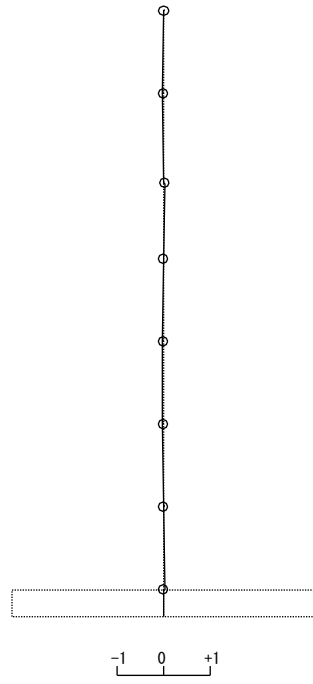
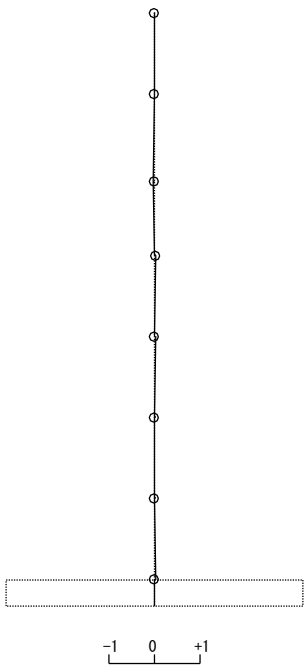


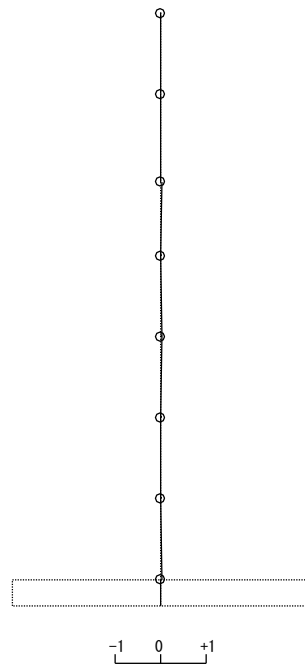
(5次)



(6次)

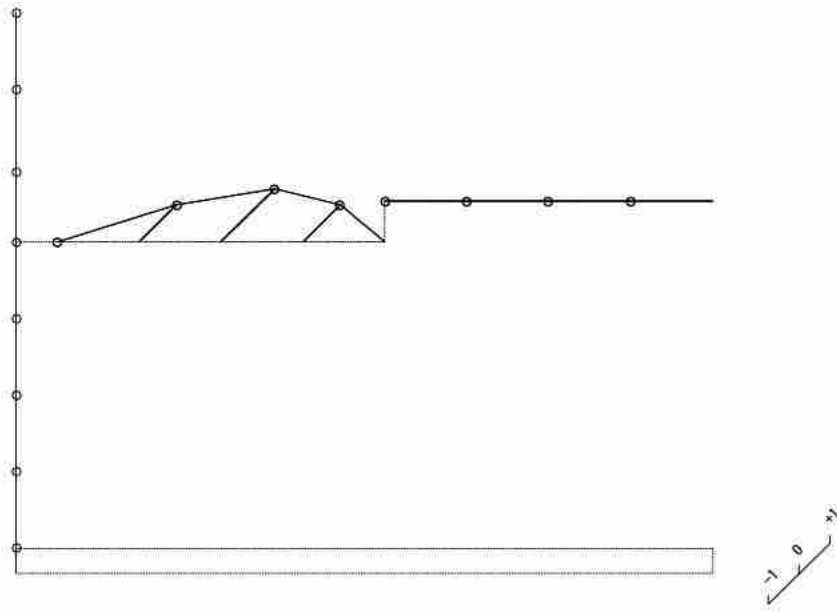


(7次)

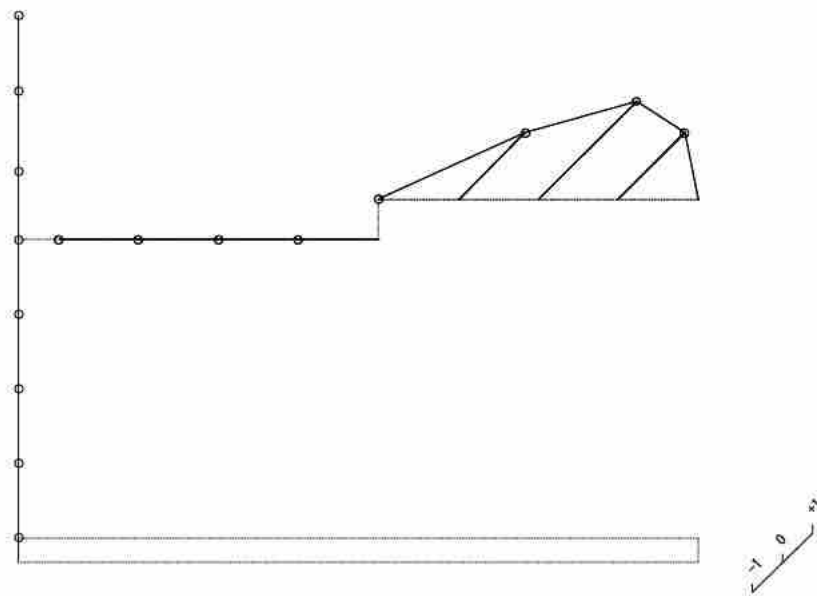


(8次)

図-5-4 刺激関数(EW方向、Sd-D、5~8次)

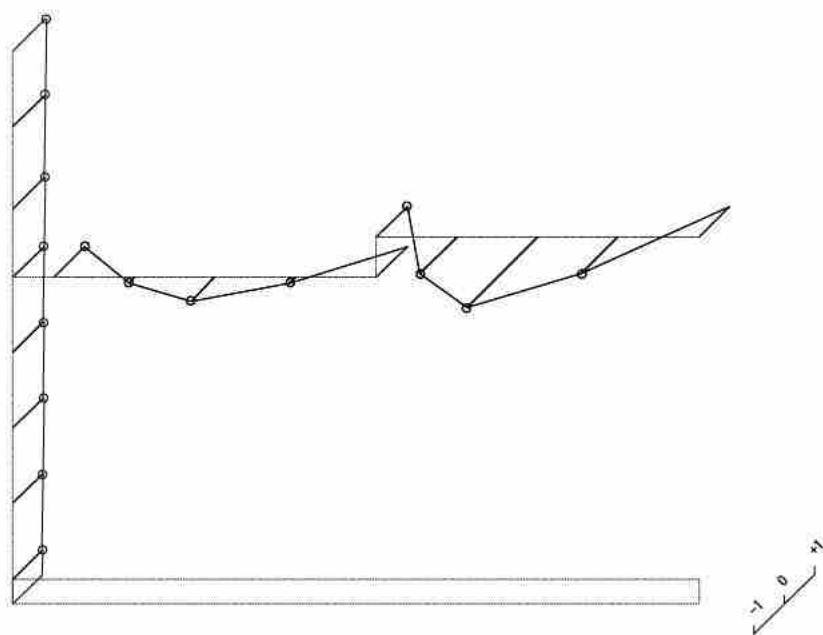


(1次)

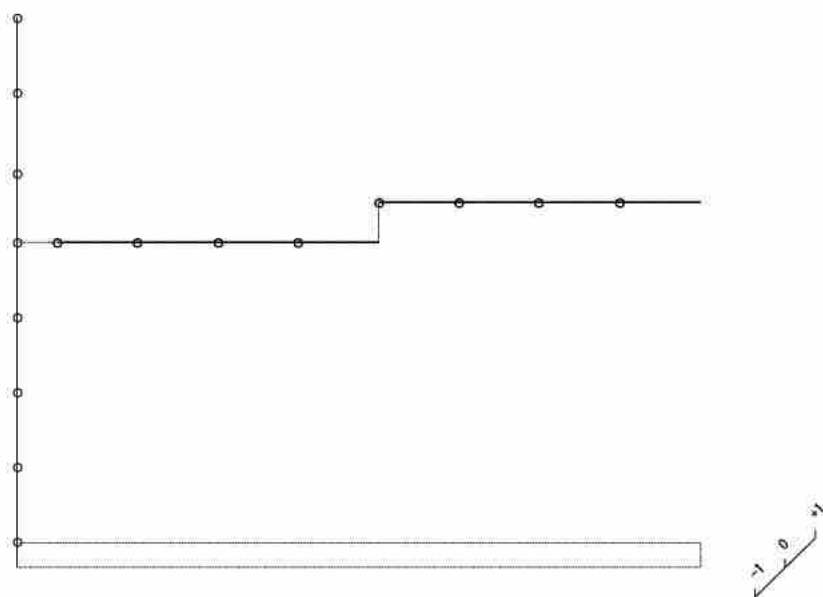


(2次)

図-5-5 刺激関数(UD方向、Sd-D、1~2次)

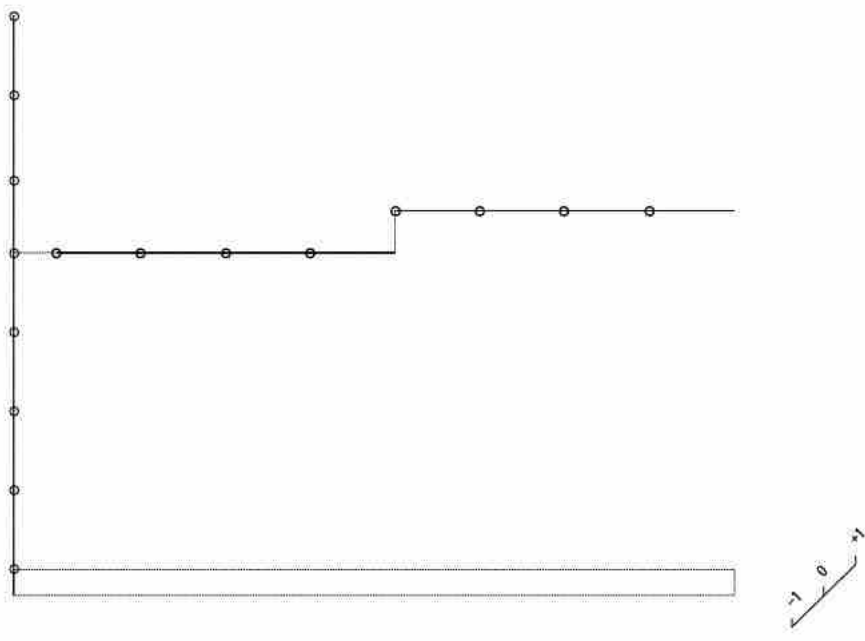


(3次)

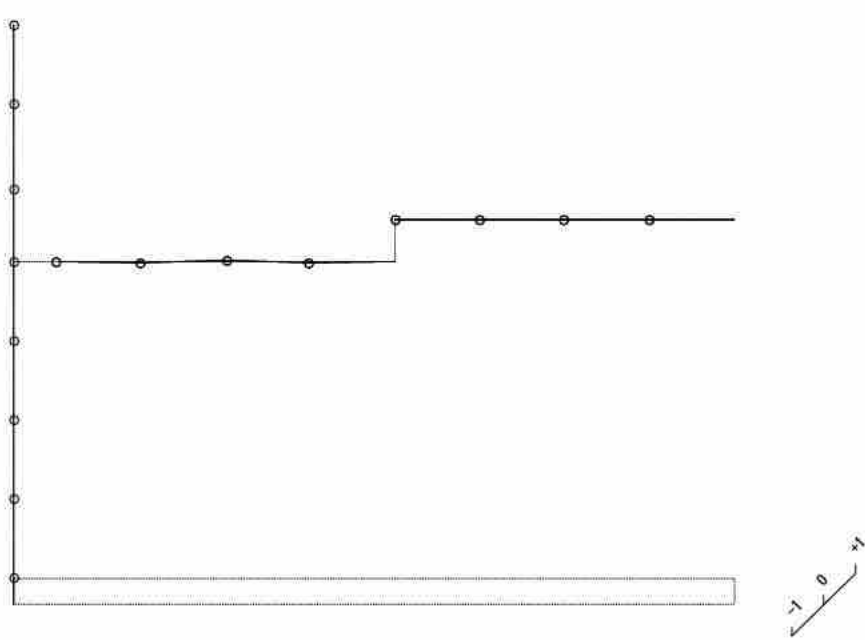


(4次)

図-5-6 刺激関数(UD方向、Sd-D、3~4次)

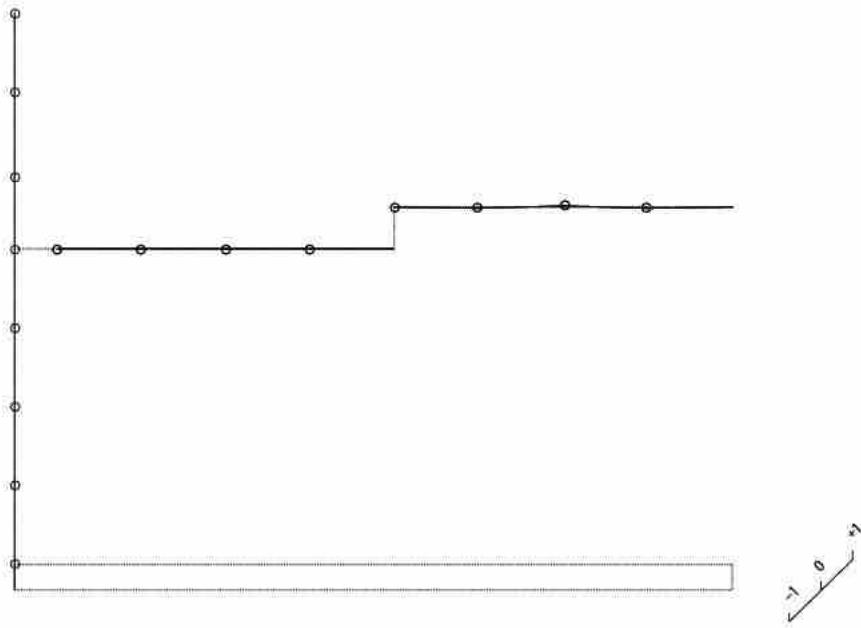


(5次)

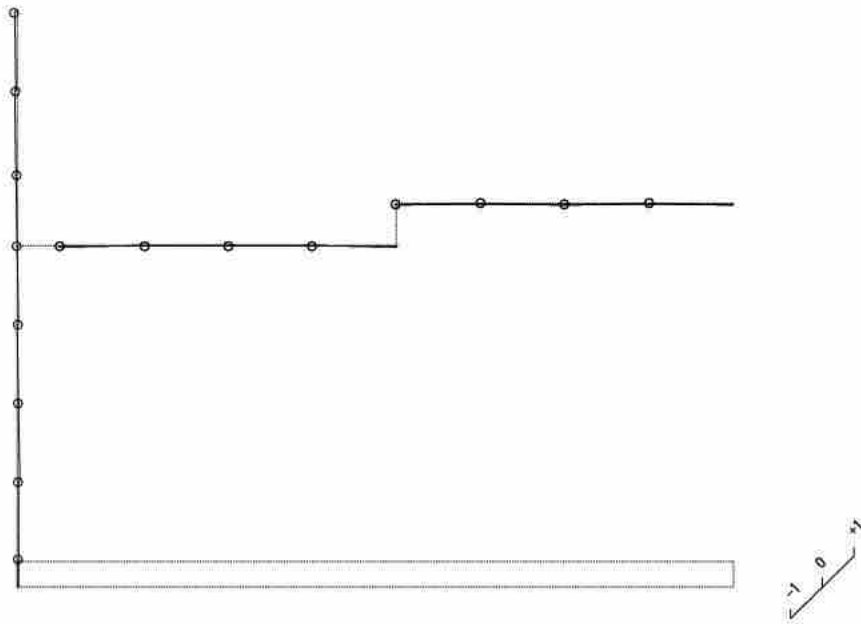


(6次)

図-5-7 刺激関数(UD方向、Sd-D、5~6次)



(7次)

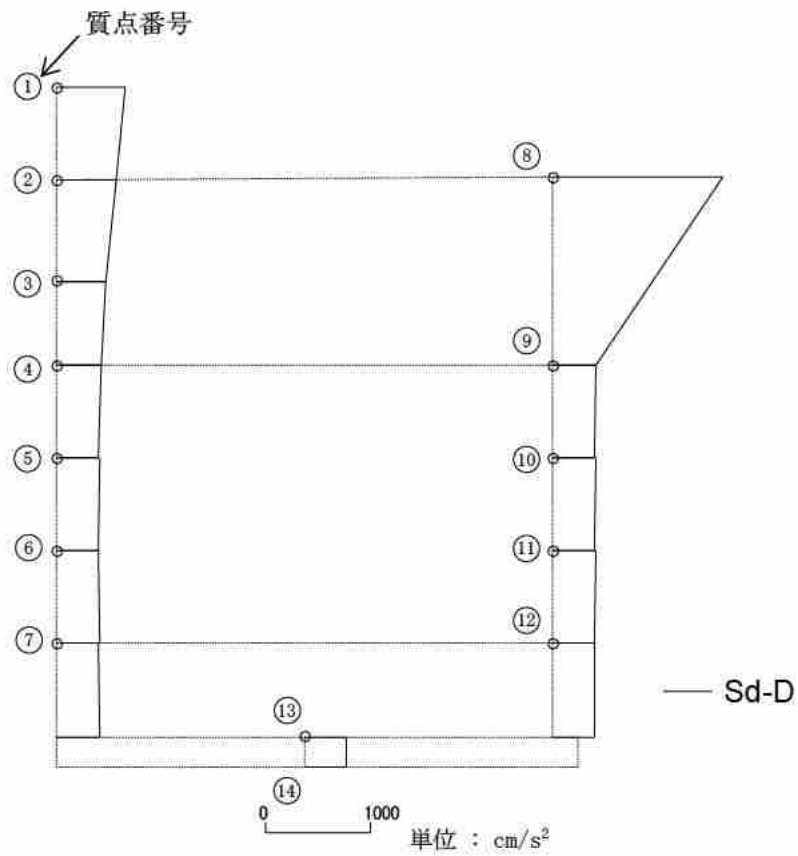


(8次)

図-5-8 刺激関数(UD方向、Sd-D、7~8次)

5.2 地震応答解析結果

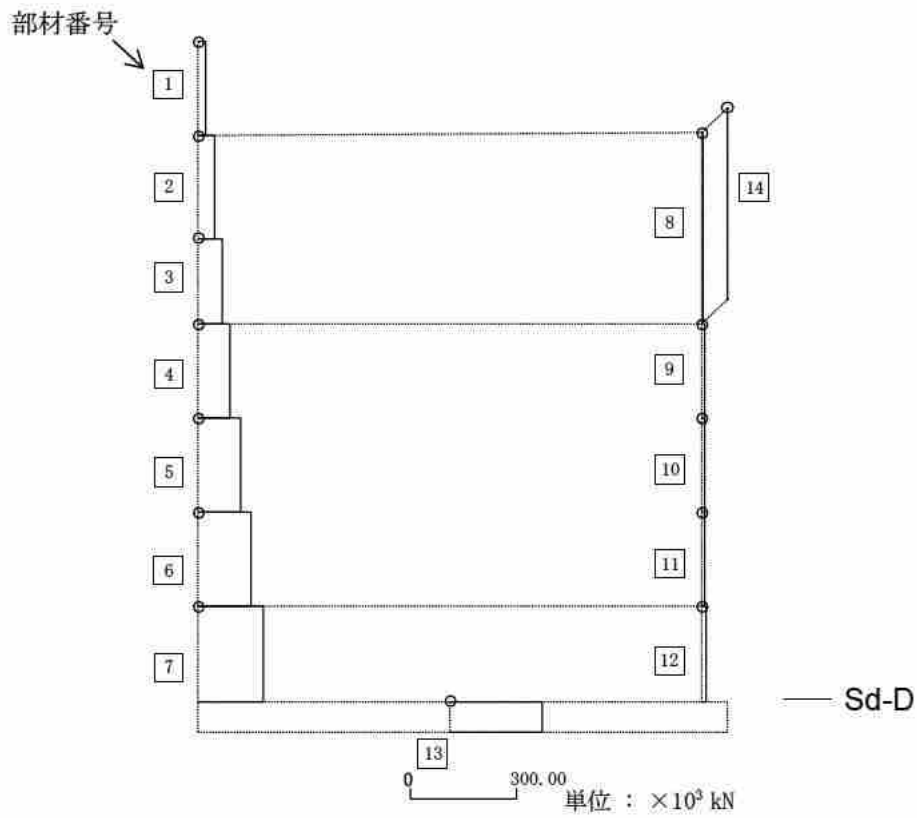
Sd-Dによる水平方向の最大応答加速度、最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントを図-5-9から図-5-14までに、鉛直方向の最大応答加速度及び最大応答軸力を図-5-15及び図-5-16に示す。また、せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値は、図-5-17から図-5-19までに示すとおり、弾性範囲内にある。



単位 : cm/s^2

質点	Sd-D
1	655
2	563
3	462
4	424
5	399
6	388
7	391
8	1622
9	405
10	400
11	397
12	395
13	394
14	394

