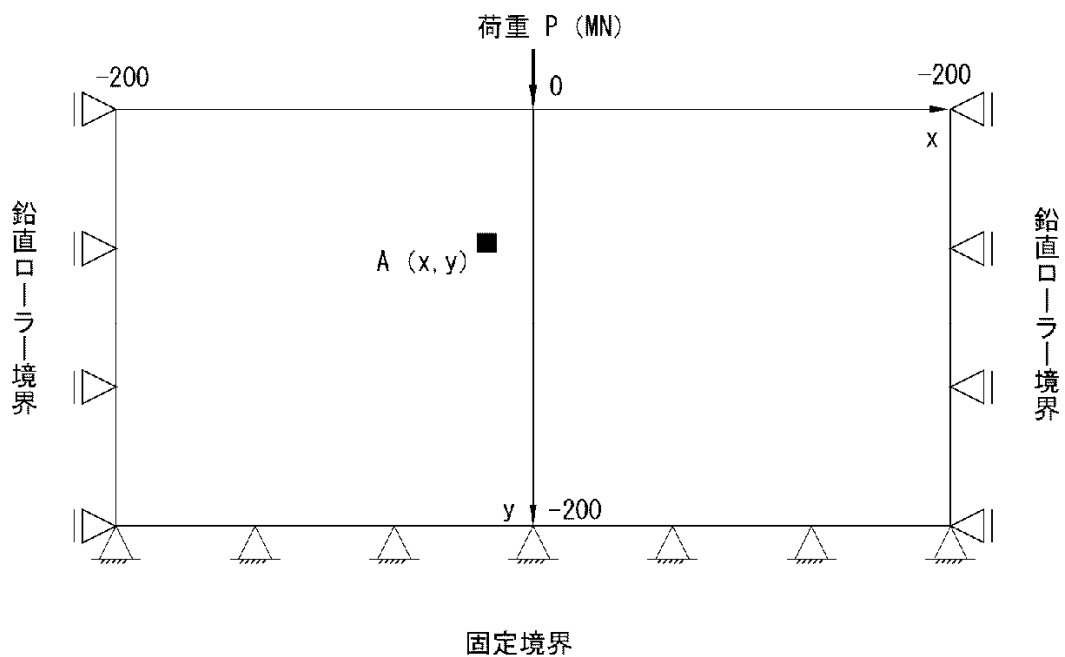


図2 解析対象とした地盤モデル

(2) 解析条件

モデルサイズ	: $X400\text{m} \times Y200\text{m}$
物性値	: $E=1.0 \times 10^6 \text{kN/m}^2$, $\nu=0.49$
境界条件	: 底面固定, 側方鉛直ローラー
荷重条件	: $P=100\text{kN}$ ($X=0$, $Y=0$)

(3) 鉛直応力

等方均質な半無限弾性地盤の表面に鉛直方向の集中荷重 P が載荷されたときに弾性体内部で発生する応力は 1885 年にブシネスク (Boussinesq) によって求められている。

線荷重が載荷された場合の地盤内応力については、平面変形条件として取り扱うことができ、奥行方向に集中荷重が無限に並んでいると考える。そのとき図 2 における点 A の鉛直応力 σ_Y の理論解は以下の式で求められる。