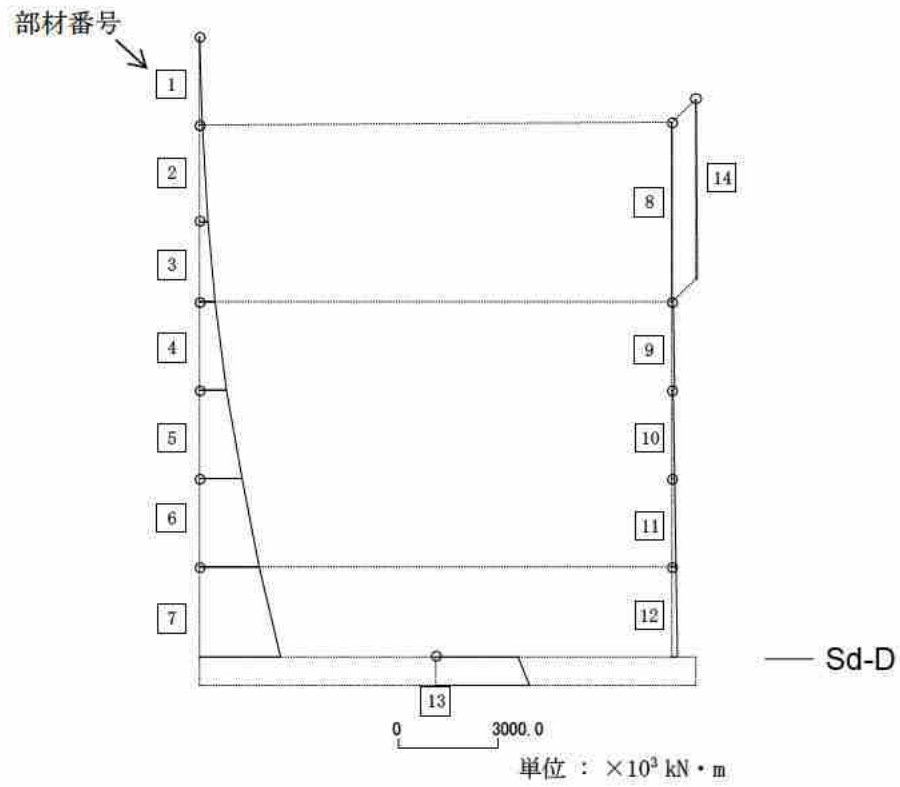
図-5-9 最大応答加速度 (Sd-D、NS 方向)



単位： $\times 10^3$ kN

部材	Sd-D
1	19.34
2	44.14
3	65.07
4	89.68
5	119.45
6	147.60
7	183.96
8	0.53
9	4.97
10	6.42
11	8.73
12	12.96
13	260.61
14	2.09

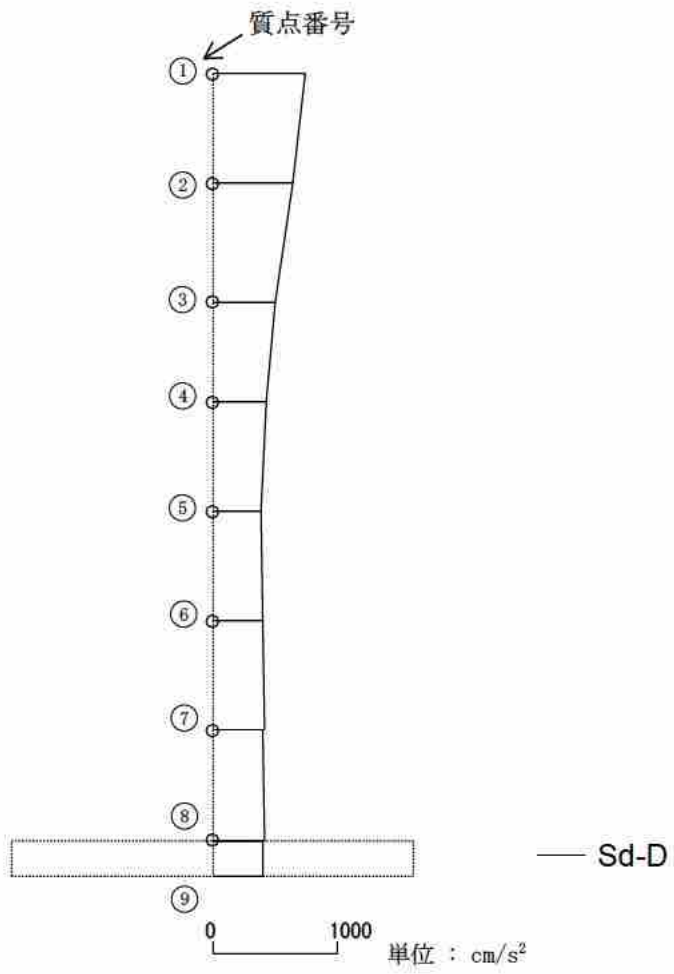
図-5-10 最大応答せん断力 (Sd-D、NS 方向)



単位： $\times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

部材	Sd-D
1	0.0 72.3
2	72.3 252.4
3	252.4 473.4
4	473.4 807.7
5	807.7 1252.1
6	1252.1 1785.6
7	1785.6 2427.5
8	0.0 4.0
9	19.8 38.2
10	38.2 62.1
11	62.1 94.7
12	94.7 143.0
13	2487.1 2811.8
14	0.0 15.8

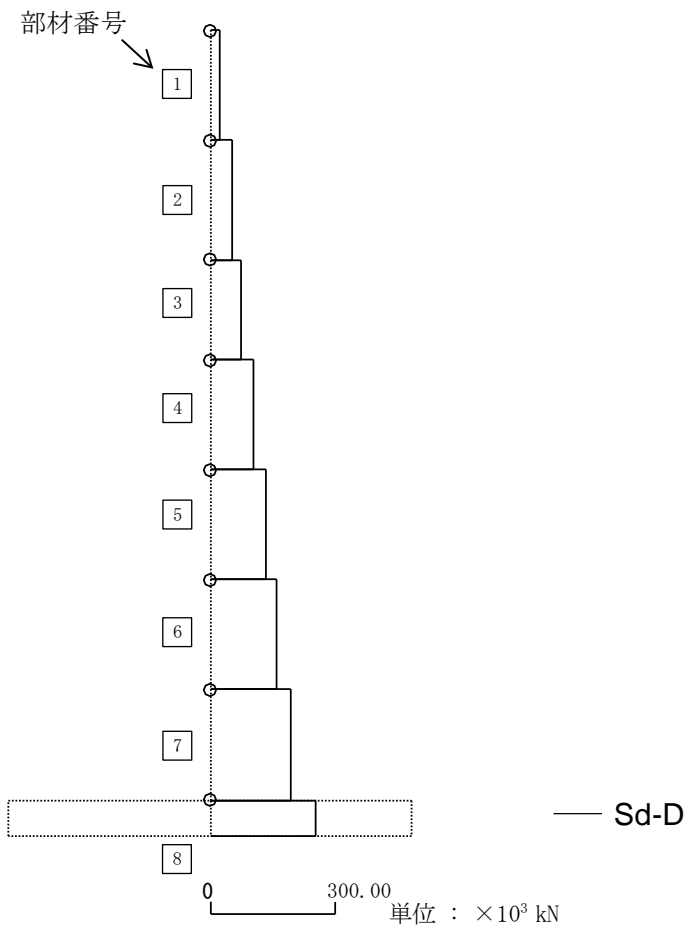
図-5-11 最大応答曲げモーメント (Sd-D、NS 方向)



単位 : cm/s²

質点	Sd-D
1	751
2	653
3	510
4	428
5	399
6	402
7	405
8	407
9	407

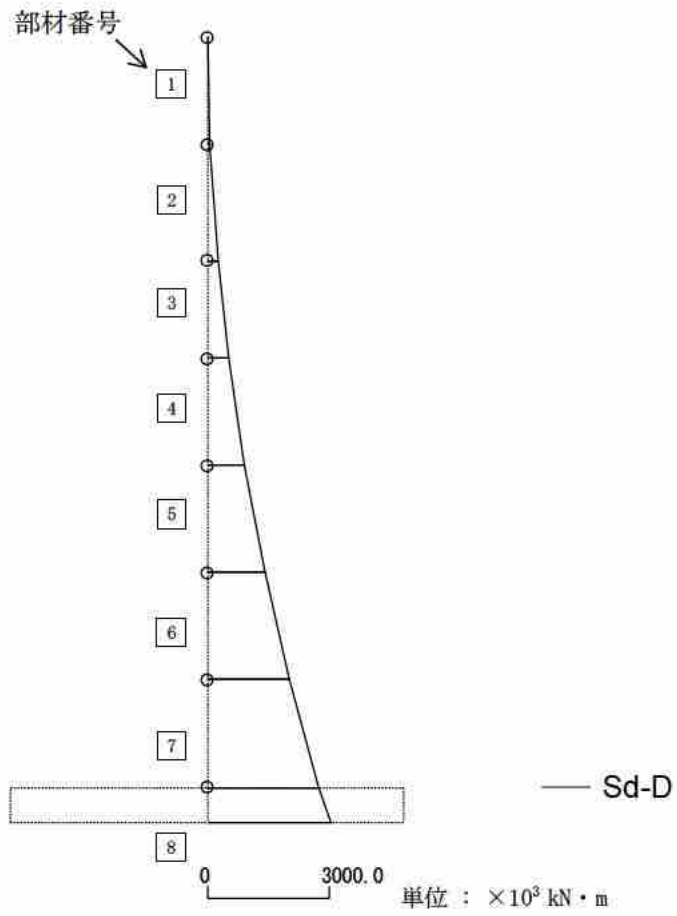
図-5-12 最大応答加速度 (Sd-D、EW 方向)



単位 : $\times 10^3$ kN

部材	Sd-D
1	22.11
2	51.97
3	74.91
4	102.99
5	134.80
6	160.87
7	192.69
8	255.72

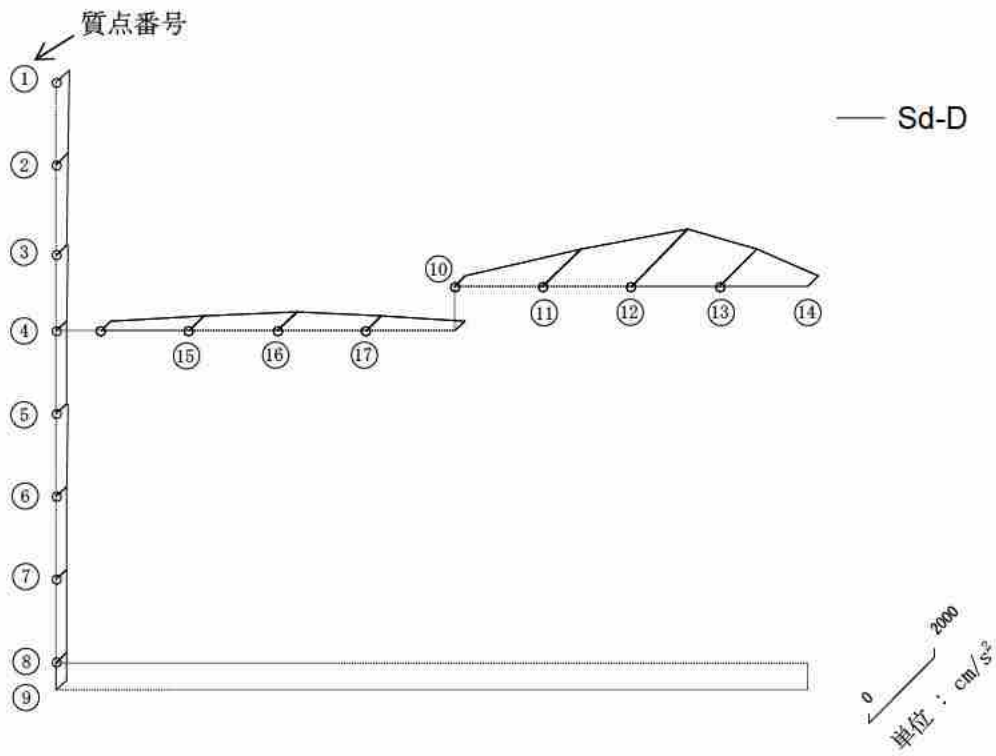
図-5-13 最大応答せん断力 (Sd-D、EW 方向)



単位 : $\times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$

部材	Sd-D
1	0.0 82.7
2	82.7 294.7
3	294.7 549.0
4	549.0 932.4
5	932.4 1433.5
6	1433.5 2031.8
7	2031.8 2748.5
8	2748.5 3049.8

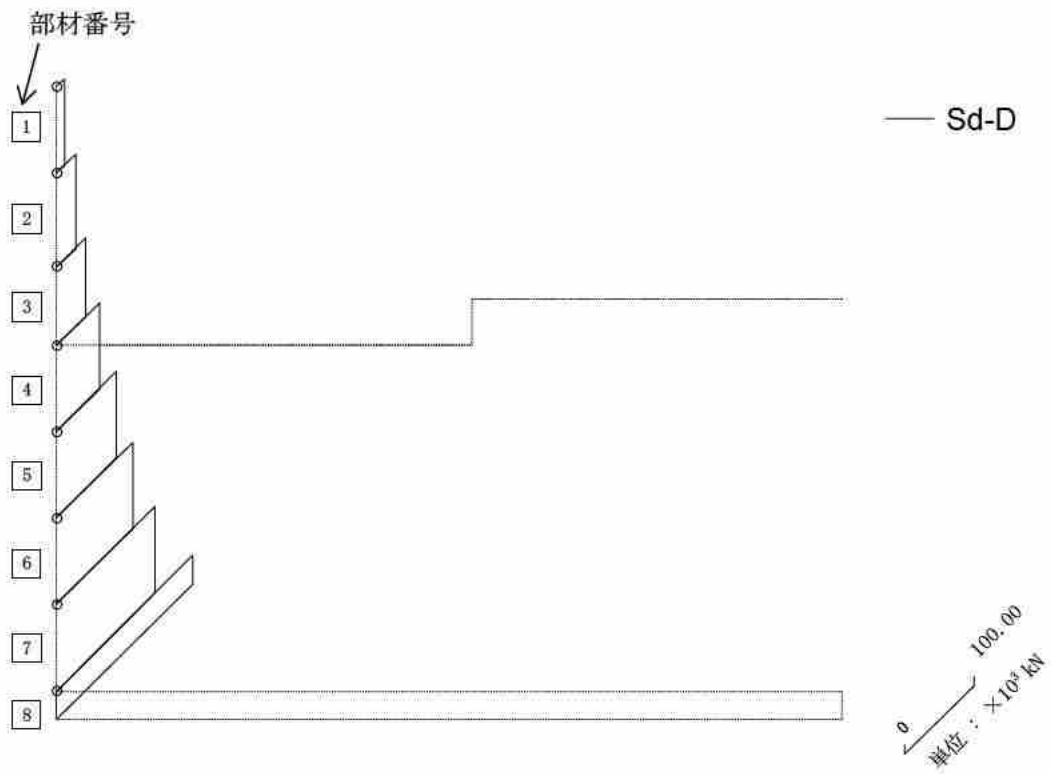
図-5-14 最大応答曲げモーメント (Sd-D、EW 方向)



単位：cm/s²

質点	Sd-D
1	374
2	354
3	320
4	308
5	302
6	299
7	298
8	297
9	296
10	316
11	1143
12	1722
13	1143
14	316
15	441
16	582
17	463

図-5-15 最大応答加速度 (Sd-D、UD 方向)



単位：×10³kN

部材	Sd-D
1	11.00
2	26.66
3	41.21
4	60.98
5	86.95
6	110.73
7	143.08
8	196.69

図-5-16 最大応答軸力 (Sd-D、UD 方向)

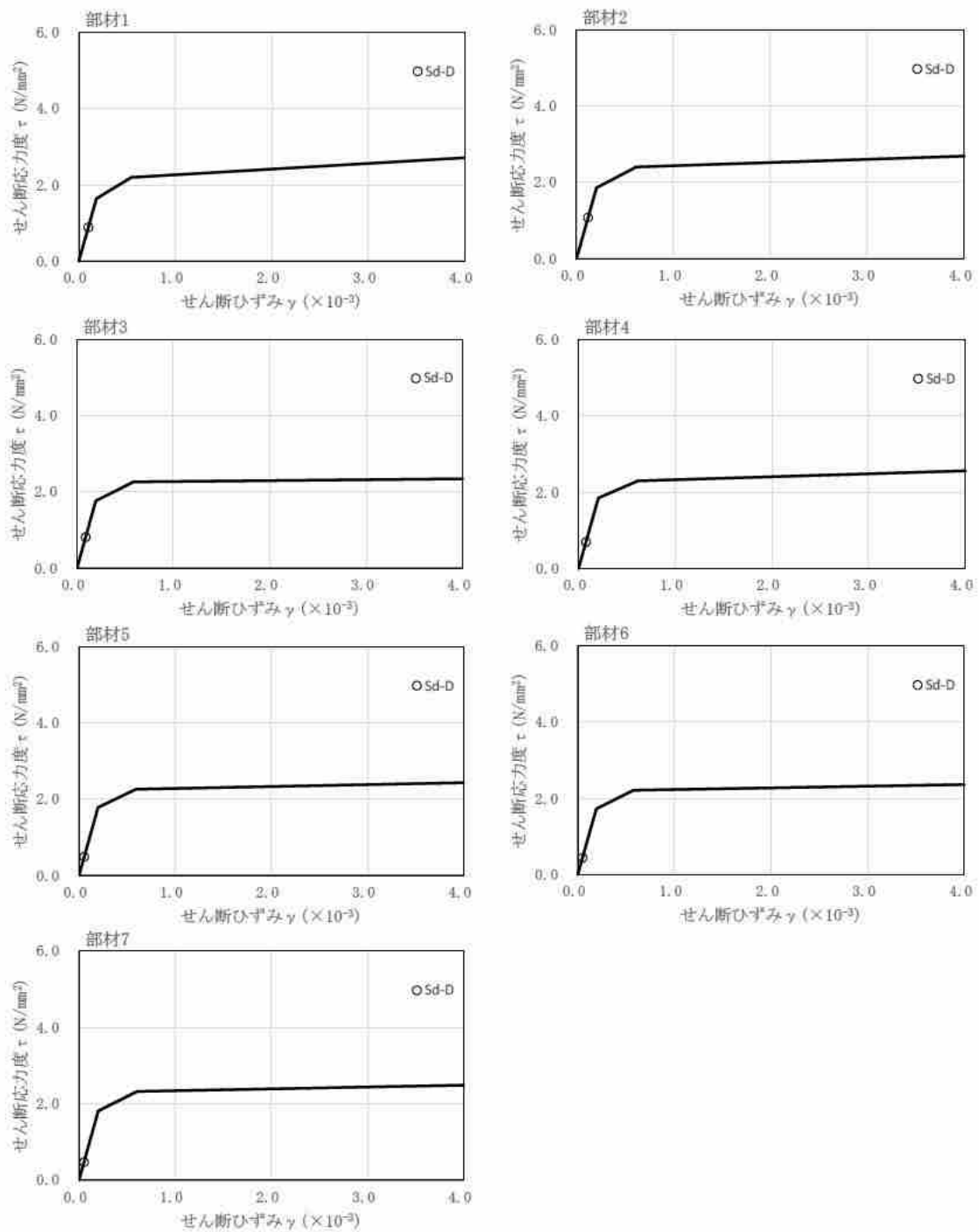


図-5-17 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(NS方向、29通り～15通り、Sd-D)

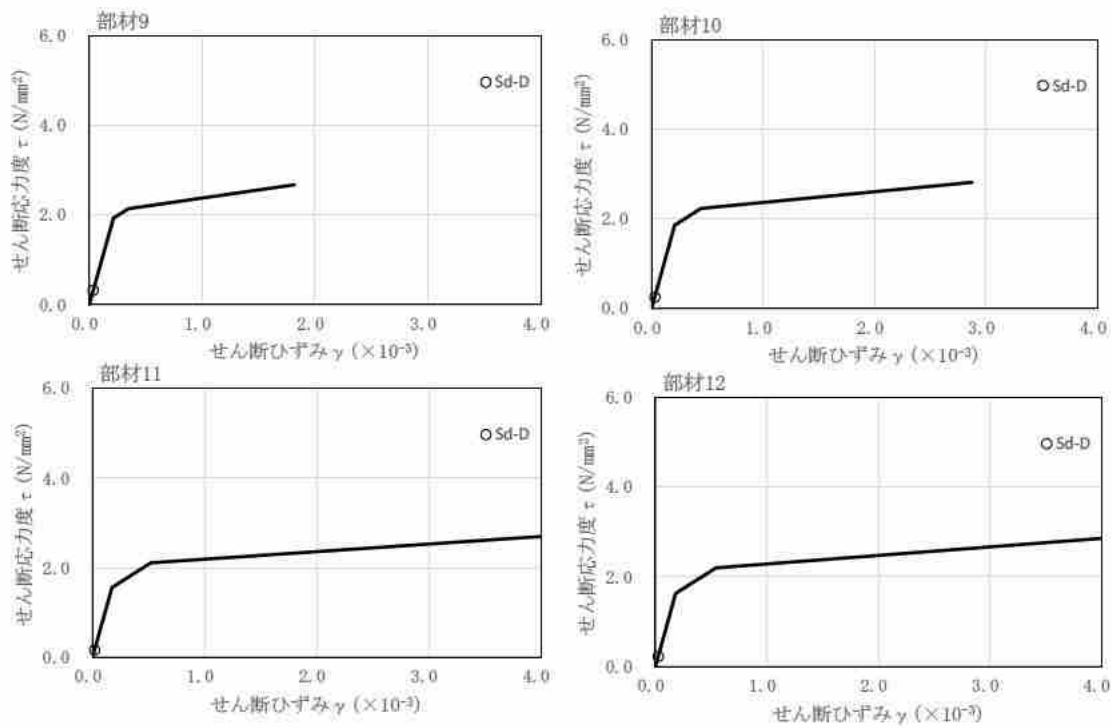


図-5-18 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(NS 方向、14 通り～8 通り、Sd-D)

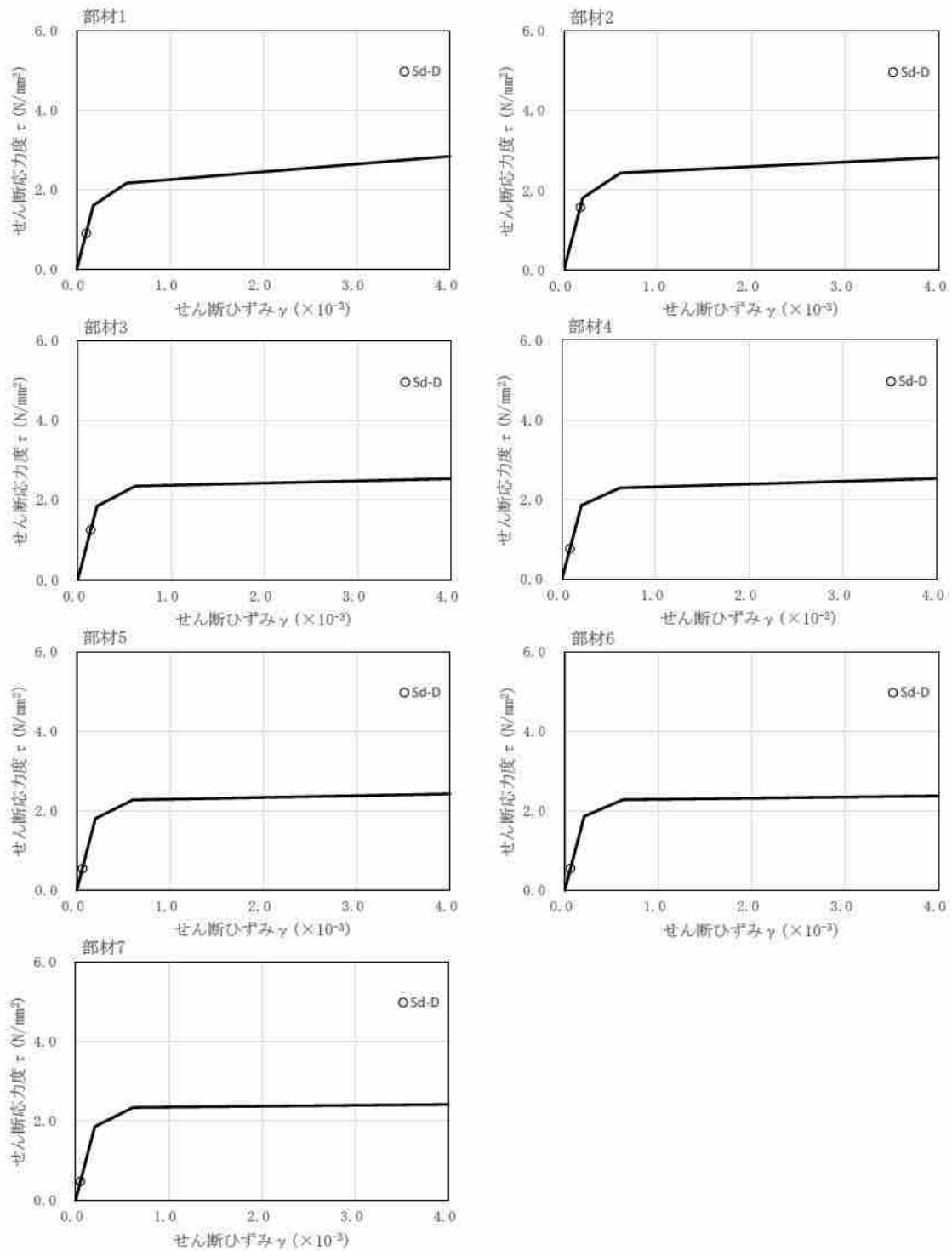


図-5-19 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(EW 方向、Sd-D)

6. 基礎浮き上がりの検討

Sd-Dによる地震応答解析の結果に基づく最小接地率の一覧表を表-6-1に示す。

接地率は、浮き上がり非線形ばねを用いた地震応答解析を適用できる基準値(65%以上)を満足していることを確認した。

表-6-1 最小接地率

(a)NS 方向

地震動	浮き上がり限界 転倒モーメント ($\times 10^6$ kN・m)	最大転倒モーメント ($\times 10^6$ kN・m)	最小接地率 (%)
Sd-D	7.17	2.62	100.0

(b)EW 方向

地震動	浮き上がり限界 転倒モーメント ($\times 10^6$ kN・m)	最大転倒モーメント ($\times 10^6$ kN・m)	最小接地率 (%)
Sd-D	7.17	2.49	100.0

7. 評価結果

分離精製工場(MP)について、Sd-D による地震応答解析を行い、接地率が浮き上がり非線形ばねを用いた地震応答解析を適用できる基準値を満足していることを確認した。地震応答解析による応答値は、別添-1-2 における余震荷重として用いる。

別添-2

津波漂流物防護柵の耐震及び耐津波に係る計算書

I 共通事項

1. 概要

本資料は、廃止措置計画用設計地震動及び廃止措置計画用設計津波に対して、津波漂流物防護柵が津波漂流物の影響防止施設としての機能が損なわれないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 位置

津波漂流物防護柵の位置を図-1 に示す。

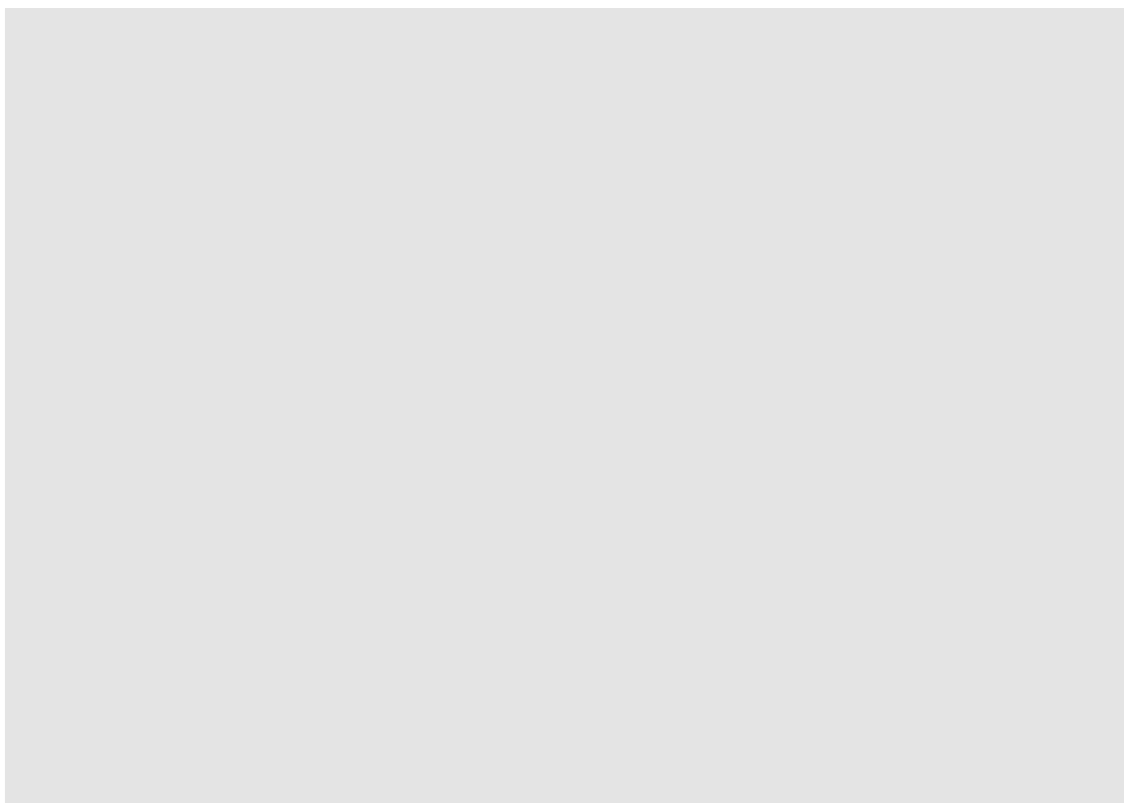


図-1 津波漂流物防護柵の位置

2.2 構造概要

津波漂流物防護柵は主に鋼管及びワイヤロープで構成される。

鋼管は支柱部分（径 1.6 m×板厚 19 mm～29 mm）及び基礎杭部分（径 1.6 m×板厚 29 mm）となっており、溶接により一体化させる。

基礎杭は基礎地盤である久米層（砂質泥岩）に支持させる。なお、基礎杭の周囲の地盤については液状化対策としての地盤改良を行う。

ワイヤロープは構造用ワイヤロープ（構造用ストランドロープ 7×7、径 25 mm）の他、支柱との固定のためのネジエンド、カプラー、調整ロッドなどが付属する。鋼管をおおむね一定間隔で列状に設置し、それら鋼管の高さ方向にワイヤロープを 300 mm 間隔で所定高さまで複数本設置することにより津波漂流物防護柵を形成する。なお、支柱にはワイヤロープを固定させる端部の支柱と、ワイヤロープを貫通させる中間の支柱がある。また、付属するネジエンド等は構造用ワイヤロープよりも大きい強度を確保する。

津波漂流物防護柵の姿図を図-2 に、平面詳細図を図-3 に、地盤改良断面図を図-4 に示す。標準的な支柱間隔は 9.5 m とする。津波漂流物防護柵の延長距離については、図-1 に示す 1-17 間は約 134 m、18-22 間は約 34 m、23-26 間は約 29 m、27-29 間は約 19 m とする。最も長い単一のワイヤロープ長さは約 48 m として、約 48 m を超える場合については接続部（支柱間隔約 3 m）を設け、津波漂流物防護柵への影響が大きい還水タンクが通過しないようにする。

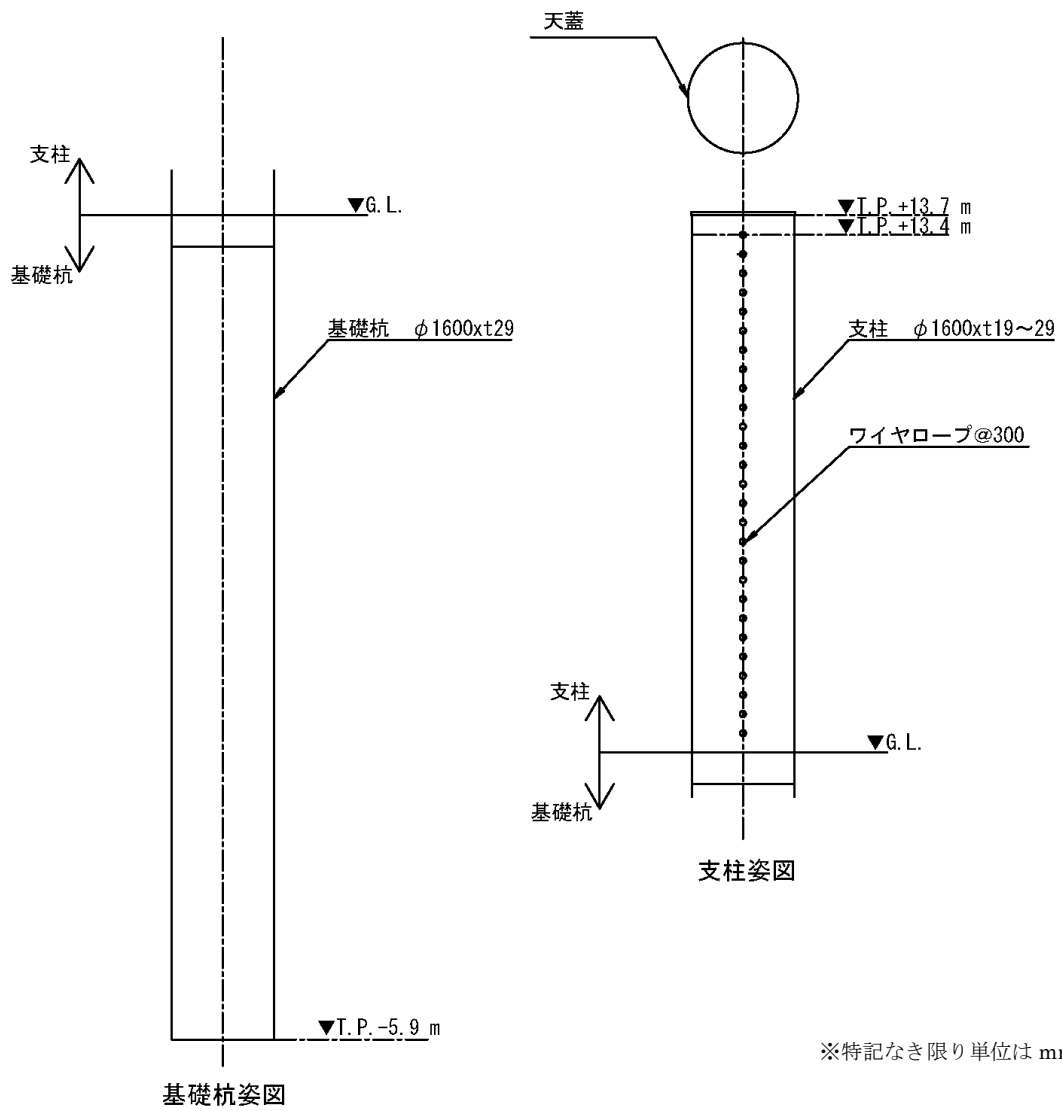


図-2 津波漂流物防護柵 姿図

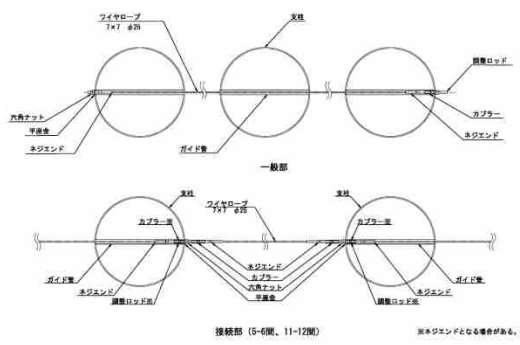
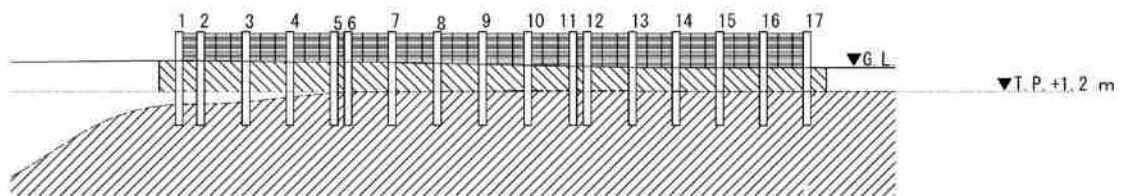
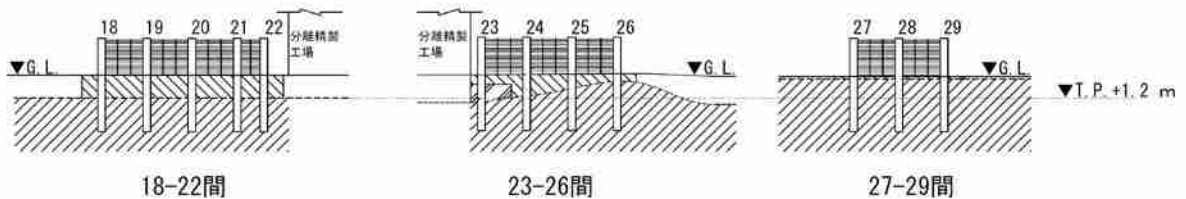


図-3 津波漂流物防護柵 平面詳細図



1-17間



18-22間

23-26間

27-29間

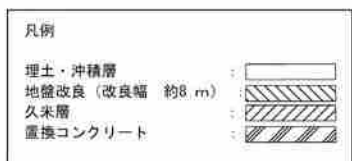


図-4 津波漂流物防護柵 地盤改良断面図

2.3 評価方針

- 津波漂流物防護柵は廃止措置計画用設計地震動及び廃止措置計画用設計津波に対して耐震性及び耐津波性を有する設計とする。
- 耐震性を有する設計として、支柱及び基礎杭の許容応力度に対して廃止措置計画用設計地震動による地震力によって生じる応力が下回ることを確認する。
- 耐津波性を有する設計として、廃止措置計画用設計津波によって生じる津波漂流物による衝突及びワイヤロープが津波漂流物で全面閉塞した状態で津波を受けることで生じる抗力に対して支柱、基礎杭及びワイヤロープが必要な強度を確保することを確認する。

(衝突エネルギーに対する検討)

- ・ 津波漂流物の衝突エネルギーが支柱の吸収エネルギーを下回る。
- ・ 津波漂流物の衝突エネルギーがワイヤロープの吸収エネルギーを下回る。

(抗力に対する検討)

- ・ 津波による抗力がワイヤロープの最大抵抗荷重を下回る。

(伝達力に対する検討)

- ・ 支柱に津波漂流物が衝突した場合について、ワイヤロープからの張力を通じて隣接支柱に生じる応力が支柱の動的降伏応力を下回る。
 - ・ ワイヤロープに津波漂流物が衝突した場合について、ワイヤロープからの張力を通じて支柱に生じる応力が支柱の動的降伏応力を下回る。
 - ・ ワイヤロープに抗力が作用している場合について、ワイヤロープからの張力を通じて支柱に生じる応力が支柱の静的降伏応力を下回る。
- 津波襲来時に余震が発生することを考慮し、余震による荷重と津波で生じる抗力による荷重を重畳した場合に対しても支柱が降伏しないことを確認する。

2.4 準拠規格・基準

津波漂流物防護柵の評価において準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）」（日本電気協会）
- ・ 「日本産業規格（JIS）」
- ・ 「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」（沿岸技術研究センター、寒地港湾技術研究センター）
- ・ 「漁港の津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案）」（水産庁漁港漁場整備部）
- ・ 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（日本港湾協会）
- ・ 「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会）
- ・ 「建築基礎構造設計指針」（日本建築学会）
- ・ 「杭基礎設計便覧」（日本道路協会）
- ・ 「落石対策便覧」（日本道路協会）

2.5 使用材料

2.5.1 使用材料

(1) 鋼材

SKK490 支柱及び基礎杭

ST1470 ワイヤロープ

2.5.2 許容応力度及び材料強度

(1) 鋼材

鋼材の許容応力度等を表-1 に示す。

表-1 鋼材の許容応力度等

津波時

鋼材記号	引張 (N/mm ²)	降伏点又は耐力 (N/mm ²)
SKK490	490	315
ST1470	1470	1080

地震時

鋼材記号	引張・圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
SKK490	277.5	157.5

(2) 地盤改良土

地盤改良土の物性値を表-2 に示す。

表-2 地盤改良土の物性値

圧縮強度 (kN/m ²)
700

3. 検討ケース及び荷重の諸元

3.1 検討ケース

津波漂流物防護柵の評価に係る検討ケースを表-3に示す。

表-3 検討ケース一覧

検討ケース	評価部材	津波		地震力	
		津波漂流物 衝突荷重	抗力	廃止措置 計画用 設計地震動	余震
耐震性評価					
①地震力が作用するケース	支柱	—	—	○	—
	基礎杭				
耐津波性評価					
(1) 衝突エネルギーに対する検討					
①津波漂流物が支柱に衝突するケース	支柱	○	—	—	—
②津波漂流物がワイヤロープに衝突するケース	ワイヤロープ	○	—	—	—
(2) 抗力に対する検討					
①ワイヤロープに抗力が生じるケース	ワイヤロープ	—	○	—	—
(3) 伝達力に対する検討					
①津波漂流物が支柱に衝突した場合に生じる伝達力	支柱	○	—	—	—
②津波漂流物がワイヤロープに衝突した場合の伝達力	支柱	○	—	—	—
③ワイヤロープが閉塞した場合の支柱への伝達力	支柱	—	○	—	—
(4) 基礎杭に対する検討					
①津波漂流物又は抗力が作用した場合	基礎杭	○	○	—	—
(5) 津波荷重と余震との重畳に対する検討					
①抗力と余震が作用するケース	支柱	—	○	—	○
(6) ワイヤロープ取付け部の検討					
①ワイヤロープに最大張力が作用するケース	ねじ部 カップラー	○	○	—	—

3.2 津波

3.2.1 浸水高さ及び流速

津波漂流物防護柵の設計に用いる浸水高さは津波漂流物防護柵周辺の施設における津波高さ及び地盤高さを踏まえて、流速は津波漂流物防護柵周辺の施設における流速を踏まえて設定する。

設計に用いる浸水高さ及び流速を表-4に示す。

表-4 浸水高さ及び流速

項目	設定値	根拠
浸水高さ	G. L. +7.0 m	津波漂流物防護柵の設置場所周辺における最大の津波高さに対し、設置場所付近で最小となる地盤高さを差し引いて設定
津波の流速	5.6 m/s	津波漂流物防護柵の設置場所周辺における最大の流速より設定

3.2.2 津波漂流物

設計上考慮する津波漂流物を表-5に示す。設計において用いる津波漂流物としては重量が最も重く、衝突による津波漂流物防護柵への影響が大きい還水タンク（直径2 m×長さ4.5 m、喫水1.71 m）とする。

表-5 設計上考慮する津波漂流物

分類	津波漂流物	質量 (t)
建物・設備	還水タンク	約14
流木	防砂林	約0.55
車両	中型バス	約9.7

3.2.3 津波による荷重

津波による荷重としては、津波漂流物による衝突荷重（衝突エネルギー）及びワイヤロープが津波漂流物によって閉塞した際に生じる抗力とし、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」に従い設定する。

3.3 地震力

3.3.1 廃止措置計画用設計地震動

廃止措置計画用設計地震動はを用いる。

廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトルを図-5-1 から図-5-3 までに、時刻歴波形を図-5-4 から図-5-6 までに示す。解放基盤表面は、S 波速度が 0.7 km/s 以上である T.P.
※ -303 m とする。