$$\sigma_Y = \frac{2PY^3}{\pi(X^2 + Y^2)^2}$$

今回は自重成分を除き、外力による純粋な応力伝播のみを予測する。図 2 の荷重載荷位置における鉛直応力と深度の関係の結果を図 3 に示す。

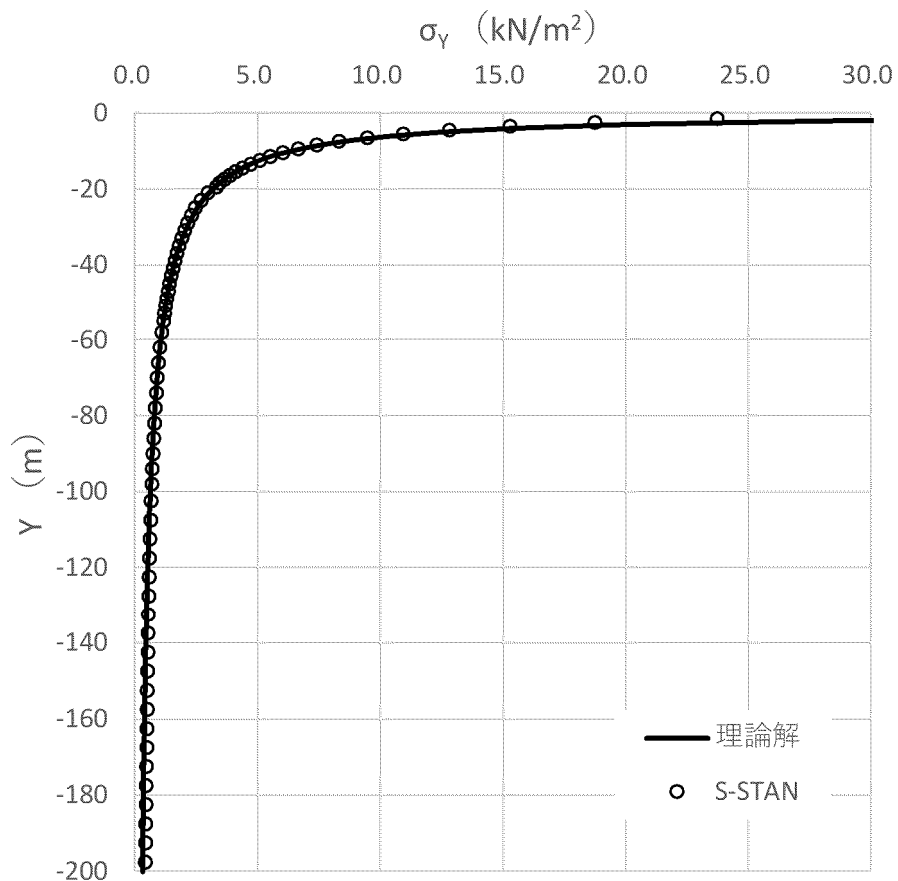


図 3 検証結果

3.5.2 妥当性確認

土木・建築向け汎用構造解析プログラムTDA P IIIとの自重解析結果による比較を実施した。

(1) 検証モデル

検討モデル及び境界条件を図4に示す。

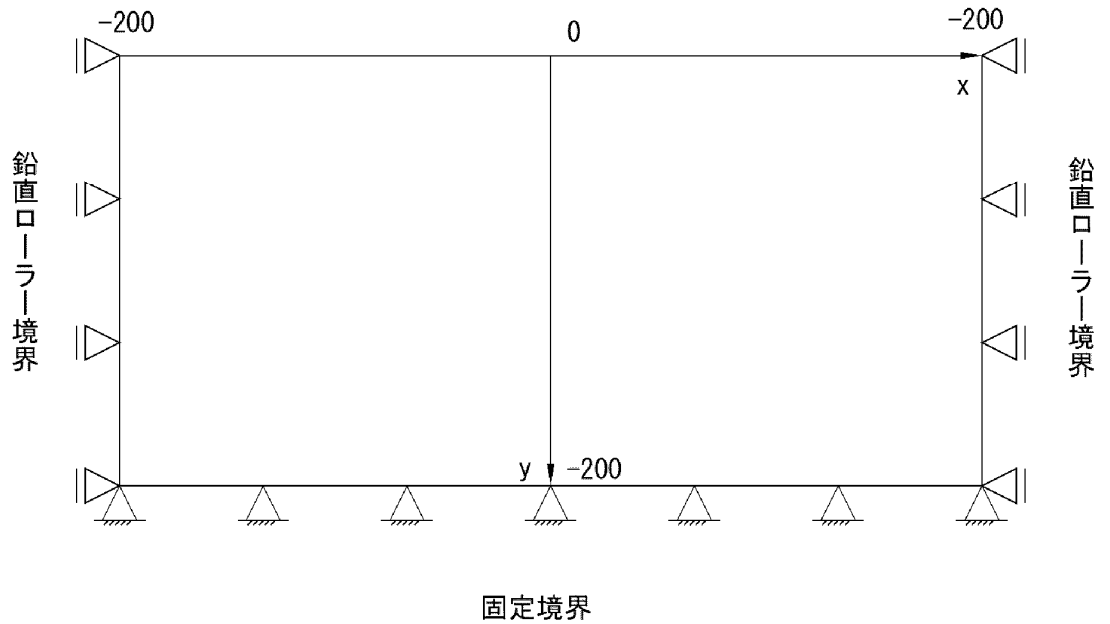


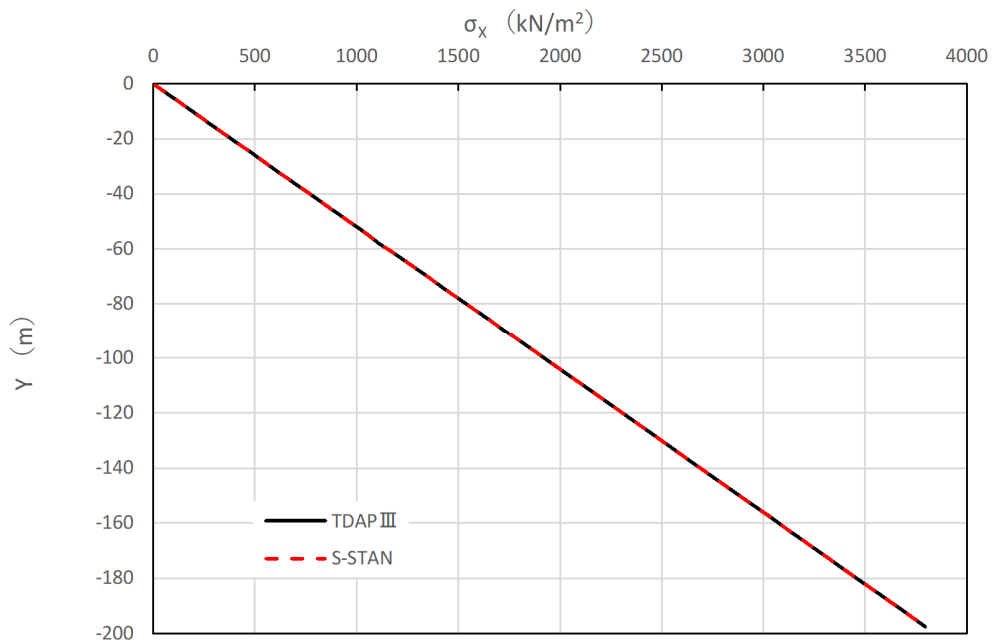
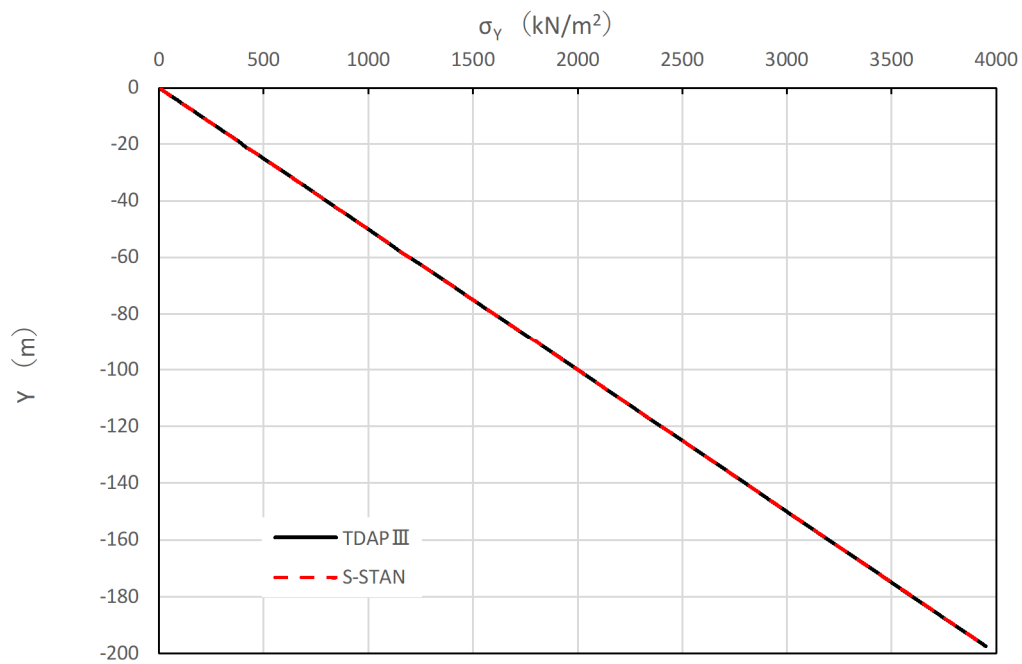
図4 解析モデル

(2) 解析条件

モデルサイズ	: X400m×Y200m
物性値	: $E=1.0 \times 10^6 \text{kN/m}^2$, $\nu=0.49$, $\gamma=20 \text{kN/m}^3$
境界条件	: 底面固定, 側方鉛直ローラー
荷重条件	: 自重のみ

(3) 解析結果

解析結果の応力分布図を図5, 図6に示す。各図より結果はおおむね一致していることが確認できる。

図5 水平応力 σ_x 図6 鉛直応力 σ_y

3.5.3 評価結果

本解析コードの解析解とブシネスクの理論解との比較を行い，解析解が理論解とおおむね一致していることを確認した。また類似の汎用構造解析プログラムT D A P IIIの解析結果と本解析コードによる解析結果の比較を行い，解がおおむね一致していることを確認した。

以上のことから，本解析コードを本解析に使用することは妥当である。

VI-5-60 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ADV AN F

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3

1. はじめに

本資料は、添付資料等において使用した計算機プログラム（解析コード）ADVANFについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-1-9-3-1	斜面安定性に関する説明書	Ver. 4.0
VI-2-別添 4-3-6	ドレーンの耐震性についての計算書	Ver. 4.0

2. 解析コードの概要

項目	コード名 ADV AN F
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析
開発機関	株式会社地盤ソフト工房
開発時期	2012年（初版開発時期1996年）
使用したバージョン	Ver. 4. 0
コードの概要	<p>ADV AN F（以下「本解析コードという。」は、2次元有限要素法による地震応答解析を行う解析コードである。本解析コードの主な特徴は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 2次元有限要素法による周波数領域の解析プログラムである。 ② 地盤～構造物連成系モデルの相互作用解析が可能である。 ③ 地盤の非線形性はひずみ依存性を用いて等価線形化法により考慮できる。 ④ エネルギー伝達境界によりモデル側方，粘性境界によりモデル下方に伝わるエネルギーの逸散効果を考慮できる。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・ 動作環境を満足する計算機にインストールして使用していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本解析コードは、土木やエネルギー，災害・防災など様々な分野に使用されており，十分な仕様実績があるため信頼性がある。 ・ 原子力産業界において実績のあるSuperFLUSHを用いた地震応答解析結果と，本解析コードによる解析結果を比較し，解がおおむね一致することを確認している。 ・ 本工事計画における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

VI-5-61 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ C P O S T S K

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
3. 解析手法	4
3.1 一般事項	4
3.2 解析コードの特徴	4
3.3 解析手法	4
3.4 解析フローチャート	5
3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)	7
3.5.1 検証	7
3.5.2 妥当性確認	10

1. はじめに

本資料は、添付資料において使用した計算機プログラム（解析コード）CPOSTSKについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-1-9-3-1	斜面安定性に関する説明書	Ver. 19.1

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	C P O S T S K
使用目的	すべり安全率の算定
開発機関	中電技術コンサルタント株式会社
開発時期	2013年（初版開発時期1999年）
使用したバージョン	Ver. 19.1
コードの概要	<p>C P O S T S K（以下「本解析コード」という。）は、すべり安全率算定を行う解析コードである。本解析コードの主な特徴は、以下のとおりである。</p> <p>① 2次元有限要素法による地震応答解析プログラムの地盤応力から、任意のすべり線の安全率を時刻歴で算定することができる。</p> <p>② 要素の破壊状態により、各要素の強度をピーク強度、残留強度、強度なしから判定することができる。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ すべり線が通過する要素ごとの起動力と抵抗力の解析解が、理論解と一致することを確認している。 ・ 本解析コードの運用環境について、動作確認を満足する計算機にインストールして用いていることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証の内容のとおり、すべり安全率算定に関して検証していることから、解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。

3. 解析手法

3.1 一般事項

本資料は、すべり安全率算定用解析コードCPOSTSKの概要である。

本解析コードは、中電技術コンサルタント株式会社によって開発されたすべり安全率算定を行うプログラムである。

3.2 解析コードの特徴

本解析コードの主な特徴として、以下の①、②を挙げることができる。

- ① 2次元有限要素法による地震応答解析プログラムの地盤応力から、任意のすべり線の安全率を時刻歴で算定することができる。
- ② 要素の破壊状態により、各要素の強度をピーク強度、残留強度、強度なしから判定することができる。

3.3 解析手法

静的解析から得られる常時応力と動的解析から得られる地震時増分応力を足し合わせて、時刻歴のすべり安全率（想定すべり線に沿った要素を対象とした各時刻におけるせん断力とせん断抵抗力の比）を式（1）のように計算する。

$$\text{すべり安全率}F_s = \frac{\text{すべり線が通る要素の抵抗力の総和の瞬間値}}{\text{すべり線が通る要素の起動力の総和の瞬間値}} = \frac{\sum R_i \cdot L_i}{\sum \tau_i \cdot L_i} \quad (1)$$