※T.P. : 東京湾平均海面

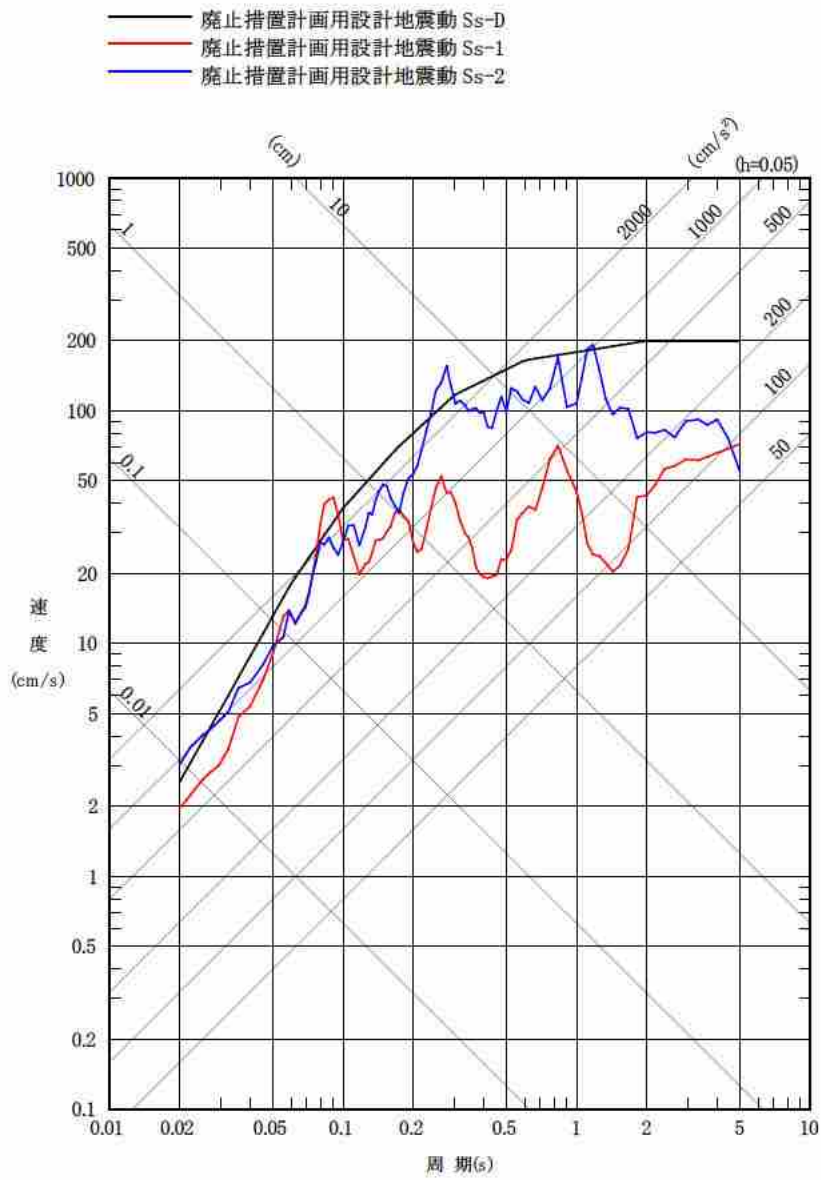


図-5-1 廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル(NS成分)

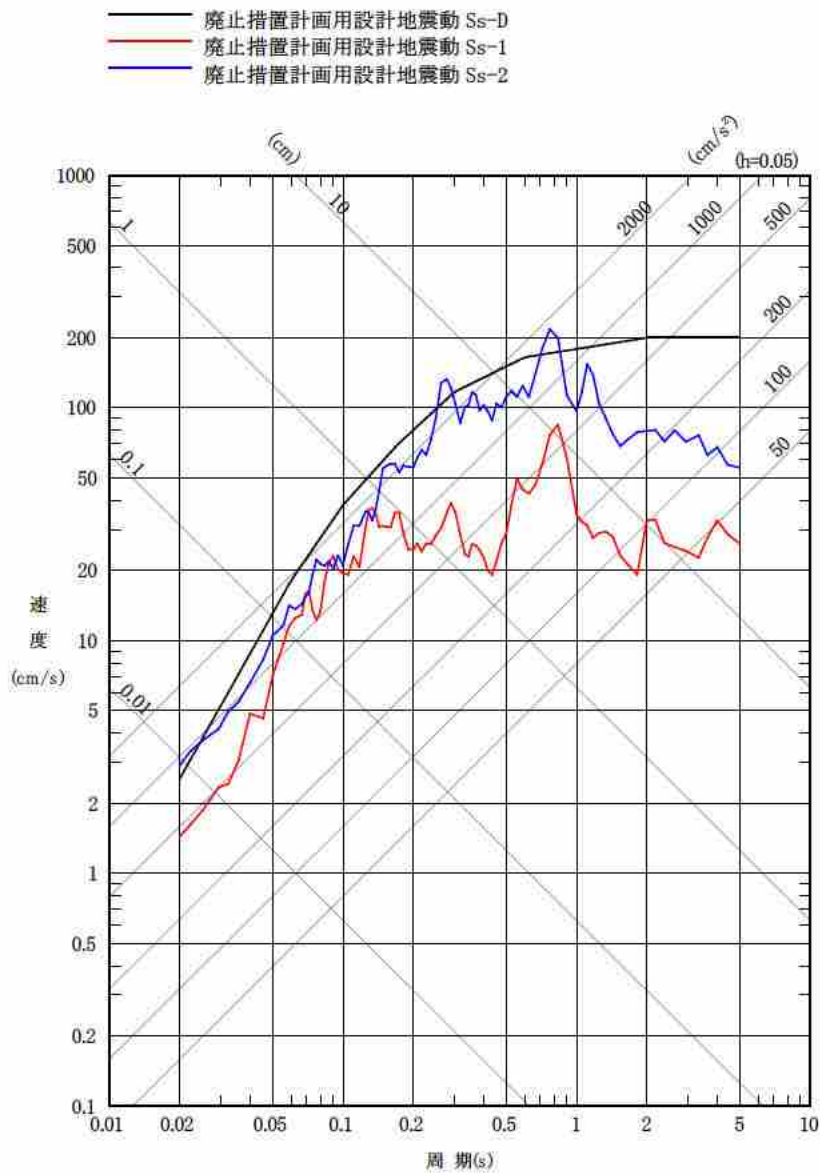


図-5-2 廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル(EW成分)

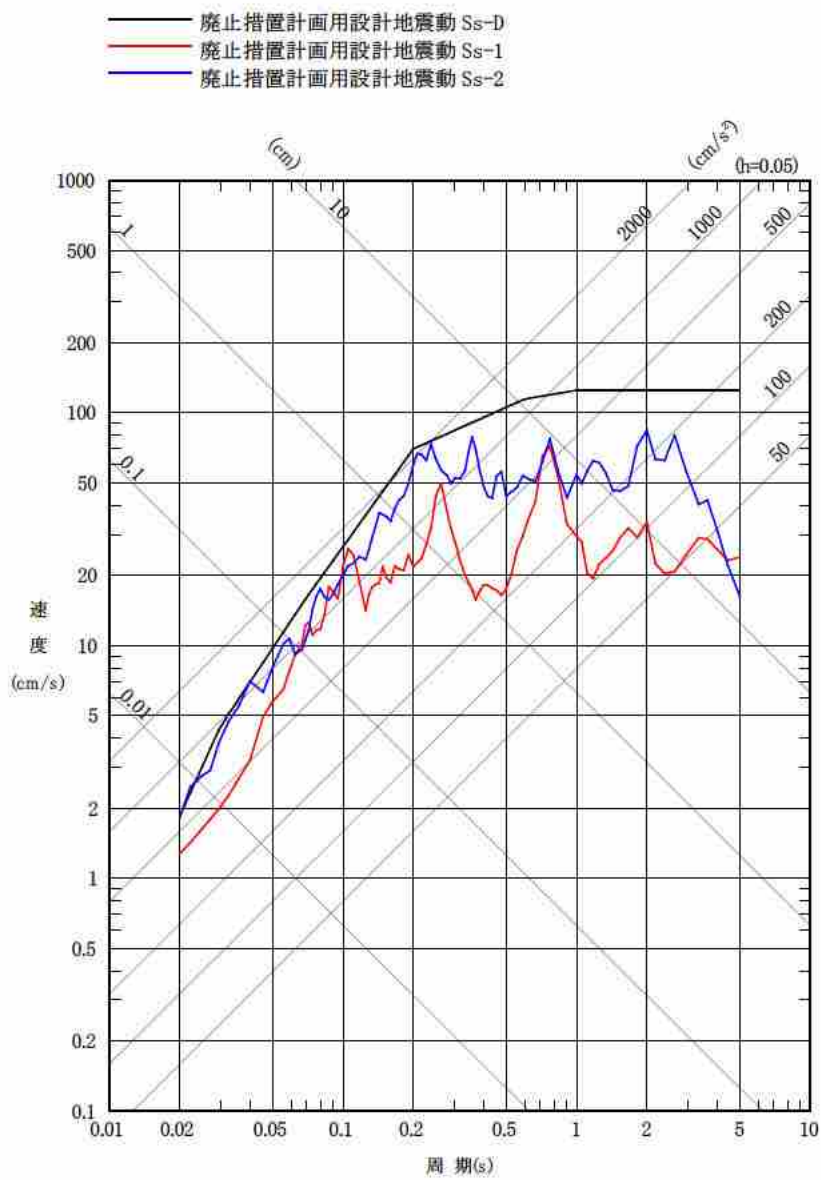


図-5-3 廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル(UD成分)

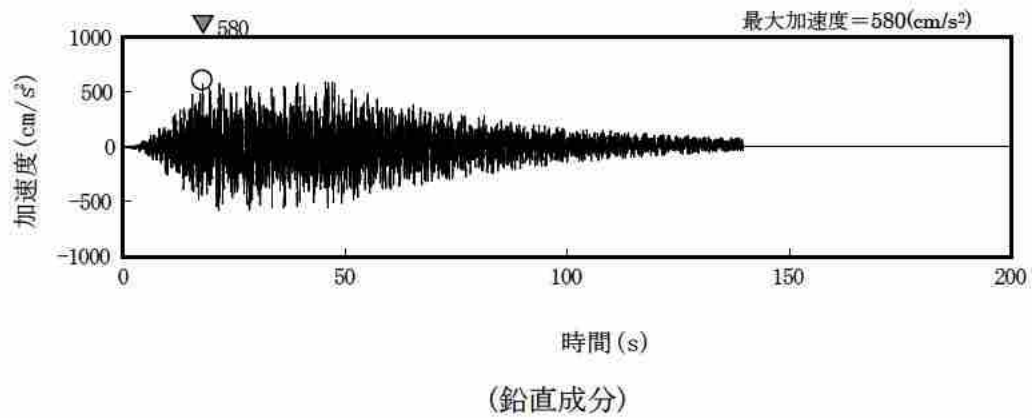
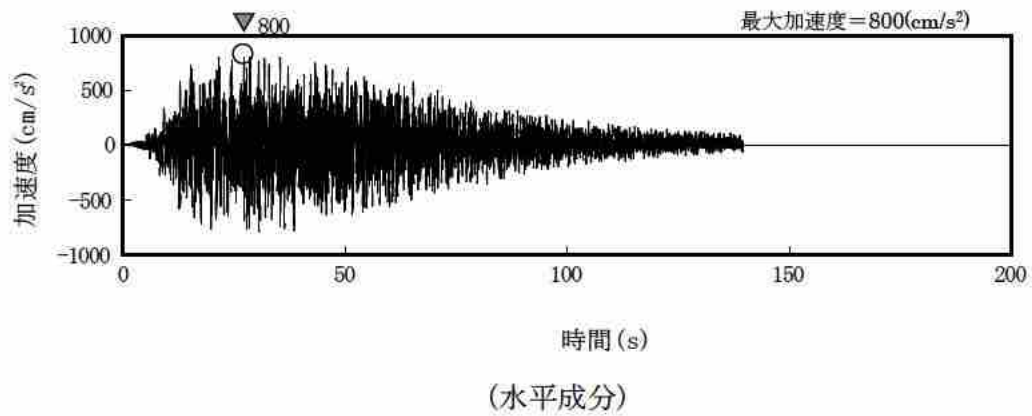


図-5-4 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-D) の時刻歴波形

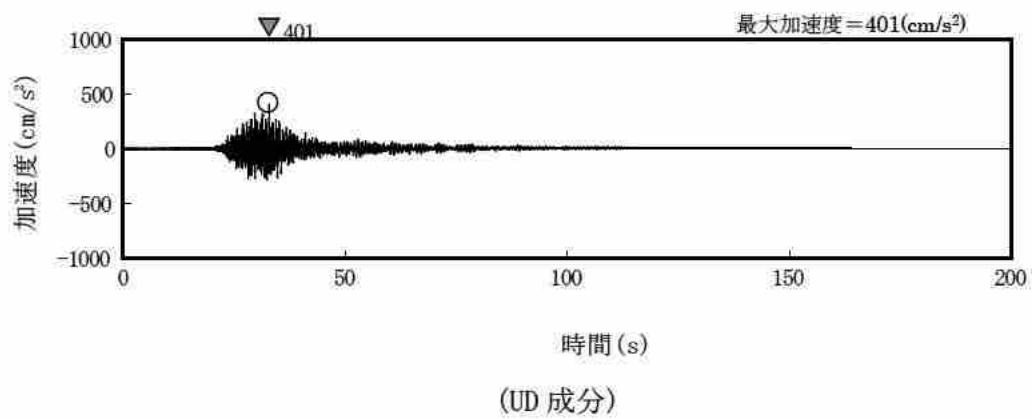
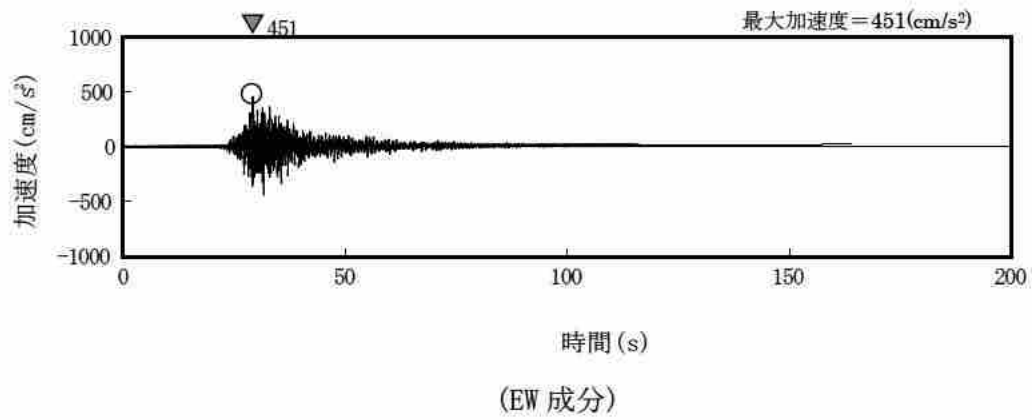
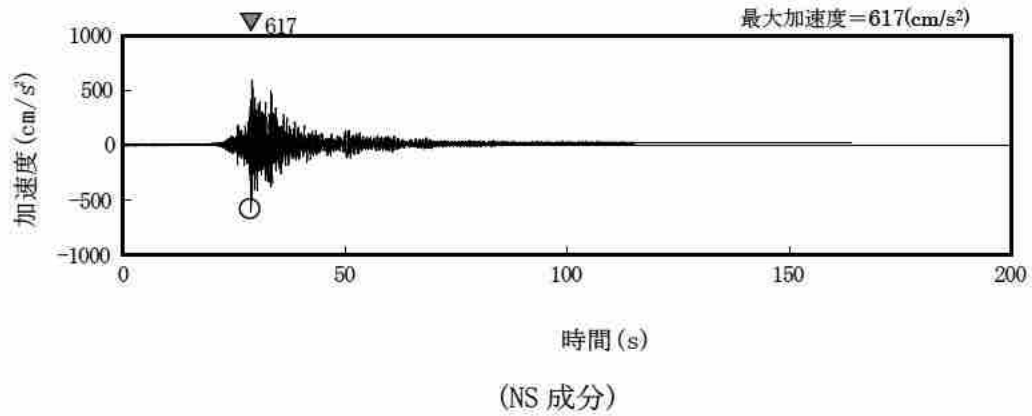


図-5-5 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-1) の時刻歴波形

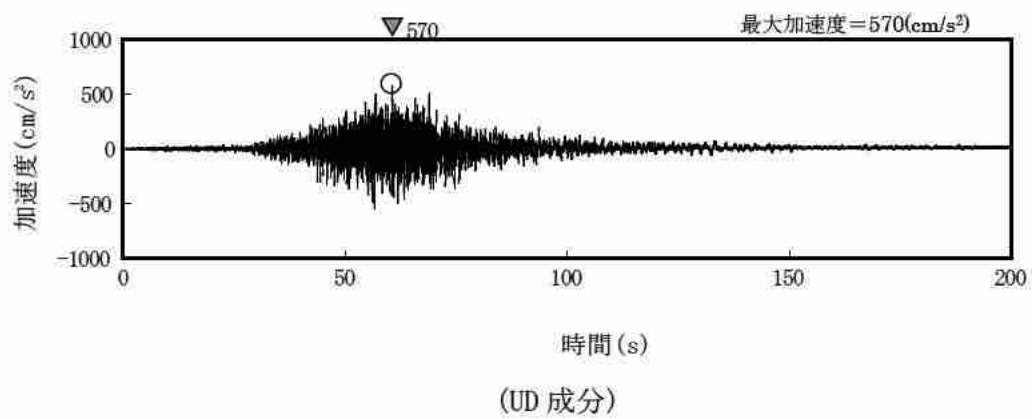
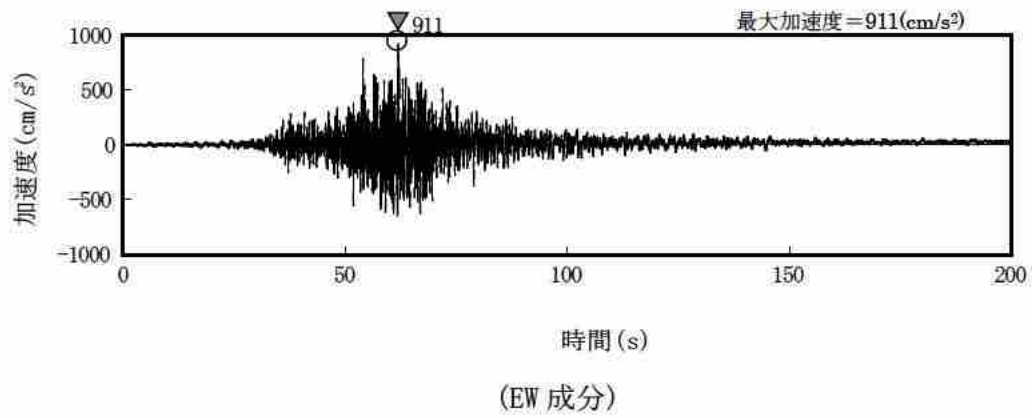
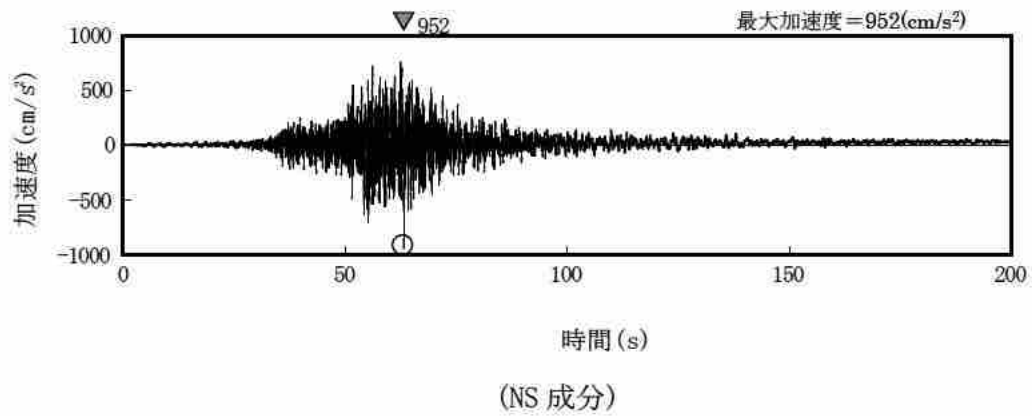


図-5-6 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-2) の時刻歴波形

3.3.2 余震

余震として、別添 6-1-3-1「再処理施設の津波影響評価に関する説明書「再処理施設の津波影響評価」」の「IV 耐津波設計における津波荷重と組み合わせる余震荷重」に基づき敷地の解放基盤表面における Sd-D を用いる。

余震の応答スペクトルを図-6-1 から図-6-2 までに、時刻歴波形を図-6-3 に示す。解放基盤表面は、S 波速度が 0.7 km/s 以上である T.P. -303 m とする。

- Sd-D
- 廃止措置計画用設計津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある余震 M7.9 $X_{eq}=86$ km