なお、すべり安全率を算定する際、破壊要素の抵抗強度に関しては、各時間断面の破壊状態により以下に示した強度低下を考慮する。

(1) せん断破壊

せん断破壊した要素の強度定数には、残留強度を用いる。

(2) 引張破壊あるいは複合破壊

引張応力の発生により引張破壊あるいは複合破壊した要素の強度定数は、その要素を通るすべり面の直応力 σ_n により以下に示した強度定数を用いる。

- ・直応力 σ_n が圧縮の場合、強度定数に残留強度を用いる。
- ・直応力 σ_n が引張の場合、強度定数を0とする。

3.4 解析フローチャート

解析フローチャートを図1に示し、破壊判定のフローチャートを図2に示す。

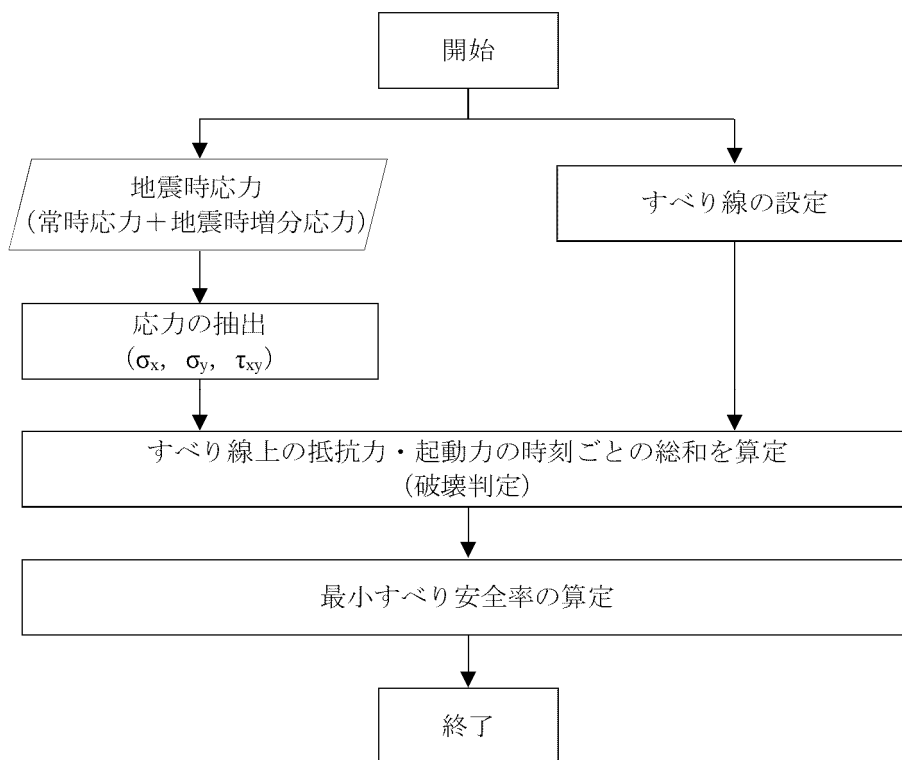


図1 解析フローチャート

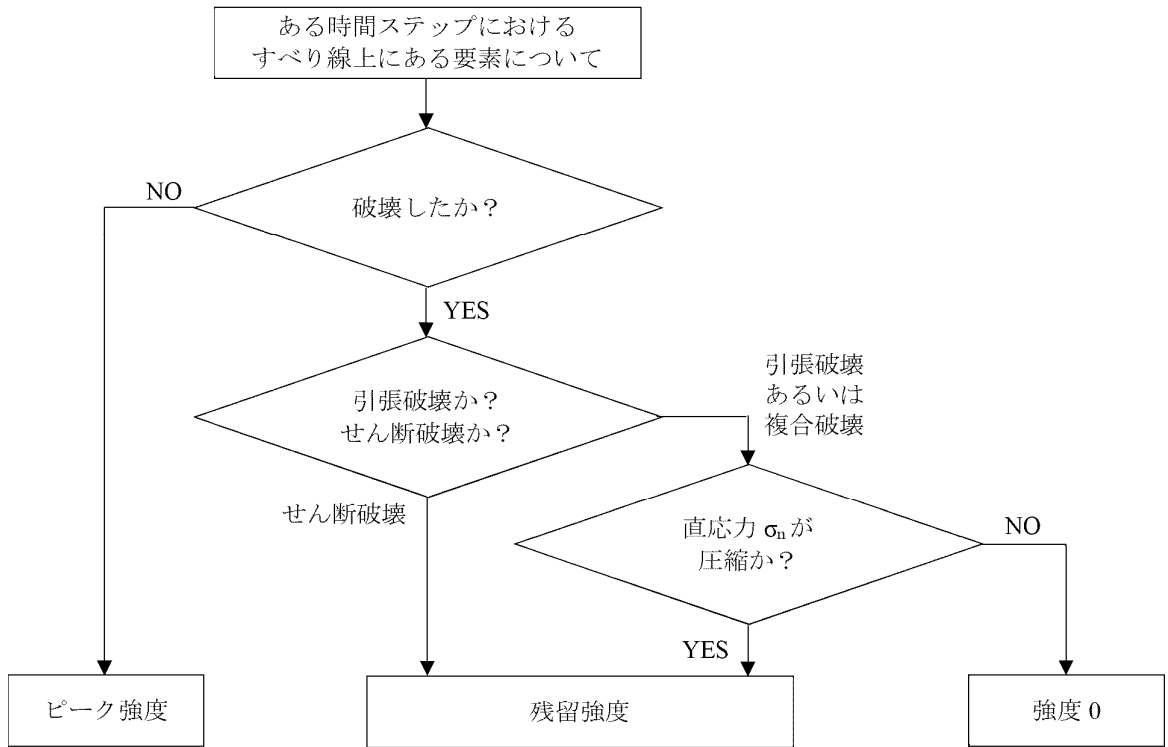


図2 破壊判定フローチャート

3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

本解析コードを本解析に用いることについて、動作確認 (動作検証) として理論解との比較を、また妥当性確認を実施した。詳細な内容については下記のとおりとする。

3.5.1 検証

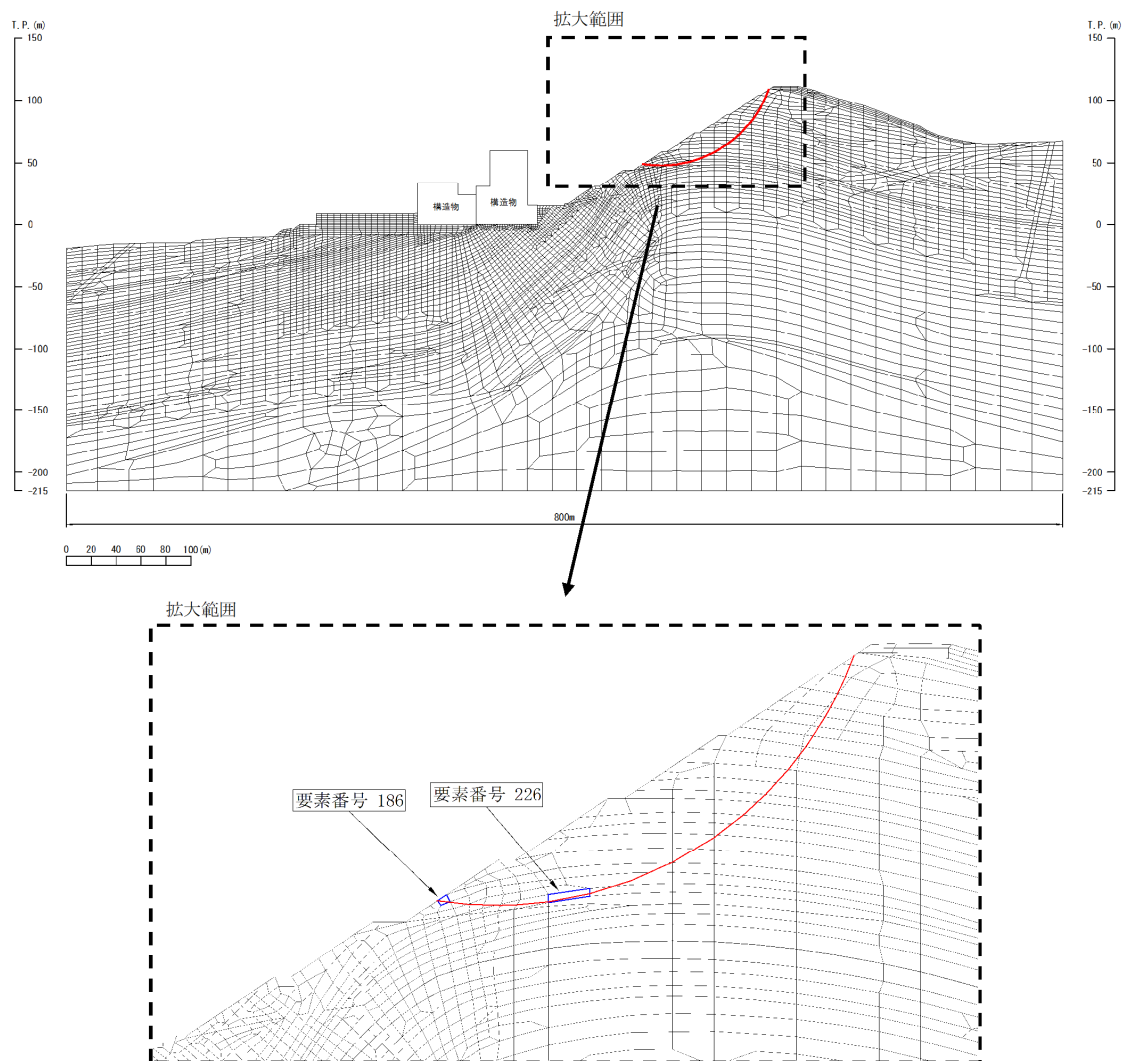


図3 解析モデル及び検証用すべり線

表1 解析コードCPOSTSKによる解析解と論理解との比較

<<< SFMIN >>> *** PASS ELEMENT *** (CIRC_01)											CPOSTSK		理論解	
ELEM	MAT	SIG1	SIG3	THETA	ALFA	L	SIGN	TAUF	TAUS	IDN	抵抗力 (kN/m)	起動力 (kN/m)	抵抗力 (kN/m)	起動力 (kN/m)
185	132	19.65	216.05	-48.77	-6.70	0.03	127.88	407.88	-97.68	0	12.64	-3.03	12.64	-3.03
186	132	27.25	200.00	-45.63	-6.70	2.77	131.77	411.77	-84.44	0	1140.20	-233.83	1140.20	-233.83
187	132	35.55	217.94	-41.38	-6.70	0.28	158.87	438.87	-85.35	0	122.88	-23.90	122.88	-23.90
191	132	31.50	211.35	-35.01	-6.70	4.24	170.87	450.87	-75.11	0	1913.51	-318.75	1913.51	-318.75
192	132	29.77	225.37	-31.86	-1.90	0.58	176.58	456.58	-84.64	0	265.27	-49.17	265.27	-49.17
198	132	32.94	215.53	-23.07	-1.90	3.32	191.70	471.70	-61.50	0	1567.94	-204.42	1567.94	-204.42
204	132	21.61	221.10	-18.32	-1.90	3.02	205.16	485.16	-54.09	0	1463.24	-163.13	1463.24	-163.13
202	332	-17.02	228.26	-14.66	-1.90	1.09	216.29	148.73	-52.86	2	161.67	-57.46	161.67	-57.46
208	332	-35.74	254.05	-10.83	1.82	3.91	240.15	157.38	-61.92	2	614.71	-241.86	614.71	-241.86
217	332	-55.31	289.90	-8.55	5.42	7.67	269.78	167.58	-80.88	2	1284.83	-620.08	1284.83	-620.08
226	332	-83.30	328.64	-6.27	10.99	10.19	292.42	175.03	-116.67	2	1783.05	-1188.47	1783.05	-1188.47
240	332	-99.65	403.51	-2.86	17.42	5.81	343.03	190.79	-163.63	2	1108.48	-950.67	1108.48	-950.67
239	132	-80.14	356.99	-0.50	17.42	4.67	315.60	182.39	-127.98	2	851.96	-597.79	851.96	-597.79
251	132	-61.45	449.53	2.23	24.10	4.71	378.66	201.25	-176.62	2	947.87	-831.87	947.87	-831.87
250	122	-12.65	408.80	4.55	24.10	5.97	361.60	196.30	-132.91	2	1171.51	-793.21	1171.51	-793.21
249	132	-104.58	358.78	6.35	24.10	0.28	315.74	182.44	-134.51	2	50.53	-37.26	50.53	-37.26
262	132	-82.42	453.52	7.32	31.15	6.35	366.00	197.59	-198.10	2	1254.28	-1257.53	1254.28	-1257.53
261	122	-80.80	396.83	8.58	31.15	5.34	326.45	185.75	-169.30	2	991.37	-903.54	991.37	-903.54
277	122	-89.00	501.31	10.53	37.59	1.12	379.15	201.39	-239.14	2	225.56	-267.84	225.56	-267.84
276	132	-96.14	458.28	12.50	37.59	4.27	358.58	195.41	-212.91	2	834.03	-908.72	834.03	-908.72
275	332	-127.20	424.97	13.71	37.59	3.57	334.52	188.22	-204.37	2	671.94	-729.59	671.94	-729.59
274	132	-139.87	386.90	15.45	42.66	3.95	276.76	169.91	-214.21	2	670.46	-845.28	670.46	-845.28
289	132	-93.44	481.07	17.81	42.66	0.61	379.60	201.52	-219.09	2	122.12	-132.77	122.12	-132.77
288	122	-172.28	426.48	15.93	42.66	2.80	305.35	179.17	-240.54	2	501.50	-673.26	501.50	-673.26
287	322	-139.78	388.54	17.85	47.48	3.92	259.45	164.08	-227.02	2	643.21	-889.91	643.21	-889.91
286	322	-130.57	332.65	19.03	47.48	4.16	227.52	152.85	-194.03	2	636.32	-807.73	636.32	-807.73
298	232	-116.25	278.31	20.63	52.16	3.52	170.46	130.78	-175.85	2	459.83	-618.29	459.83	-618.29
299	232	-126.95	236.00	19.44	52.16	1.24	130.00	112.98	-165.03	2	139.76	-204.14	139.76	-204.14
314	232	-108.28	356.44	22.62	52.16	2.20	243.46	158.54	-199.35	2	349.11	-438.96	349.11	-438.96
315	232	-103.94	326.91	22.47	56.98	3.10	188.66	138.15	-201.13	2	427.57	-622.49	427.57	-622.49