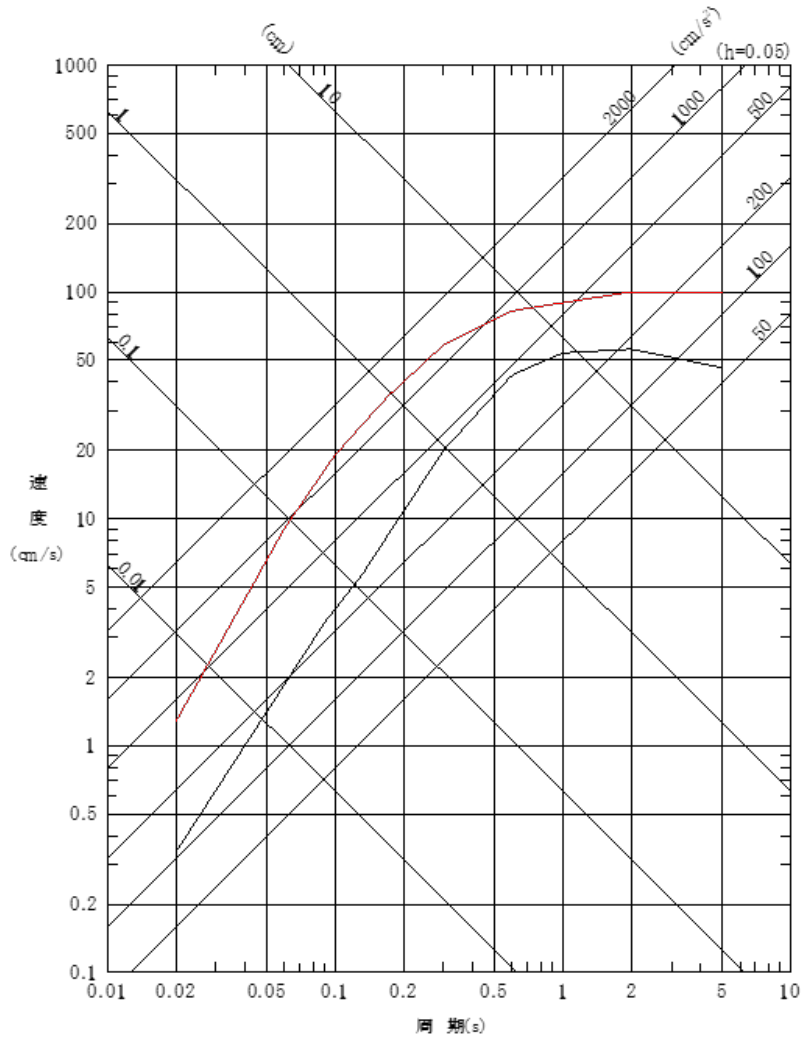


図-6-1 Sd-D の応答スペクトル(水平成分)

- Sd-D
- 廃止措置計画用設計津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある余震 M7.9 $X_{eq}=86$ km

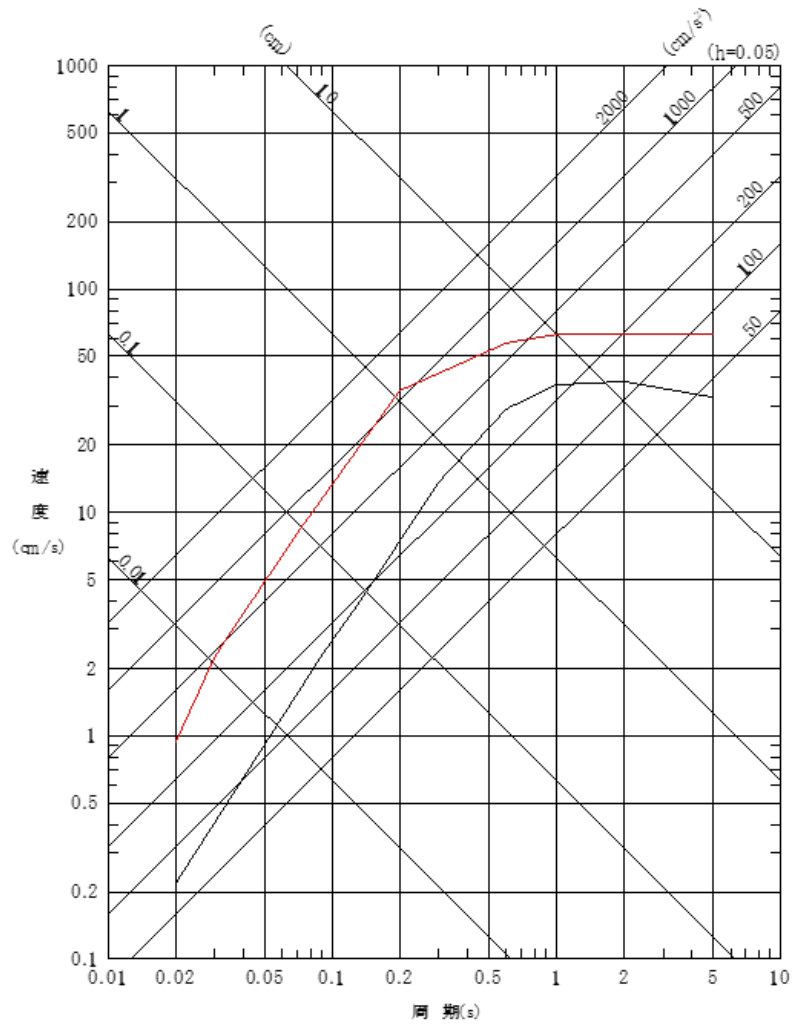
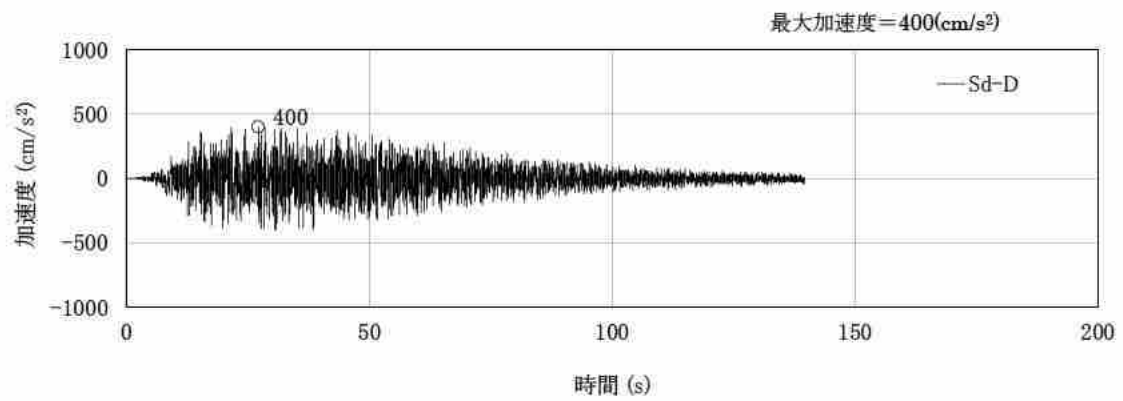
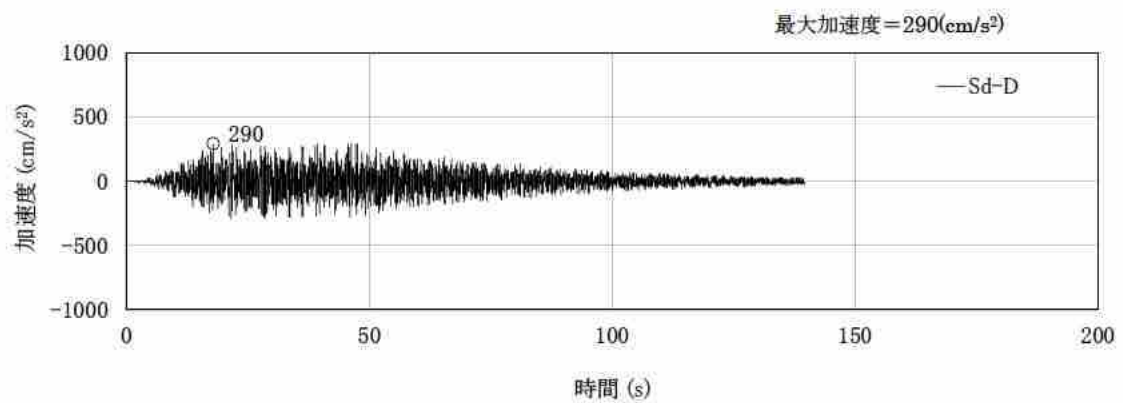


図-6-2 Sd-D の応答スペクトル(鉛直成分)



(水平成分)



(鉛直成分)

図-6-3 Sd-D の時刻歴波形

Ⅱ 耐震性評価

1. 評価方針

支柱及び基礎杭に地震力が作用した場合について、「道路橋示方書・同解説」に準拠して検討を行う。

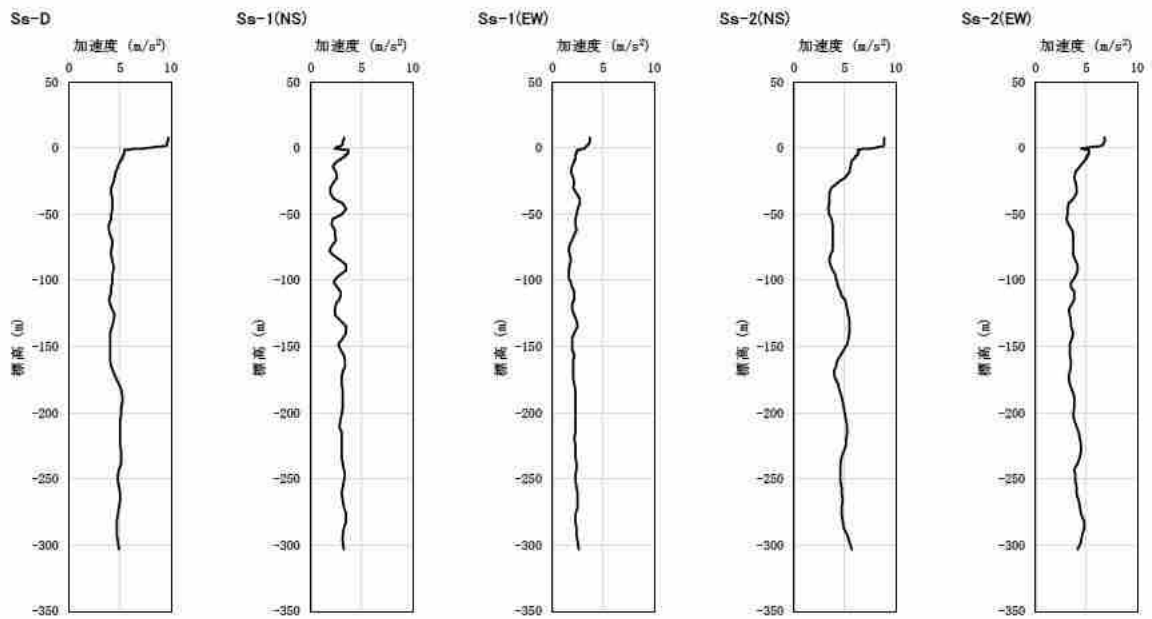
2. 地盤の地震応答解析

敷地の解放基盤表面で設定される廃止措置計画用設計地震動より一次元波動論を用いて算出した地表面の応答加速度及び地中の応答変位を用いる。地表面の応答加速度及び地中の応答変位の算定に使用する解析コードは「D-PROP(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」である。

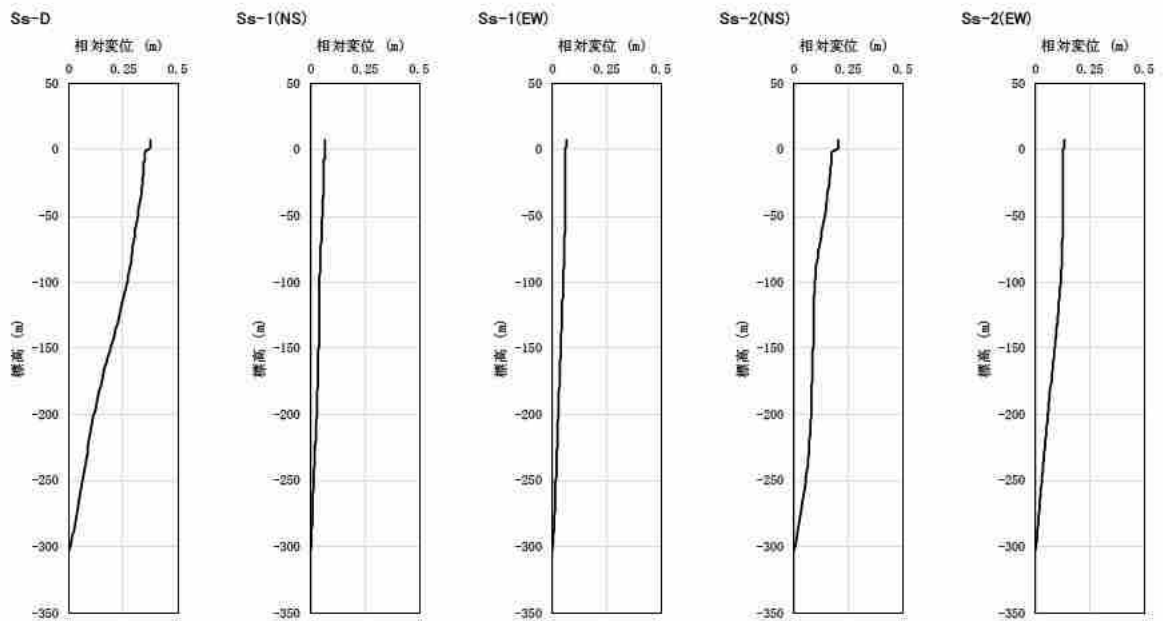
地盤の物性値を表-6、地盤の地震応答解析結果を図-7 に示す。

表-6 地盤の物性値

標高 T.P. (m)	地層名	地層 分類	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	動ポアソン比	動せん断 弾性係数 G_0 (MN/m ²)	$G/G_0 \sim \gamma$ (%)	$h(\%) \sim \gamma$ (%)
7.7							
5.8	地盤改良土 (久米層相当)	Km(B)	1.77	0.456	414	$1/(1+2.43 \cdot \gamma^{0.770})$	$8.81 \cdot \gamma / (\gamma + 0.226) + 1.55$
3.1		Km(As)	1.77	0.455	417		
2.2		Km(As)	1.77	0.455	419		
0.9	沖積層	Ag1	2.00	0.470	123	$1/(1+10.8 \cdot \gamma^{0.908})$	$21.6 \cdot \gamma / (\gamma + 0.074) + 1.18$
-1.5		Ac1	1.77	0.500	37	$1/(1+3.43 \cdot \gamma^{0.812})$	$18.2 \cdot \gamma / (\gamma + 0.376) + 2.33$
-4.5	久米層	Km1	1.77	0.455	426	$1/(1+2.43 \cdot \gamma^{0.770})$	$8.81 \cdot \gamma / (\gamma + 0.226) + 1.55$
-10.0		Km2	1.77	0.454	431		
-62.0		Km3	1.77	0.451	466		
-92.0		Km4	1.77	0.447	515		
-118.0		Km5	1.77	0.444	549		
-169.0		Km6	1.77	0.440	596		
-215.0		Km7	1.77	0.436	655		
-261.0		Km8	1.77	0.431	711		
-303.0		▽解放基盤表面	Km9	1.77	0.426		
	解放基盤		1.77	0.417	867		



(a) 加加速度



(b) 相対変位

図-7 地盤の地震応答解析結果

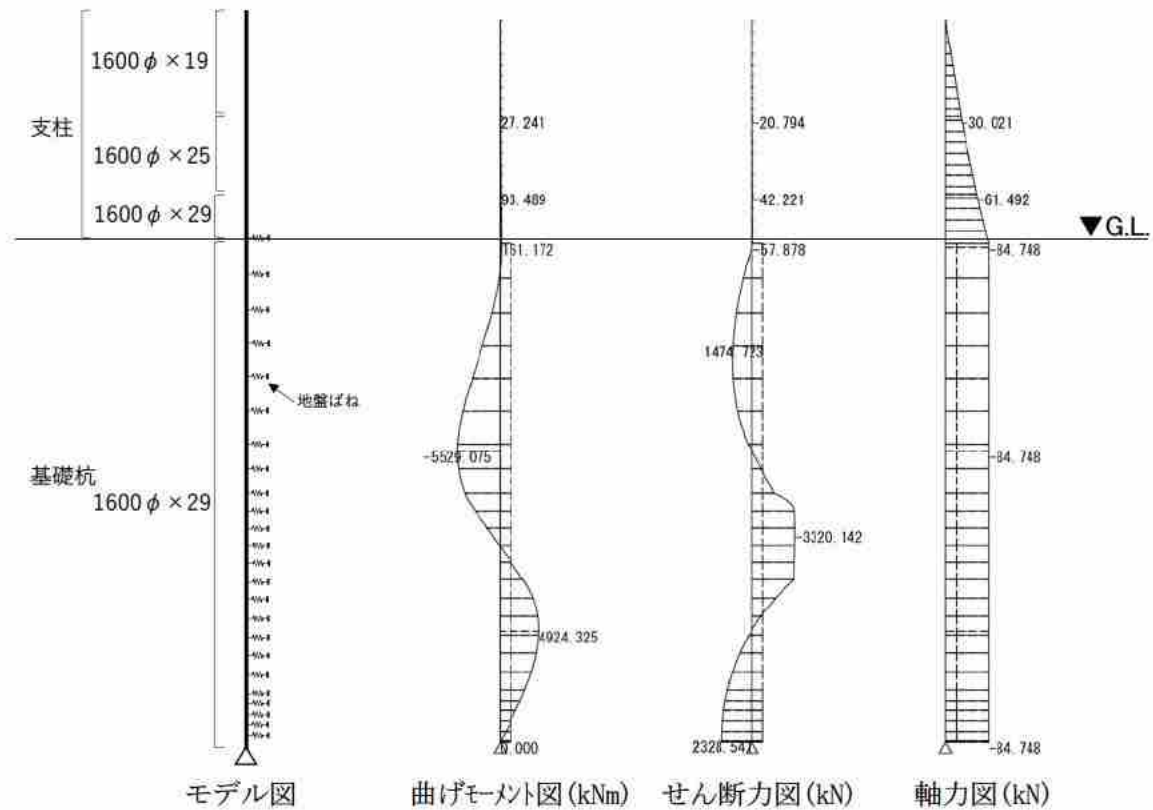
3. 支柱及び基礎杭の応力解析

地盤の地震応答解析結果を踏まえ、支柱については地表面の応答加速度を重力加速度で除した震度を用いて、基礎杭については地盤の応答変位を用いて応力解析を行う。応力解析には水平動及び鉛直動の重ね合わせを考慮し、図-7 より地表面の応答加速度が最大となる S_s-D と、基礎杭位置(地表面～基礎杭下端)での相対変位が最大となる S_s-2(NS) について行う。応力解析に用いた震度及び相対変位を表-7 に示す。

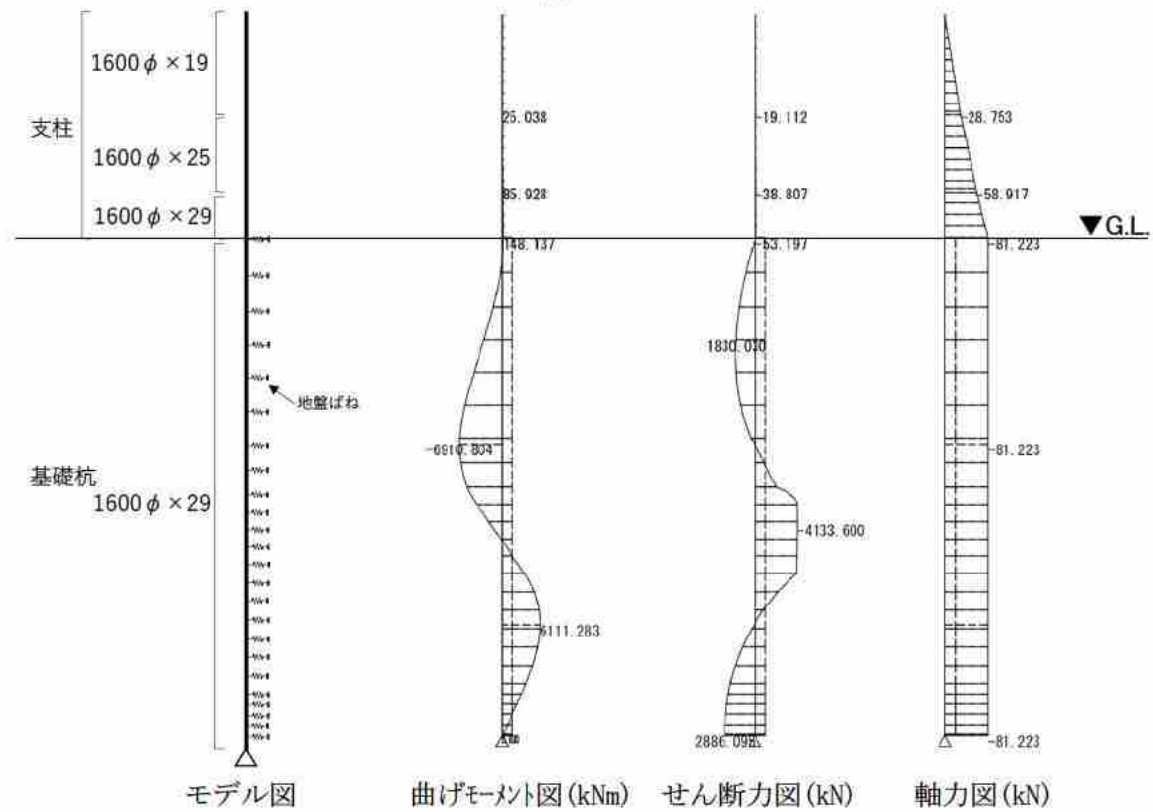
支柱及び基礎杭の荷重図及び応力図を図-8 に示す。

表-7 応力解析に用いる震度及び相対変位

	震度		相対変位(m)
	水平方向	鉛直方向	
S _s -D	0.99	0.53	0.027
S _s -2(NS)	0.91	0.47	0.034



(a) Ss-D



(b) Ss-2(NS)