70	331	-100.88	274.20	25.41	56.98	2.70	171.42	131.18	-167.29	2	353.54	-450.86	353.54	-450.86
71	331	-65.00	264.64	26.94	56.98	2.74	182.04	135.51	-142.84	2	371.16	-391.24	371.16	-391.24
73	331	-44.98	222.48	28.49	61.62	2.72	142.59	118.76	-122.41	2	322.80	-332.72	322.80	-332.72
74	231	-5.02	178.81	33.00	61.62	3.16	136.63	116.06	-77.30	2	366.28	-243.95	366.28	-243.95
69	231	-7.06	132.10	23.65	61.62	0.49	79.43	86.59	-67.49	2	42.00	-32.73	42.00	-32.73
72	231	46.30	95.72	22.41	65.00	4.50	73.08	318.86	-24.62	0	1435.82	-110.87	1435.82	-110.87
75	231	51.43	74.19	-67.18	68.15	3.16	62.94	313.47	11.38	0	990.55	35.95	990.55	35.95
78	231	34.88	79.94	-88.14	68.15	2.28	72.65	318.63	16.59	0	726.47	37.82	726.47	37.82

	CPOSTSK		理論解	
Σ =	26996.0	-17103.5	26996.0	-17103.5
安全率Fs=	1.578		1.578	

(Fs=抵抗力/起動力)

ここに

- ELEM : すべり線が通過する要素番号
- MAT : すべり線が通過する要素の材料番号
- SIG1 : 最小主応力
- SIG3 : 最大主応力
- THETA : x軸と最大主応力方向のなす角度
- ALFA : x軸とすべり線のなす角度
- L : 要素を通過するすべり線長さ
- SIGN : すべり線上に作用する垂直力 (σn)
- TAUF : すべり線上に作用する強度 (τf)
- TAUS : すべり線上に作用するせん断力 (τs)
- IDN : 要素の破壊タイプ
 - 0 : 非破壊
 - 1 : せん断破壊
 - 2 : 引張破壊
- 抵抗力 : すべり線上に作用する抵抗力 (TAUF×L)
- 起動力 : すべり線上に作用する起動力 (TAUS×L)

要素番号		186	
【すべり線】			
	X座標	Y座標	
始点	55.717	49.120	
終点	58.467	48.797	
すべり線長			2.77 (m)
すべり線角度 (x軸となす角度α)			-6.70 (度)
【応力】			
	静的解析	動的解析	静的+動的
最小主応力 σ_1			27.25 (kN/m ²)
最大主応力 σ_3			200.00 (kN/m ²)
x軸と σ_3 方向のなす角度 θ			-45.63
垂直応力 σ_n			131.77 (kN/m ²)
せん断応力 τ_n			-84.44 (kN/m ²)
$\sigma_n = \sigma_1 \sin^2(\alpha - \theta) + \sigma_3 \cos^2(\alpha - \theta)$ $\tau_s = (\sigma_1 - \sigma_3) \sin(\alpha - \theta) \cos(\alpha - \theta)$			
【強度】			
粘着力C			280.0 (kN/m ²)
内部摩擦角度 ϕ			45 (度)
残留強度 α			8.156
残留強度 β			0.54
せん断強度 τ			411.77 (MN/m ²)
$\tau = C + \tan \phi$ $\tau = \alpha \cdot \sigma^\beta$			
※要素186は破壊していないことからピーク強度を用いる。			
【理論解】			
起動力			-233.83 (MN/m)
抵抗力			1140.20 (MN/m)
すべり長×せん断応力 τ_s			
すべり長×せん断強度 τ			