図-8 支柱及び基礎杭の荷重図及び応力図

4. 支柱及び基礎杭の強度評価結果

強度評価については、地震力によって生じる応力が支柱及び基礎杭の許容応力度を下回ることを確認する。

支柱及び基礎杭の強度評価結果を表-8 から表-11 までに示す。

表-8 支柱の強度評価結果 (Ss-D)

評価項目		結果				判定	
地震力が支柱に作用した場合の評価	曲げ	許容応力度	277.5 N/mm ²	≥	発生応力度	4 N/mm ²	OK
	せん断	許容応力度	157.5 N/mm ²	≥	発生応力度	0.4 N/mm ²	OK

表-9 基礎杭の強度評価結果 (Ss-D)

評価項目		結果				判定	
地震力が基礎杭に作用した場合の評価	曲げ	許容応力度	277.5 N/mm ²	≥	発生応力度	104 N/mm ²	OK
	せん断	許容応力度	157.5 N/mm ²	≥	発生応力度	24 N/mm ²	OK

表-10 支柱の強度評価結果 (Ss-2(NS))

評価項目		結果				判定	
地震力が支柱に作用した場合の評価	曲げ	許容応力度	277.5 N/mm ²	≥	発生応力度	3 N/mm ²	OK
	せん断	許容応力度	157.5 N/mm ²	≥	発生応力度	0.4 N/mm ²	OK

表-11 基礎杭の強度評価結果 (Ss-2(NS))

評価項目		結果				判定	
地震力が基礎杭に作用した場合の評価	曲げ	許容応力度	277.5 N/mm ²	≥	発生応力度	130 N/mm ²	OK
	せん断	許容応力度	157.5 N/mm ²	≥	発生応力度	30 N/mm ²	OK

III 耐津波評価

1. 衝突エネルギーに対する検討

津波漂流物が支柱又はワイヤロープに衝突した場合について、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」に準拠して検討を行う。

照査については、津波漂流物の衝突エネルギーが支柱又はワイヤロープの吸収エネルギーを下回ることを確認する。

(1) 津波漂流物の衝突エネルギー

津波漂流物の衝突エネルギーは以下の式を用いて算出する。

$$E = \frac{WV^2}{2g}$$

ここに、 E : 衝突エネルギー (kJ)
 W : 津波漂流物の仮想重量 (kN)
 V : 流速 (m/s)
 g : 重力加速度 (m/s^2)

$$W = W_0 + W' = W_0 + \frac{\pi}{4} D^2 L \gamma_w$$

ここに、 W : 津波漂流物の仮想重量 (kN)
 W_0 : 津波漂流物の重量 (kN)
 W' : 付加重量 (kN)
 D : 喫水 (m)
 L : 津波漂流物の長さ又は幅 (m)
 γ_w : 海水の単位体積重量 (kN/m^3) = 10.1 kN/m^3

(2) 支柱の吸収エネルギー

支柱の吸収エネルギーは以下の式を用いて算出する。

$$E_T = E_R + E_P$$

ここに、 E_T : 支柱の吸収エネルギー (kJ)
 E_R : 支柱の衝突断面の局部変形による吸収エネルギー (kJ)
 E_P : 支柱の梁変形による吸収エネルギー (kJ)

$$E_R = P_0 \cdot \frac{\delta_{L0}}{1.8} = \frac{Z_p \sigma_{yd}}{H} \cdot D \left\{ \frac{4Z_p}{KHt_p^2} \right\}^{1.25} / 1.8$$

ここに、 P_0 : 支柱基部が降伏状態となる荷重 (kN)
 δ_{L0} : 鋼管に荷重 P_0 が作用した時の鋼管の局部変形量 (m)

$$Z_p : \text{鋼管の塑性断面係数 (m}^3\text{)} = \frac{D^3}{6} \left\{ 1 - \left(1 - 2 \frac{t_p}{D} \right)^3 \right\}$$

$$\sigma_{yd} : \text{動的降伏応力 (kN/m}^2\text{)} = 1.2\sigma_y$$

$$\sigma_y : \text{静的降伏応力 (kN/m}^2\text{)} = 703.3 \left(\frac{D}{t_p} \right)^{-0.104} \times 1000$$

H : 荷重の作用高 (m)

D : 鋼管径 (m)

K : 実験定数 = 185

t_p : 鋼管肉厚 (m)

$$E_P = P_0 \cdot \delta_{pa}$$

ここに、 P_0 : 支柱基部が降伏状態となる荷重 (kN)

$$\delta_{pa} : \text{塑性変形量 (m)} = \theta_{pa} \times H$$

$$\theta_{pa} : \text{塑性回転角 (rad)} = \frac{1.355}{D/t_p}$$

評価は、津波漂流物が支柱に衝突した際に支柱基部に発生する応力が最も大きくなる浸水高さ位置で算定する。支柱の強度評価結果を表-12 に示す。

表-12 支柱の強度評価結果

評価項目	結果			判定	
衝突エネルギー に対する評価	吸収 エネルギー	1,448 kJ	≥	衝突 エネルギー 386 kJ	OK

(3) ワイヤロープの吸収エネルギー

ワイヤロープの吸収エネルギーは以下の式を用いて算出する (図-9 参照)。

$$E_R = E_{R1} + E_{R2} + E_{R3}$$

$$E_{R1} = \frac{n_s L}{2E_w A} (T^2 - T_0^2) \quad T_0 < T < T_y$$

$$E_{R2} = n_s (T_y + T') \times (\Delta L' - \Delta L_e) \times L/2 \quad \Delta L_e < \Delta L < 1.5\%$$

$$E_{R3} = 0.9n_s \times T_b \times L \times (\Delta L - 1.5\%) \quad 1.5\% < \Delta L < 3.0\%$$

ここに、 E_R : ワイヤロープの伸びによる吸収エネルギー (kJ)

n_s : 津波漂流物衝突時のワイヤロープ負担本数 (本)

L : ワイヤロープの長さ (m)

E_w : ワイヤロープの弾性係数 (kN/m²)

A : ワイヤロープの断面積 (m²)

- T : ワイヤロープに作用する張力 (kN)
- T_y : ワイヤロープの降伏荷重 (kN)
- T_0 : ワイヤロープに作用する初期張力 (kN) =5 kN
(支柱No. 5~6及び11~12間のワイヤロープを除く)
- T' : 伸び率が $\Delta L'$ の時の張力 (kN)
- $\Delta L'$: E_{R2} 区内でのワイヤロープの伸び率 (最大1.5%)
- ΔL_e : ワイヤロープ弾性限界における伸び率
- T_b : ワイヤロープの破断荷重 (kN)
- ΔL : ワイヤロープの伸び率 (最大3.0%)

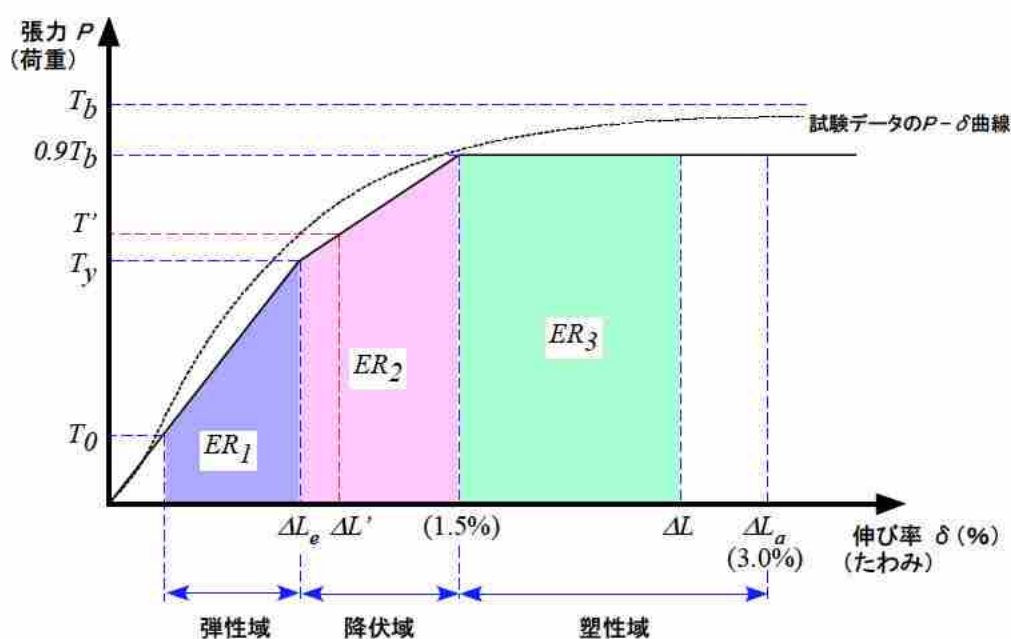


図-9 ワイヤロープの吸収エネルギーの評価モデル

評価は、ワイヤロープの吸収エネルギーが最も小さくなる箇所（ワイヤロープの長さ 19 m）で算定する。ワイヤロープの強度評価結果を表-13 に示す。

表-13 ワイヤロープの強度評価結果

評価項目	結果		判定
衝突エネルギー に対する評価	吸収 エネルギー	1,127 kJ ≥ 衝突 エネルギー 386 kJ	OK

※ ワイヤロープの長さ 28.5 m の場合、吸収エネルギー：1,691 kJ ≥ 衝突エネルギー：386 kJ となる。

2. 抗力に対する検討

抗力がワイヤロープに作用している場合について、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」に準拠して検討を行う。

照査については、抗力がワイヤロープの最大抵抗荷重を下回ることを確認する。

(1) 抗力

抗力は以下の式を用いて算出する。

$$F_D = C_D \frac{\gamma_w}{2g} AU^2$$

- ここに、 F_D : 津波漂流物で遮られた場合の抗力 (kN/m)
 C_D : 抗力係数=1.24 (設計ガイドライン表-3.4.7より算出)
 A : 物体の流れ方向の投影面積 (m²/m) = 浸水深 (m)
 U : 流速 (m/s)

(2) ワイヤロープの最大抵抗荷重

ワイヤロープの最大抵抗荷重は以下の式を用いて算出する。

$$F_R = \frac{8T_R\delta_R n_s}{a^2 \sqrt{1+16\left(\frac{\delta_R}{a}\right)^2}}$$

- ここに、 F_R : ワイヤロープの最大抵抗荷重 (kN/m)
 T_R : 設計引張耐力 (kN)
 δ_R : 設計引張耐力作用時の垂下量 (m)
 n_s : 抗力時のワイヤロープ負担本数 (本)
 a : 支柱設置間隔 (m)

評価は、ワイヤロープに作用する抗力が大きくなる箇所（ワイヤロープの長さ 47.5 m）で算定し、その際の支柱設置間隔は標準の 9.5 m とする。ワイヤロープの強度評価結果を表-14 に示す。

表-14 ワイヤロープの強度評価結果

評価項目	結果				判定
ワイヤロープが津波漂流物により閉塞した場合の評価	最大抵抗荷重	359 kN/m	≥	抗力 140 kN/m	OK

※ ワイヤロープの長さ 28.5 m の場合、最大抵抗荷重 : 359 kN/m ≥ 抗力 : 135 kN/m となる。

計画している津波漂流物防護柵の配置は図-1 に示したとおりであるが、当該場所には既設の埋設物等が多く存在し、津波漂流物防護柵の支柱据付時においてこれらとの干渉

を避けるために位置調整を行う可能性がある。位置調整時の支柱間隔の変動は±0.5 m以内に管理する。支柱間隔が大きくなるほどワイヤロープの最大抵抗荷重が低減するが、仮に支柱間隔が10 m（標準の支柱設置間隔9.5 m+ 0.5 m）となってもワイヤロープの最大抵抗荷重は341 kN/mであり、上記の判定結果は変わらない。

3. 伝達力に対する検討

支柱又はワイヤロープに津波漂流物が衝突した場合又は閉塞による抗力が作用している場合におけるワイヤロープから支柱への伝達力について、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」に準拠して検討を行う。

照査については、津波漂流物が支柱又はワイヤロープに衝突した場合について、ワイヤロープからの張力を通じて支柱に生じる応力が動的降伏応力を下回ることを確認し、抗力が作用している場合についてはワイヤロープからの張力を通じて支柱に生じる応力が静的降伏応力を下回ることを確認する。

(1) 支柱の降伏応力

支柱の動的降伏応力は以下の式で算出する。

$$\sigma_{yd} = 1.2\sigma_y$$

ここに、 σ_{yd} : 動的降伏応力 (N/mm²)

σ_y : 静的降伏応力 (N/mm²)

支柱の静的降伏応力は以下の式で算出する。

$$\sigma_y = 703.3 \left(\frac{D}{t_p} \right)^{-0.104}$$

ここに、 D : 鋼管径 (m)

t_p : 鋼管肉厚 (m)

(2) 津波漂流物が支柱に衝突した場合

津波漂流物が支柱に衝突した場合にワイヤロープからの張力を通して隣接する支柱に生じる応力は以下の式で算出する。

$$\sigma = \frac{n_s T_y H_r}{Z_p}$$

ここに、 σ : ワイヤロープから支柱への動的降伏応力 (kN/m²)

n_s : 津波漂流物衝突時のワイヤロープ負担本数 (本)

T_y : ワイヤロープの降伏張力 (kN)

H_r : ワイヤロープの設置高さ (m)

Z_p : 鋼管の塑性断面係数 (m³)

評価は、津波漂流物を捕捉した際に発生する応力が最も大きくなるワイヤロープの設置高さで算定する。支柱の強度評価結果を表-15 に示す。

表-15 支柱の強度評価結果

評価項目	結果	判定
支柱に津波漂流物が衝突した場合の隣接支柱への伝達力の評価	動的降伏応力 533 N/mm ² ≥ 曲げ応力 280 N/mm ²	OK

(3) 津波漂流物がワイヤロープに衝突した場合

津波漂流物がワイヤロープに衝突した場合のワイヤロープからの張力を通じて支柱に生じる応力は以下の式で算出する。

$$\sigma = \frac{n_s T_y H_r}{Z_p}$$

- ここに、 σ : ワイヤロープから支柱への伝達応力 (kN/m²)
 n_s : 漂流物衝突時のワイヤロープ負担本数 (本)
 T_y : ワイヤロープの降伏張力 (kN)
 H_r : ワイヤロープの設置高さ (m)
 Z_p : 鋼管の塑性断面係数 (m³)

評価は、津波漂流物を捕捉した際に発生する応力が最も大きくなるワイヤロープの設置高さで算定する。支柱の強度評価結果を表-16 に示す。

表-16 支柱の強度評価結果

評価項目	結果	判定
ワイヤロープに津波漂流物が衝突した場合の支柱への伝達力の評価	動的降伏応力 533 N/mm ² ≥ 曲げ応力 280 N/mm ²	OK

(4) ワイヤロープが閉塞した場合

ワイヤロープに抗力が作用している場合の支柱に生じる応力は以下の式で算出する。

$$\sigma = \frac{n_s T H_r}{Z_p}$$

- ここに、 σ : ワイヤロープから支柱への伝達応力 (kN/m²)
 n_s : 抗力時のワイヤロープ負担本数 (本)
 T : 閉塞に伴う作用抗力が作用した場合のワイヤロープ張力 (kN)
 H_r : ワイヤロープの設置高さ (m)
 Z_p : 鋼管の塑性断面係数 (m³)

$$T = \frac{F_D a^2}{8\delta_D n_s} \sqrt{1 + 16 \left(\frac{\delta_D}{a}\right)^2}$$

$$\delta_D = \sqrt{\frac{3a\delta}{8}}$$

$$\delta = \frac{T \cdot a}{E_w \cdot A}$$

ここに、 T : 閉塞に伴う作用抗力が作用した場合のワイヤロープ張力 (kN)

F_D : 閉塞に伴う作用抗力 (kN/m)

a : 支柱設置間隔 (m)

δ_D : 支柱間中央での垂下量 (m)

n_s : 抗力時のワイヤロープ負担本数 (本)

δ : ワイヤロープの伸び量 (m)

E_w : ワイヤロープの弾性係数 (kN/m²)

A : ワイヤロープの断面積 (m²)

評価は、ワイヤロープに作用する抗力が大きくなる箇所(ワイヤロープの長さ 47.5 m)で算定し、その際の支柱設置間隔は標準の 9.5 m とする。支柱の強度評価結果を表-17 に示す。

表-17 支柱の強度評価結果

評価項目	結果	判定
ワイヤロープが津波漂流物により閉塞した場合の支柱への伝達力の評価	静的降伏 応力 444 N/mm ² ≥ 曲げ応力 274 N/mm ²	OK

※ ワイヤロープの長さ 28.5 m の場合、静的降伏荷重 : 444 N/mm² ≥ 曲げ応力 : 266 N/mm² となる。

計画している津波漂流物防護柵の配置は図-1 に示した通りであるが、当該場所には既設の埋設物等が多く存在し、津波漂流物防護柵の支柱据付時においてこれらとの干渉を避けるために位置調整を行う可能性がある。位置調整時の支柱間隔の変動は±0.5 m 以内に管理する。支柱間隔が大きくなるほど支柱に生じる応力は大きくなるが、仮に支柱間隔が 10 m (標準の支柱設置間隔 9.5 m + 0.5 m) となっても支柱に生じる応力は 283 N/mm² であり、上記の判定結果は変わらない。

4. 取付け部の検討

(1) 検討方針

ワイヤロープ取付け部の検討は、ワイヤロープの破断荷重による張力により取付け部材に発生する引張応力が部材の許容引張応力度を下回ること（ワイヤロープより取付け部の強度が高いこと）を確認する。

取付けの部の詳細を図-10 に示す。

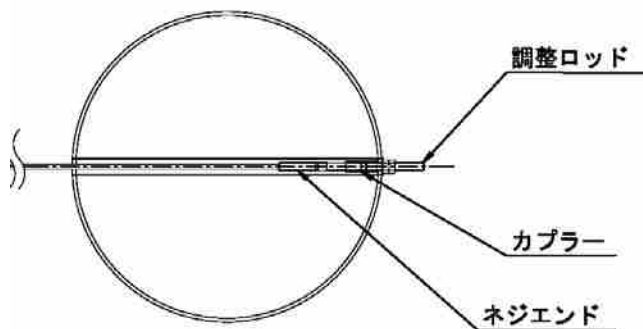


図-10 取付け部詳細図

(2) 部材及び使用材料

ワイヤロープ 25φ-7×7 : ST1470

ネジエンド M39 : SCM415

カプラー 外径 = 62 mm、内径 = 39 mm : SCM415

(3) ワイヤの破断荷重及び許容応力度

ワイヤロープ破断荷重 403 kN (規格値)

ネジエンド及びカプラー許容引張応力 $\sigma_s = 540 \text{ N/mm}^2$

(4) 評価結果

取付け部材に発生する引張応力についての評価結果を表-18 に示す。

表-18 取付け部材の強度評価結果

評価対象	結果				判定	
ねじ部 (ネジエンド・調整ロッド)	許容引張応力	540 N/mm ²	≥	発生引張応力	413 N/mm ²	OK
カプラー	許容引張応力	540 N/mm ²	≥	発生引張応力	221 N/mm ²	OK

5. 基礎杭に対する検討

基礎杭の評価方法は、「漁港の津波漂流物対策施設設計ガイドライン（案）」に準拠して行う。なお、基礎杭の腐食代については「道路橋示方書・同解説」に準拠して1mmとする。

照査については、基礎杭の降伏曲げ耐力に対して基礎杭に生じる最大曲げモーメントが下回ることを確認する。

また、地盤特性値を用いて杭長（地盤面下への必要長さ）を算出する。

なお、評価に用いたボーリング調査位置を図-11に、柱状図を図-12-1から図-12-3に示す。

(1) 最大曲げモーメント

最大曲げモーメントは、以下の式により算出する。

$$M_{max} = M \times \Phi_m(\beta, h)$$

$$\Phi_m(\beta, h) = \frac{\{(1+2\beta h)^2 + 1\}^{\frac{1}{2}}}{2\beta h} \exp\left[-\tan^{-1}\left(\frac{1}{1+2\beta h}\right)\right]$$

$$\beta = \sqrt[4]{k_h B / 4EI}$$

ここに、 M_{max} : 最大曲げモーメント (kN・m)

M : 支柱基部に生じる曲げモーメント (kN・m)

β : 地盤の特性値 (m^{-1})

h : 作用高 (m)

k_h : 横方向地盤反力係数 (kN/m^3) = $2000 \times N$ (N値)

B : 杭幅 (m)

E : 杭の弾性係数 (kN/m^2)

I : 杭の断面二次モーメント (m^4)

(2) 降伏曲げ耐力

基礎杭の降伏曲げ耐力は、以下の式により算出する。

$$M_R = Z\sigma_{yd}$$

ここに、 M_R : 降伏モーメント (kNm)

Z : 杭の断面係数 (m^3)

σ_{yd} : 降伏応力 (kN/m^2)

基礎杭の強度評価結果を表-19に示す。

表-19 基礎杭の強度評価結果

評価項目	結果				判定
基礎杭の評価	降伏 曲げ耐力	29.625 kNm	≥	最大 曲げモーメント	26.665 kNm OK

(3) 基礎杭の必要長さ

地盤の特性値を用いて基礎杭の必要長さを算出する。算出にあたっては $\Sigma\beta L \geq 3.0$ となるようにする。算出した結果を表-20に示す。算出結果より、保守的に基礎杭の先端深さをT.P. -5.9 m (=T.P. +7.65 m -13.55 m) に設定した。

表-20 基礎杭の必要長さの検討結果

標高 T.P. (m)	地層名	層厚 L_0 (m)	kh (kN/m ²)	杭幅 B (m)	杭の 断面二次モーメント I (m ⁴)	地盤の 特性値 β (m ⁻¹)	βL_0	L	βL
7.65									
5.77	地盤改良土 (久米層相当)	1.88	100,000	1.598	0.043	0.262	0.4926	1.88	0.4926
2.2		3.57	100,000			0.262	0.9353	3.57	0.9353
0.87	沖積層	1.33	92,000			0.256	0.3405	1.33	0.3405
-1.48		2.35	8,000			0.139	0.3267	2.35	0.3267
-7.35	久米層	5.87	100,000			0.262	1.5379	4.42	1.1580
		$\Sigma=15$				$\Sigma=3.633$	$\Sigma=13.55$	$\Sigma=3.2531$	

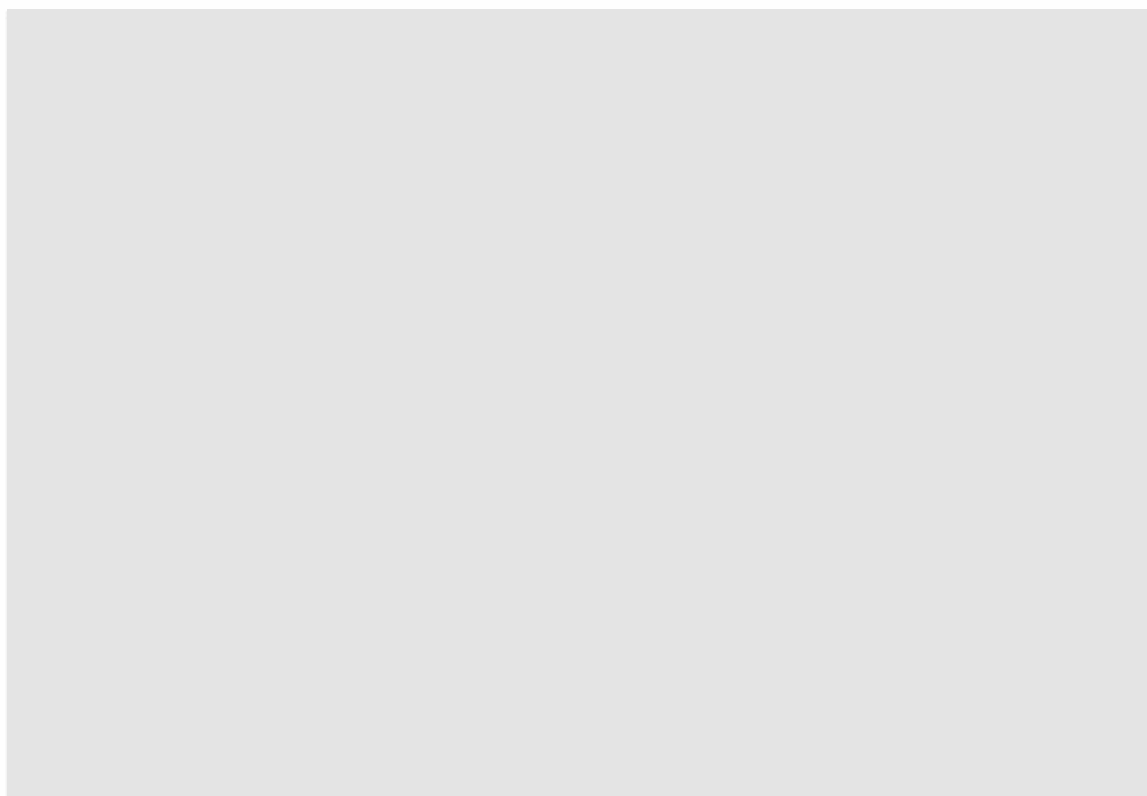


図-11 ボーリング調査位置

ボーリング名	No. 1	孔口標高	T.P. +5.70m	総掘進長	9.00m
--------	-------	------	----------------	------	-------

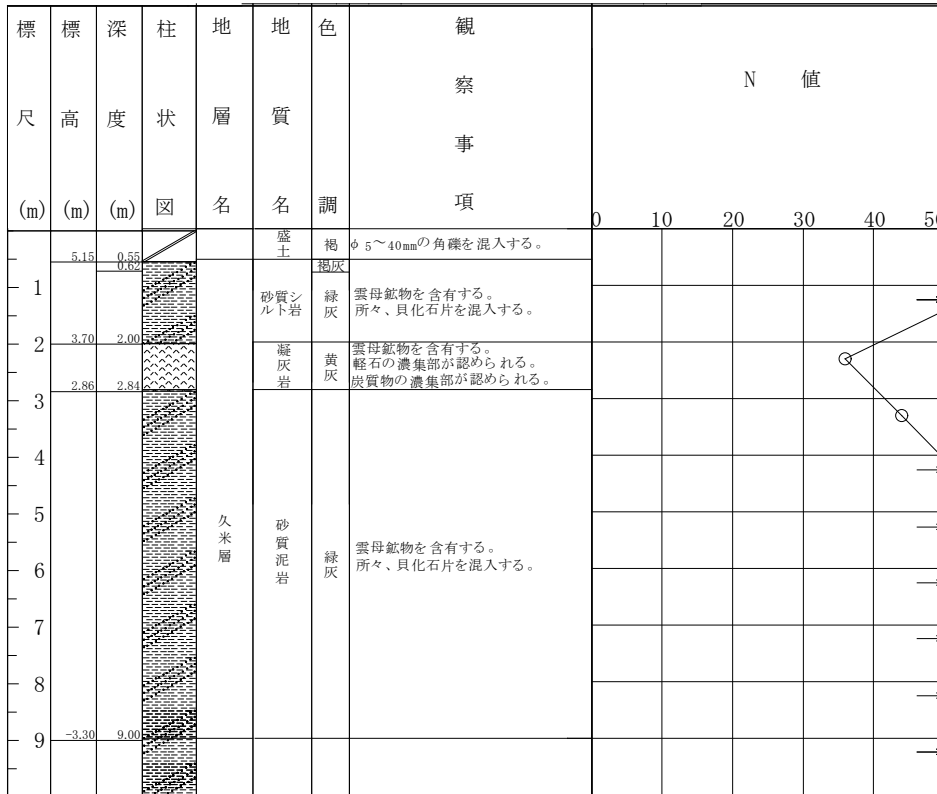


図-12-1 ボーリング柱状図 (No. 1)

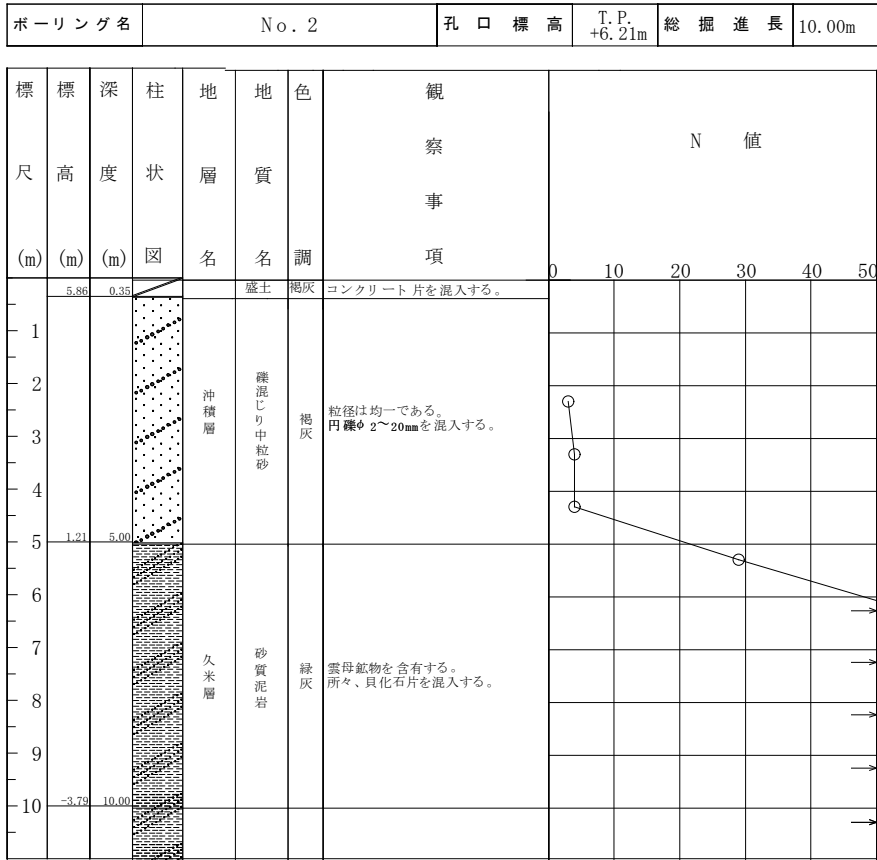


図-12-2 ボーリング柱状図 (No. 2)

ボーリング名	No. 3	孔口標高	T.P. +7.65m	総掘進長	15.00m
--------	-------	------	----------------	------	--------

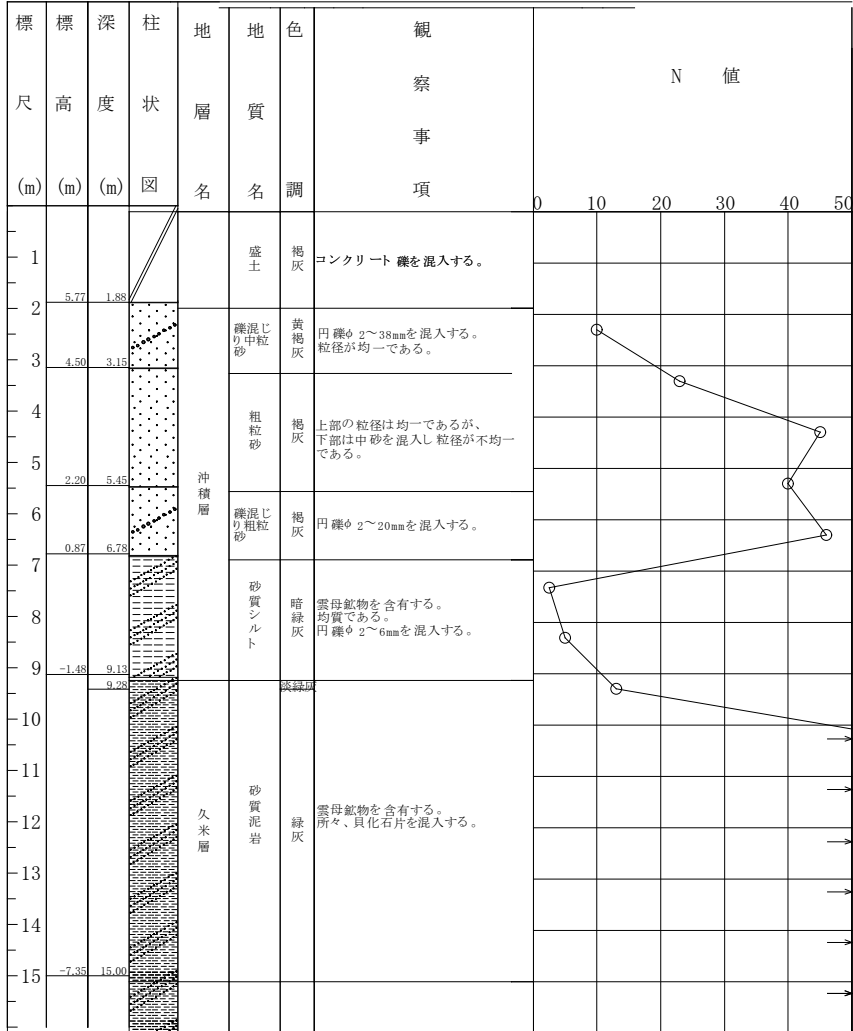


図-12-3 ボーリング柱状図 (No. 3)

6. 津波による荷重と余震との重畳に対する検討

津波襲来時に余震が発生する可能性があるため、津波による荷重と余震との重畳に対する検討を行う。津波による荷重は抗力とする。

照査については、津波による荷重と余震との重畳により生じる曲げ応力が支柱の降伏応力を下回ることを確認する。

強度評価結果を表-21 に示す。

表-21 支柱の強度評価結果

評価項目	結 果	判定
津波と余震との重畳	静的降伏応力 444 N/mm ² ≥ 曲げ応力 276 N/mm ²	OK

IV 安定性評価

1. 液状化に対する検討

1.1 液状化の評価方法

液状化の評価については「道路橋示方書・同解説」に準拠して行う。

(1) 液状化検討対象層の抽出

沖積層の土層で次の3つの条件全てに該当する土層を液状化の判定を行う必要がある土層として抽出する。

- ① 地下水位が地表面から10 m以内にあり、かつ、地表面から20 m以内の深さに存在する飽和土層
- ② 細粒分含有率FCが35%以下の土層、又は、FCが35%を超えても塑性指数 I_p が15以下の土層
- ③ 50%粒径 D_{50} が10 mm以下で、かつ、10%粒径 D_{10} が1 mm以下である土層

図-13 に液状化の判定を行う必要がある土層の選定の手順を示す。

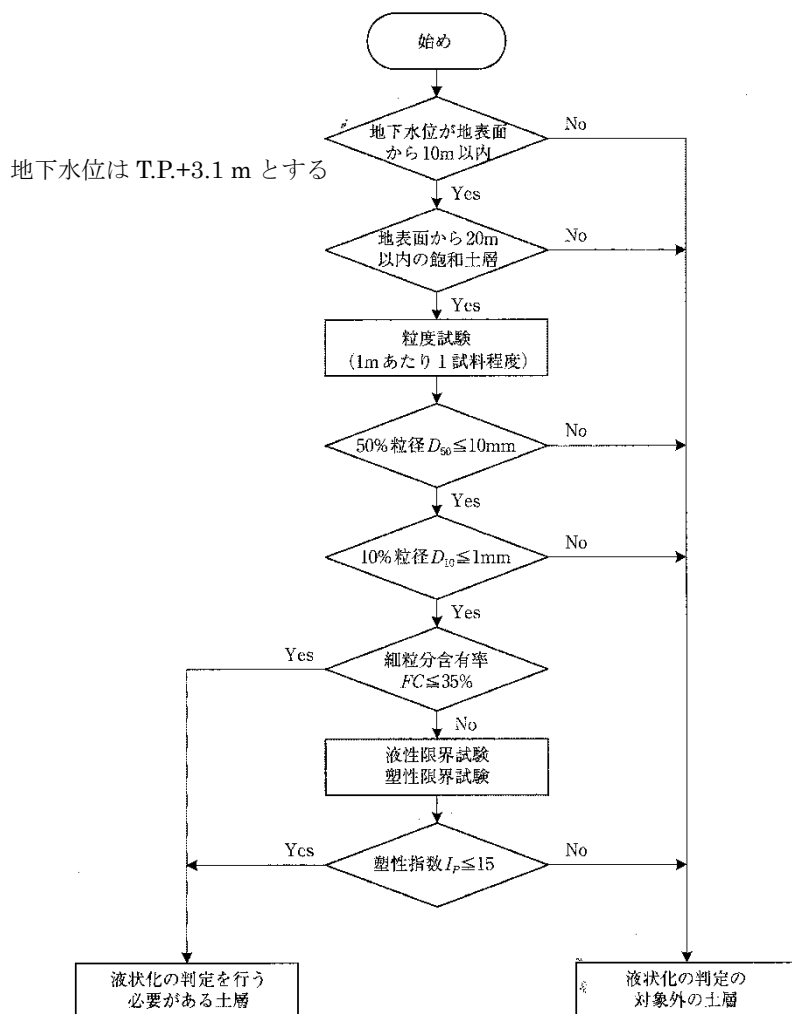


図-13 液状化の判定を行う必要がある土層の選定の手順

(2) 液状化の判定方法

液状化の判定を行う必要がある土層を対象に、液状化の判定を行う。
液状化の判定を行う必要がある土層の液状化の判定式を以下に示す。

$$F_L = \frac{R}{L}$$

ここに、 F_L ：液状化に対する抵抗率

R ：動的せん断強度比

L ：地震時せん断応力比

F_L が1.0以下の土層については液状化が生じると判定する。

① 動的せん断強度比 R

$$R = C_w \cdot R_L$$

$$R_L = \begin{cases} 0.0882 \sqrt[1.7]{N_a} & (N_a < 14) \\ 0.0882 \sqrt[1.7]{N_a} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{cases}$$

ここに、 R ：動的せん断強度比

C_w ：地震動特性による補正係数=1.0

R_L ：繰返し三軸強度比

〈砂質土の場合〉

$$N_a = c_1 N_1 + c_2$$

$$N_1 = 170N / (\sigma'_{vb} + 70)$$

$$c_1 = \begin{cases} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40)/50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC/20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{cases}$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10)/18 & (10\% \leq FC) \end{cases}$$

〈礫質土の場合〉

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1$$

N ：N値

N_1 ：有効上載圧 100 kN/m²相当に換算したN値

N_a ：粒度の影響を考慮した補正N値

σ'_{vb} ：標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける

有効上載圧 (kN/m²)

FC ：細粒分含有率 (%)

D_{50} ：50%粒径 (mm)

② 地震時せん断応力比 L

$$L = \frac{r_d \cdot k_{hgL} \cdot \sigma_v}{\sigma'_v}$$

$$r_d = 1.0 - 0.015x$$

$$k_{hgL} = c_z \cdot k_{hgL0}$$

ここに、 L : 地震時せん断応力比

r_d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

k_{hgL} : 地盤面の設計水平震度

c_z : 地域別補正係数

k_{hgL0} : 地盤面の設計水平震度の標準値

x : 地表面から深さ (m)

σ_v : 地表面から深さ x m における全上載圧 (kN/m²)

σ'_v : 地表面から深さ x m における有効上載圧 (kN/m²)

1.2 液状化の評価結果

(1) 液状化検討対象層の抽出結果

表-22 に液状化検討対象層の抽出結果を示す。なお、ボーリング No. 1 については久米層上端が地下水 TP+3.1 m 以浅にあるため液状化検討対象外となる。

表-22 液状化検討対象層の抽出結果

(a) ボーリング No. 1

地質記号	時代	層相	地表面から20m以内	細粒分含有率 (%)	塑性指数 I _p	D ₅₀ (mm)	液状化検討対象層
B	—	盛土・埋土	○	8.4	17.4	0.347	—
Km	新第三系	砂質泥岩					

(b) ボーリング No. 2

地質記号	時代	層相	地表面から20m以内	細粒分含有率 (%)	塑性指数 I _p	D ₅₀ (mm)	液状化検討対象層
B	—	盛土・埋土	○	8.4	17.4	0.347	—
As	—	砂	○	4.8	—	0.423	○

(c) ボーリング No. 3

地質記号	時代	層相	地表面から20m以内	細粒分含有率 (%)	塑性指数 I _p	D ₅₀ (mm)	液状化検討対象層
B	—	盛土・埋土	○	8.4	17.4	0.347	—
As	—	砂	○	4.8	—	0.423	○
Ag1	沖積	砂礫	○	6.6	—	1.054	○
Ac1	沖積	粘土	○	70.6	54.5	0.046	—

(2) 液状化の判定結果

液状化検討対象層に対する液状化の判定結果を表-23 に示す。

表-23 液状化判定結果

(a) ボーリング No. 2 (Ss-2(NS))

T.P. (m)	層種	N値	廃止措置計画用 設計地震動	
			F L	判定
6.2				
6.0	盛土	4.3	—	—
5.9	埋土	4.3	—	—
4.9	砂	3	—	—
4.0		3	—	—
3.1		3	—	—
2.2		4	0.253	NG
1.2		4	0.239	NG

▼地下水位

判定：OK＝液状化しない、NG＝液状化する

(b) ボーリング No. 3 (Ss-2(EW))

T.P. (m)	層種	N値	廃止措置計画用 設計地震動	
			F L	判定
7.7				
6.7	盛土	4.3	—	—
5.8	埋土	4.3	—	—
4.9	砂	10	—	—
4.0		23	—	—
3.1		45	—	—
2.2		40	13.85	OK
1.5	砂礫	46	24.38	OK
0.9		46	18.58	OK

▼地下水位

判定：OK＝液状化しない、NG＝液状化する

1.3 液状化の対策

液状化の評価結果を踏まえ、砂層が液状化するおそれがあることから、保守的に砂層以浅について地盤改良を行う。

地盤改良の幅については「道路橋示方書・同解説」に基づき算出される地盤の特性係数を用いて算出する。

$$W = \frac{D}{2} + \frac{1}{\beta} \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$\beta = \sqrt[4]{k_h B / 4EI}$$

ここに、 W : 杭芯からの地盤改良の幅 (m)

β : 地盤の特性値 (m^{-1})

k_h : 横方向地盤反力係数 (kN/m^3) = $k_{H0} \cdot (B_H/0.3)^{-\frac{3}{4}}$

k_{H0} : $\frac{1}{0.3} \alpha E_0$

E_0 : $2800 \times N$

B_H : $\sqrt{D/\beta}$

D : 杭幅 (m)

E : 杭の弾性係数 (kN/m^2)

I : 杭の断面二次モーメント (m^4)

ϕ : 内部摩擦角 (地盤改良土については 0° とする)

評価の結果、地盤改良の幅は杭芯から 4.1 m 範囲とする。なお、地盤改良の特性値としては久米層 (砂質泥岩) と同等以上となるよう、圧縮強度を $700 \text{ kN}/\text{m}^2$ と設定した。

2. 不等沈下に対する検討

基礎杭を十分な支持性能を有する久米層（砂質泥岩）に設置するため、不等沈下は発生しない。

別添-3

評価で使った計算機プログラム（解析コード）の概要

1. 概要

「再処理施設に関する設計及び工事の計画（津波漂流物防護柵の設置工事）」において使用した計算機プログラム（解析コード）の概要を示す。使用した計算機プログラムで、他の原子力施設の審査に用いられている実績例も併せて示す。