図4 すべり線の要素番号186の理論解

要素番号		226	
【すべり線】			
	X座標	Y座標	
始点	82.500	48.853	
終点	92.500	50.794	
すべり線長			10.19 (m)
すべり線角度 (x軸となす角度α)			10.98 (度)
【応力】			
	静的解析	動的解析	静的+動的
最小主応力 σ_1			-83.30 (kN/m ²)
最大主応力 σ_3			328.64 (kN/m ²)
x軸と σ_3 方向のなす角度 θ			-6.27
垂直応力 σ_n			292.42 (kN/m ²)
せん断応力 τ_n			-116.67 (kN/m ²)
$\sigma_n = \sigma_1 \sin^2(\alpha - \theta) + \sigma_3 \cos^2(\alpha - \theta)$ $\tau_s = (\sigma_1 - \sigma_3) \sin(\alpha - \theta) \cos(\alpha - \theta)$			
【強度】			
粘着力C			600.0 (kN/m ²)
内部摩擦角度 ϕ			28 (度)
残留強度 α			8.156
残留強度 β			0.54
せん断強度 τ			175.03 (MN/m ²)
$\tau = C + \tan \phi$ $\tau = \alpha \cdot \sigma^\beta$			
※要素226は引張破壊しており、かつ σ_n が圧縮であることから残留強度を用いる。			
【理論解】			
起動力			-1188.47 (MN/m)
抵抗力			1783.05 (MN/m)
すべり長×せん断応力 τ_s			
すべり長×せん断強度 τ			

図5 すべり線の要素番号226の理論解

3.5.2 妥当性確認

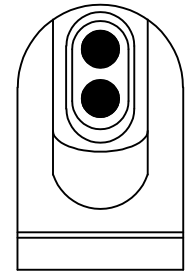
すべり安全率の算定に本解析コードを使用することは、次のとおり、本解析の適用範囲に対して検証されており、妥当である。

- ・ 検証の内容のとおり、すべり安全率算定に関して検証していることから、解析の目的に照らして本解析に適用することは妥当である。

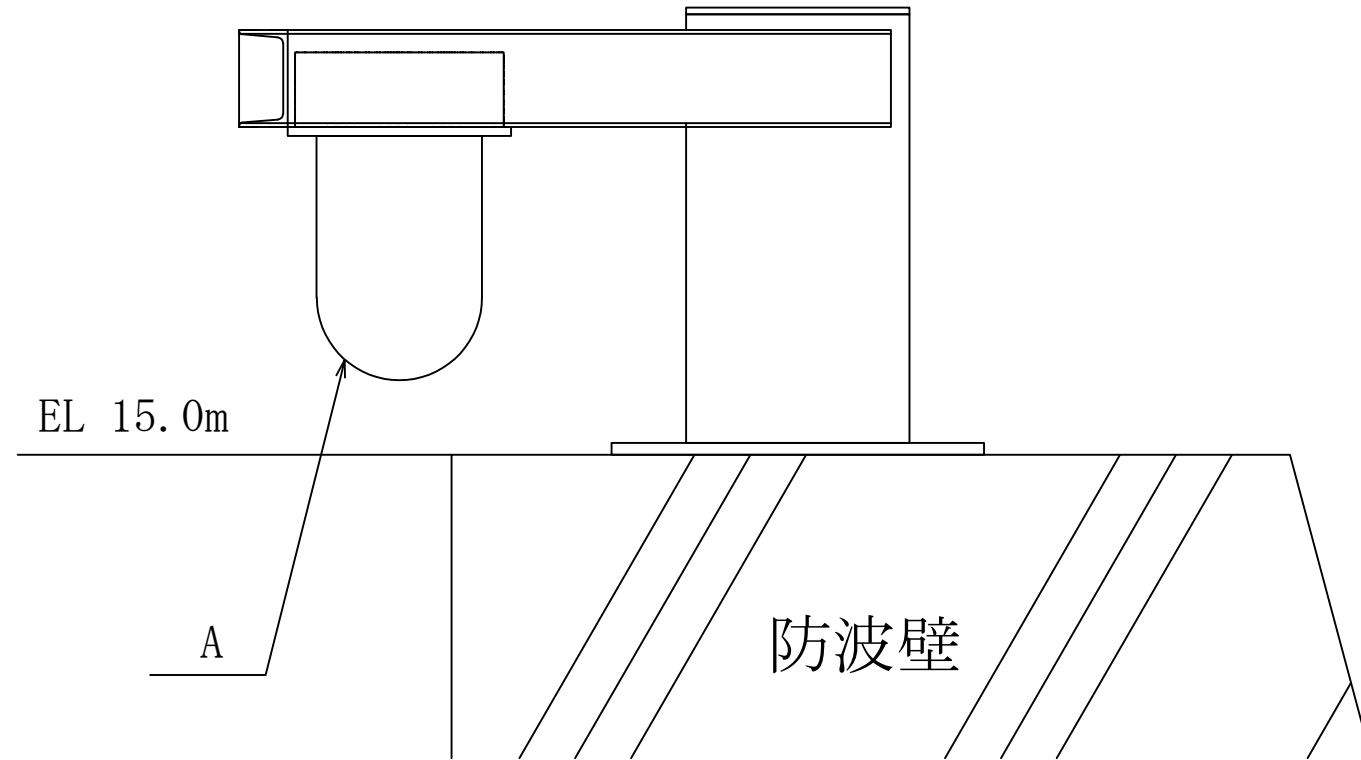
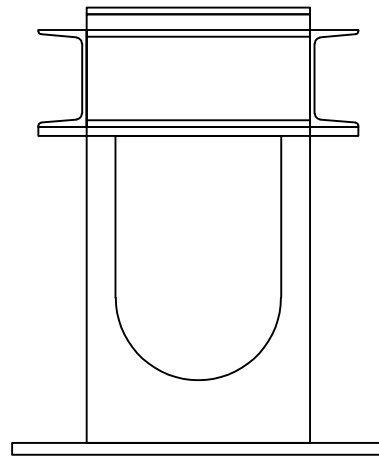
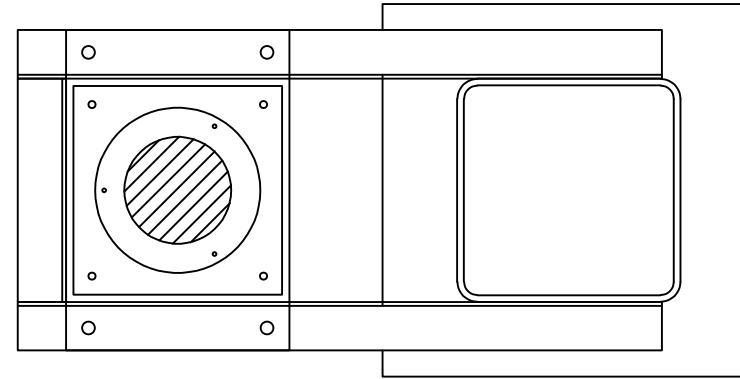
VI-6 図面

1. 発電所

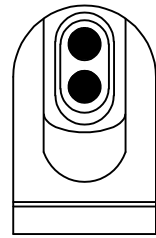
1.5 環境測定装置の構造図及び取付箇所を明示した図面



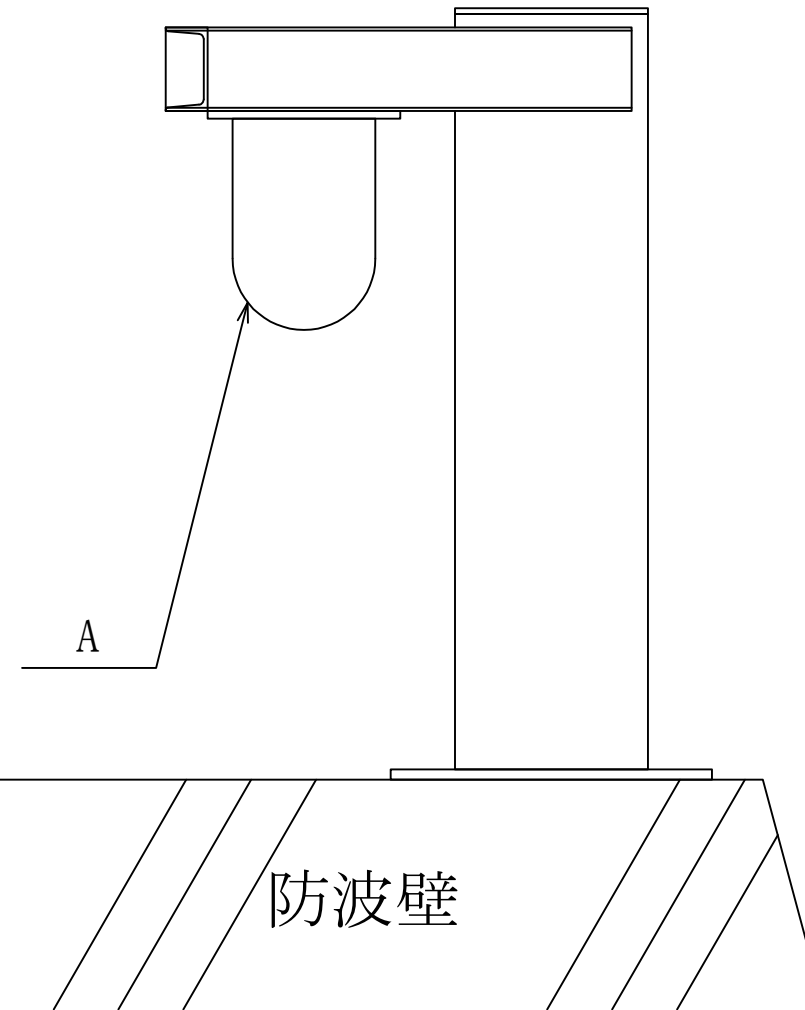
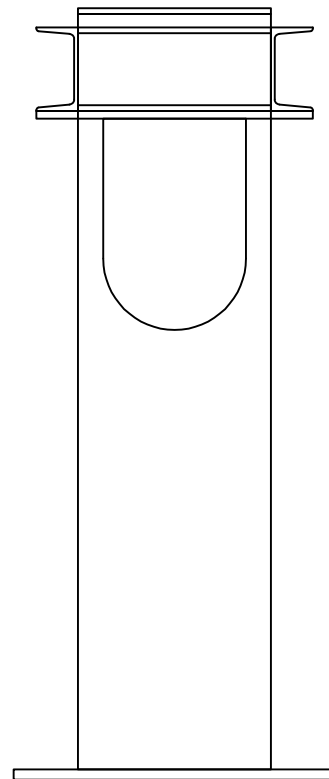
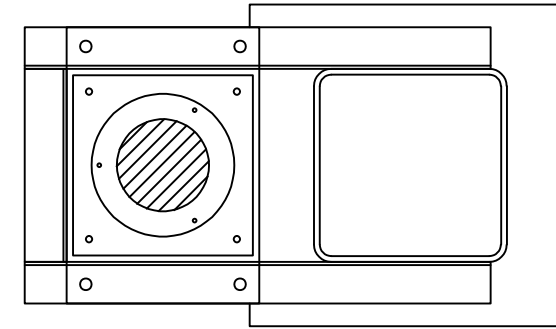
A部詳細



工事計画認可申請	第1-5-2-4図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	環境測定装置の構造図 津波監視カメラ (3号機北側防波壁上部(西))
中国電力株式会社	



A部詳細



EL 15.0m

防波壁

工事計画認可申請	第1-5-2-5図
島根原子力発電所 第2号機	
名称	環境測定装置の構造図 津波監視カメラ (3号機北側防波壁上部(東))
中国電力株式会社	