2. 使用した計算プログラム

項目 \ コード名	NUPP4
対象	分離精製工場(MP)
使用目的	建家・構築物の地震応答解析
開発機関	鹿島建設株式会社
使用したバージョン	Ver. 1.4.13
コードの概要	原子力発電所建屋の地震応答解析用として開発された質点系モデルによる解析コードである。地震応答解析は、線形解析及び非線形解析を時間領域における数値積分により行うことが可能である。
使用実績	日本原子力発電株式会社 東海第二発電所で使用実績あり。

項目 \ コード名	Nshake
対象	分離精製工場(MP)
使用目的	1次元地盤の地震応答解析（建家入力地震動の算定）
開発機関	株式会社ニュージェック
使用したバージョン	Ver. 1.1
コードの概要	重複反射理論に基づく1次元地盤の地震応答解析を行うことが可能な解析プログラムである。地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形化法により考慮することができる。
使用実績	関西電力株式会社 美浜発電所、高浜発電所で使用実績あり。

項目	コード名 SuperFLUSH/3D
対象	分離精製工場(MP)
使用目的	建家解析モデルに用いる底面地盤ばねの算定
開発機関	株式会社構造計画研究所
使用したバージョン	Ver. 3.0A01
コードの概要	薄層要素法に基づき水平、鉛直、回転に対する底面地盤の複素ばね剛性を振動数領域で計算するプログラムである。
使用実績	日本原子力発電株式会社 東海第二発電所で使用実績あり。

項目	コード名 D-PROP
対象	津波漂流物防護柵
使用目的	1次元地盤の地震応答解析（入力地震動の算定）
開発機関	伊藤忠テクノソリューションズ株式会社
使用したバージョン	Ver. 1.1.21
コードの概要	重複反射理論に基づく1次元地盤の地震応答解析を行うことが可能な解析プログラムである。地盤の非線形性はひずみ依存特性を用いて等価線形化法により考慮することができる。
使用実績	東京電力株式会社 柏崎刈羽発電所で使用実績あり。

(別冊 1 - 2 5)

再処理施設に関する設計及び工事の計画

(ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新)

脱硝施設（その2）ウラン脱硝施設

目 次

	頁
1. 変更の概要	1
2. 準拠すべき法令、基準及び規格	2
3. 設計の基本方針	3
4. 設計条件及び仕様	4
5. 工事の方法	8
6. 工事の工程	12

別 図 一 覧

- 別図－1 ウラン脱硝施設 冷水設備の系統概要図（既設）
- 別図－2 ウラン脱硝施設 冷水設備の系統概要図（更新後）
- 別図－3 ウラン脱硝施設 地下1階 機器配置図
- 別図－4 ウラン脱硝施設 1階 機器配置図
- 別図－5 ウラン脱硝施設 冷水設備の計装系統図
- 別図－6 ウラン脱硝施設 機器（冷凍機）構造概要図
- 別図－7 ウラン脱硝施設 機器（膨張水槽）構造概要図
- 別図－8 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新に係る工事フロー

表 一 覧

- 表－1 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新に係る設計条件
- 表－2 更新に用いる機器の仕様
- 表－3 更新に用いる配管の仕様（1／2）～（2／2）
- 表－4 更新に用いる主な配管付属品の仕様
- 表－5 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新に係る工事工程表

1. 変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号）第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 3 年 1 月 14 日付け原規規発第 2101142 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）について、変更認可の申請を行う。

今回、ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新に係る廃止措置計画の変更認可の申請は、昭和 57 年 12 月 4 日に認可（57 安（核規）第 585 号）を受けた「脱硝施設（その 2）ウラン脱硝施設」のうち、冷水設備の一部について、設備の構成及び配置を変更した上で機器を更新するものである。

本冷水設備は、廃止措置の一環として行う工程洗浄を踏まえ、計画保全としてウラン脱硝施設の冷水設備の一部を更新し、高経年化した設備の維持管理を図るものである。

なお、今後の工程洗浄の詳細な検討結果によって、本冷水設備の冷却性能の見直しが必要になった場合は、廃止措置計画の変更認可の申請を行う。

ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新に関する設計及び工事の計画に係る廃止措置計画の変更認可の申請は、昭和 61 年 3 月 28 日の使用前検査合格証（61 安（核規）第 152 号）の取得後、最初のものである。

2. 準拠すべき法令、基準及び規格

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

(昭和 32 年法律第 166 号)

「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」(昭和 46 年総理府令第 10 号)

「再処理施設の技術基準に関する規則」(令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号)

「電気用品安全法」(昭和 36 年法律第 234 号)

「電気設備に関する技術基準を定める省令」(平成 9 年通商産業省令第 52 号)

「日本産業規格(JIS)」

「日本電機工業会標準規格(JEM)」

「電気規格調査会標準規格(JEC)」(電気学会)

「発電用原子力設備規格(JSME)」

「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」

「鋼構造設計基準」

「機械設備工事監理指針」

3. 設計の基本方針

本申請で一部更新を行う冷水設備は、ウラン脱硝施設における脱硝工程機器のオフガス等を冷却する冷水を製造及び供給する設備であり、脱硝工程が停止している間は、冷水の供給は必要ない。このため、万一、脱硝工程の運転中に本冷水設備で異常があった場合は、脱硝工程の停止操作を行うことで施設の安全を維持することができる。また、工事期間中は、脱硝工程が停止しているため、冷水設備を運転する必要はないことから、仮設設備を配置することなく工事を実施する。

本冷水設備の一部更新は、設備の構成及び配置を変更した上で機器を更新するものであり、屋上に設置されている既設の冷凍機 2 基のうち 1 基 (264X881) をウラン脱硝施設の屋外 (地表) に基礎を設けて更新するとともに、補給水槽 (264V883) は、ユーティリティ室 (G0 21) に設ける膨張水槽 (264V883) に更新する。また、配管の一部を更新し、新設冷凍機 (264X881) 及び膨張水槽 (264V883) 並びに既設の冷水ポンプ (264P8821、264P8822) 及び冷却水冷却器 (264H862) を接続し、冷水設備の系統を構成する。冷水設備の系統概要を別図－1 及び別図－2、機器配置を別図－3 及び別図－4 に示す。

当該冷水設備には、温度指示計、圧力指示計等を設ける。計装系統図を別図－5 に示す。

なお、本工事で不要な設備となる既設の冷凍機 (264X881、264X882)、補給水槽 (264V883)、電気室空調機 (264X964)、冷水ポンプ (264P8811、264P8812) 及び一部の冷水配管については、水抜き及び閉止処置を行い、ウラン脱硝施設の廃止措置に併せて適時撤去する。

ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新は、再処理施設の技術基準に関する規則 (令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号) 第 6 条第 1 項、第 11 条第 3 項、第 12 条第 1 項、第 16 条第 2 項及び第 3 項並びに第 17 条第 1 項及び第 2 項に規定する技術上の基準を満足するように行う。

4. 設計条件及び仕様

(1) 設計条件

ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新の範囲は、ユーティリティ室（G0 21）内の一部の冷水配管及び屋上の冷凍機（264X881）並びに補給水槽（264V883）である。また、既設の冷水ポンプ（264P8821、264P8822）及び動力分電盤の電源ユニットは、部品交換等の保守により機能を確保する。また、本冷水設備の一部更新では、既設の制御回路の変更はないが、新設冷凍機の運転及び停止操作が行えるように配線する。

新設冷凍機は、廃止措置段階にあるウラン脱硝施設の運用状況を踏まえた必要な性能を有する冷凍機（補足資料「冷凍機の性能変更に伴う設計熱量の算定」参照）とし、ウラン脱硝施設の屋外（地表）に設けた基礎に据付ボルトで固定し耐震性を確保する。また、新設冷凍機の電源ケーブルは、既設のケーブルラック、ダクト、新設電線管等を用いて難燃性ケーブルを敷設する。

配管は、ウラン脱硝施設のユーティリティ室（G0 21）内の配管を撤去した上で、既設の配管と同等以上の強度及び肉厚を有する配管を用いる。配管の接続は、溶接又はフランジ継手で接続し、漏れ難い構造とする。また、既設のサポートに加え、新たにサポートを増設し、定ピッチスパン法に基づく間隔で配管を支持する。

配管外表面は、塗装を施した上で保温する。また、ステンレス製の既設の配管と炭素鋼製の新設配管のフランジ接続箇所、ステンレス製の新設冷凍機（264X881）と炭素鋼製の新設配管のフランジ接続箇所は、電気的な絶縁処置として絶縁ボルトを用いて接続し、異種金属間接触腐食を抑制する。

本工事で不要な設備となるウラン脱硝施設屋上からユーティリティ室（G0 21）間の配管、電気室（W1 21）内の電気室空調機（264X964）及び配管、屋上の既設の冷凍機（264X881、264X882）及び補給水槽（264V883）並びに配管、サプライヘッダ（264V8813）及びリターンヘッダ（264V8814）、冷水ポンプ（264P8811、264P8812）は、系統内の水抜き後、配管開口部に閉止板の溶接、閉止フランジ、ねじ込み継手等で系統の閉止処置を行う。また、電源ケーブル及び計装ケーブルは、解線処置を行うとともに、制御室では、当該設備に係る制御盤上の表示やスイッチを取り外し、盤面開口部を閉口する。これら不要な設備となる機器類は、接続配管を含め、ウラン脱硝施設の廃止措置に併せて適時撤去する。

ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新に係る設計条件を表－1に示す。

表－1 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新に係る設計条件

名称	設置場所	流体	最高使用温度	最高使用圧力	放射能濃度	溶接機器区分	耐震区分
冷水設備	ウラン脱硝施設及び屋外（地表）	冷水（浄水）	50℃	0.74 MPa	—	—	C

(2) 仕様

新設冷凍機及び膨張水槽は、一般市販品（汎用品）を調達して配置する。

新設冷凍機及び膨張水槽の構造概要図を、それぞれ別図－6及び別図－7に示す。

配管は、既設と同等以上の強度及び肉厚を有するものを用い、必要な弁や継手類の配管付属品を配置する。これらの仕様は、それぞれ表－2、表－3及び表－4に示す。

表－2 更新に用いる機器の仕様

仕様										備考
既設					新設					
名称	性能	最大許容圧力	設置数（基）	設置場所	名称	性能	最大許容圧力	設置数（基）	設置場所	
冷凍機	冷却性能 93,000 kcal/h	0.79 MPa	2	2階屋上	冷凍機	冷却性能 85 kW (約73,000 kcal/h)	1.0 MPa	1	屋外（地表）	別図-6参照
補給水槽	内容積 2.5 m ³	—	1	3階屋上	※膨張水槽	内容積 0.099 m ³	0.8 MPa	1	地下1階（G0 21）	別図-7参照

※ 既設の冷水設備は、補給水槽を用いた開放式循環冷却としていたが、更新後は、膨張水槽を用いた密閉式循環冷却とする。

表－3 更新に用いる配管の仕様（1 / 2）

名称	仕様						備考
	既設			新設			
	材料（適用規格）	呼び径	管の厚さ	材料（適用規格）	呼び径	管の厚さ（スケジュール）	
配管	SGP (JIS G3452)	80A	4.2 mm	STPG370 (JIS G3454)	80A	5.5 mm (Sch40)	直管支持間隔※ 3070 mm 以下
	SGP (JIS G3452)	65A	4.2 mm	STPG370 (JIS G3454)	65A	5.2 mm (Sch40)	直管支持間隔※ 2840 mm 以下
	SGP (JIS G3452)	50A	3.8 mm	STPG370 (JIS G3454)	50A	3.9 mm (Sch40)	直管支持間隔※ 2500 mm 以下

表-3 更新に用いる配管の仕様 (2 / 2)

名称	仕様						備考
	既設			新設			
	材料 (適用規格)	呼び径	管の厚さ	材料 (適用規格)	呼び径	管の厚さ (スケジュール)	
配管	SGP (JIS G3452)	40A	3.5 mm	STPG370 (JIS G3454)	40A	3.7 mm (Sch40)	直管支持間隔※ 2240 mm 以下
	SGP (JIS G3452)	25A	3.2 mm	STPG370 (JIS G3454)	25A	3.4 mm (Sch40)	直管支持間隔※ 1860 mm 以下
	SGP (JIS G3452)	15A	2.8 mm	STPG370 (JIS G3454)	15A	2.8 mm (Sch40)	直管支持間隔※ 1430 mm 以下

※ 配管重量、液体、保温材等を加味し、固有振動数が 20 Hz 以上となる支持間隔を算出

表-4 更新に用いる主な配管付属品の仕様

名称	材料(適用規格)	呼び径	呼び圧力	備考
フランジ	SFVC 1 (JIS G3202)	80A	10K	
	SFVC 1 (JIS G3202)	65A	10K	
	SFVC 1 (JIS G3202)	50A	10K	
	SFVC 1 (JIS G3202)	40A	10K	
	SFVC 1 (JIS G3202)	25A	10K	
	SFVC 1 (JIS G3202)	15A	10K	
弁	FCD-S (JIS B2051)	65A	10K	
	FCD-S (JIS B2051)	50A	10K	
	FCD-S (JIS B2051)	25A	10K	
	FCD-S (JIS B2051)	15A	10K	
ティー	PT370 (JIS B2312)	80A×80A×80A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	65A×65A×65A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	50A×50A×50A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	50A×50A×25A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	25A×25A×25A	10K	
エルボ	PT370 (JIS B2312)	80A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	65A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	50A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	25A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	15A	10K	
レギュレーサ	PT370 (JIS B2312)	80A×50A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	65A×50A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	65A×25A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	50A×25A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	50A×40A	10K	
	PT370 (JIS B2312)	25A×15A	10K	
フレキシブル管	SUS304	50A	10K	

(3) 保守

本冷水設備は、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。保守により交換する部品類は、弁類、継手、計器類、ボルト・ナット、ガスケット、冷凍機及びポンプの消耗部品類であり、適時、これら予備品を入手し、再処理施設保安規定に基づき交換する。また、更新後、経年変化に伴う配管の腐食、漏えい等が発生した場合は、速やかに補修資材等で応急処置を行い、既設と同等以上の性能を有した機器、配管等を用いて保守する。

5. 工事の方法

本申請に係るウラン脱硝施設の冷水設備は、再処理施設の事業指定を受けたものである。本申請における工事については、「再処理施設の技術基準に関する規則」に適合するよう工事を実施し、技術基準に適合していることを試験・検査により適時確認する。

(1) 工事の手順

本冷水設備の一部更新に用いる冷凍機及び膨張水槽は、一般市販品（汎用品）を調達し、所定の位置に基礎を設置した後、機器の仕様を確認した上で現場に搬入し据付ける。冷凍機の基礎は、ウラン脱硝施設の屋外（地表）に設置する。基礎は、設置場所の地表の土砂を掘削及び整地した後、鉄筋及び据付ボルトを配置し、型枠の組み立て及び材料の配合を確認したコンクリートを充填し、乾燥、硬化させる。

膨張水槽の基礎は、ウラン脱硝施設のユーティリティ室（G0 21）に設置する。基礎は、設置場所の床面をはつり、既存の鉄筋と接合するよう配筋するとともに、据付ボルトを配置し、型枠の組み立て及び材料の配合を確認したコンクリートを充填し、乾燥、硬化させる。

本工事を行うに当たっては、事前に冷水設備内の水抜きを行うとともに、冷凍機、冷水ポンプ等の関連設備の電源を遮断する等の隔離処置を行い、工事期間中は、ウラン脱硝施設の脱硝工程は運転しない。

隔離処置後、更新範囲の配管を切断及び撤去するとともに、不要な機器及び配管の開口部は、閉止板の溶接、閉止フランジ、ねじ込み継手等により、系統の閉止処置を行い、壁を貫通している配管は、開口部をモルタルで閉止する。

一部の配管は、材料を入手後、工場での開先加工や配管付属品の溶接を行った上で現場に搬入する。現場では、既設の配管を撤去後、所定の管路となるよう新設配管を配置し、溶接又はフランジで接続する。また、異種金属間のフランジ接続箇所は、絶縁ボルトで接続する。

新設冷凍機と動力分電盤間の電源ケーブル及び制御盤間の計装ケーブルは、既設のケーブルラック、ダクト、新設電線管等を用いて敷設及び接続する。屋外から屋内に敷設する配管及びケーブルは、ウラン脱硝施設のユーティリティ室（G0 21）と屋外の境界扉を加工して施設内へ取り込むとともに、扉と貫通配管等との隙間は、鉄板等

で隙間なく塞ぐ。電源ケーブル及び計装ケーブルの敷設及び接続に当たっては、電源を遮断するとともに、無電圧であることを確認した上で実施する。

これらの工事により、機器、配管等を据付け、試験・検査を適時実施し、その後、更新範囲の配管の塗装及び保温を行う。本工事フローを別図－ 8 に示す。

本工事で実施する試験・検査項目、検査対象、検査方法及び判定基準を以下に示す。

① 材料検査

対 象： 配管、フランジ、据付ボルト等

方 法： 配管、フランジ、据付ボルト等の材料証明書等を確認する。

判 定： 表－ 3、表－ 4、別図－ 6 及び別図－ 7 に示す仕様のとおりでること。

② 冷凍機の性能検査

対 象： 冷凍機

方 法： 冷凍機の冷却性能を機器の性能表等で確認する。

判 定： 冷却性能 79 kW 以上の性能を有していること。

③ 冷凍機の作動確認

対 象： 冷凍機

方 法： 制御室 (G2 13) の制御盤から、冷凍機の運転及び停止操作を行い、制御盤上の表示灯の表示及び現場で冷凍機の作動を確認する。

判 定： 運転操作により表示灯が点灯し、現場で冷凍機が運転すること。また、停止操作で表示灯が消灯し、現場で冷凍機が停止すること。

④ 耐圧・漏えい検査 (1) (耐圧試験)

対 象： 配管

方 法： 最高使用圧力 (0.74 MPa) の 1.5 倍 (1.11 MPa) 以上の水圧をかけて目視で漏えいの有無を確認する。

判 定： 試験圧力が保持されること。また、漏えいがないこと。

⑤ 耐圧・漏えい検査 (2) (通水試験)

対 象： 冷水設備

方 法： 運転圧力による通水を行い、目視により漏えいの有無を確認する。

判 定： 漏えいがないこと。

⑥ 絶縁抵抗検査

対 象： 電源ケーブル

方 法： 動力分電盤から冷凍機までの動力回路に対し、500 V の電圧を印加した

ときの絶縁抵抗を絶縁抵抗計で測定する。

判定：絶縁抵抗値が1 MΩ以上であること。

⑦ 据付・外観検査（1）配管等

対象：配管、フランジ

方法：敷設した配管の系統構成及び外観を目視で確認する。

また、異種金属間のフランジ接続箇所の絶縁処置を目視で確認する。

判定：敷設した配管が別図－2の系統で構成されていること。

配管の外観に有害な傷及び変形がないこと。

異種金属間のフランジ接続箇所は、絶縁ボルトで接続されていること。

⑧ 据付・外観検査（2）配管支持間隔

対象：サポート

方法：配管のサポートの間隔を金尺等で測定する。

判定：配管のサポートの間隔が定ピッチスパン法に基づく間隔の範囲内で支持されていること。

⑨ 据付・外観検査（3）機器の据付状態

対象：冷凍機、膨張水槽

方法：冷凍機及び膨張水槽の外観に有害な傷及び変形がないことを目視で確認する。また、冷凍機及び膨張水槽の据付ボルトのサイズ及び本数を確認するとともに、ボルト間隔を金尺等で測定する。

判定：冷凍機及び膨張水槽の外観に有害な傷、変形がないこと。

冷凍機の据付ボルトのサイズがM24、本数が4本及びボルト間隔が894 mm以上であること。また、膨張水槽の据付ボルトのサイズがM10、本数が4本及びボルト間隔が378 mm以上であること。

⑩ 据付・外観検査（4）配管貫通部

対象：配管貫通部（境界扉と配管との隙間）

方法：貫通部復旧後、外観を目視で確認する。

判定：貫通部に隙間がないこと。

⑪ 据付・外観検査（5）既設配管閉止部

対象：既設配管閉止部

方法：既設配管の閉止部を目視で確認する。

判定：既設配管の開口部が閉止処置されていること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の工事上の注意事項に従い行う。

- ① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に基づき、作業者に係る労働災害の防止に努める。
- ② 本工事においては、冷水設備の一部更新に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した一般作業計画書及び特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。
- ③ 本工事における更新範囲は、冷水設備内の水抜き、弁操作及び電源の遮断処置により隔離する。
- ④ 本工事における水抜き及び通水作業では、現場で系統の確認を行う等、十分に検討を行った要領に従い実施し、溢水を防止する。
- ⑤ 本工事においては、必要に応じて革手袋、保護メガネ等の保護具を着用し、災害防止に努める。また、作業箇所周辺の養生を行う等、配管内の残水の飛散を防止する。
- ⑥ 本工事におけるグラインダーや溶接作業等の火気使用時は、作業区域の可燃物の撤去及び不燃シートによる養生を行い、火災を防止するための必要な処置を講じる。
- ⑦ 本工事における足場作業及び高所作業時は、墜落制止用器具の着用及び使用を徹底し、転落及び墜落災害の防止に努める。
- ⑧ 電気及び計装工事を行う場合は、工事範囲の電源の遮断及び測定器で無電圧を確認するとともに、必要な養生を施し、絶縁手袋等を着用して電気事故を防止する。
- ⑨ 本工事においては、管理区域と非管理区域（屋外）間に配管及びケーブルを敷設するために境界扉を加工し開口を設ける。このため、加工作業中及び扉開放時は、ユーティリティ室（G0 21）への入室を制限し、施設内の負圧が維持されることを確認するとともに、核物質防護上の処置を図る。
- ⑩ 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を適時実施するとともに、必要に応じて除染、遮蔽等の処置を講じ作業者の被ばく及び作業場所の汚染拡大を防止する。
- ⑪ 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

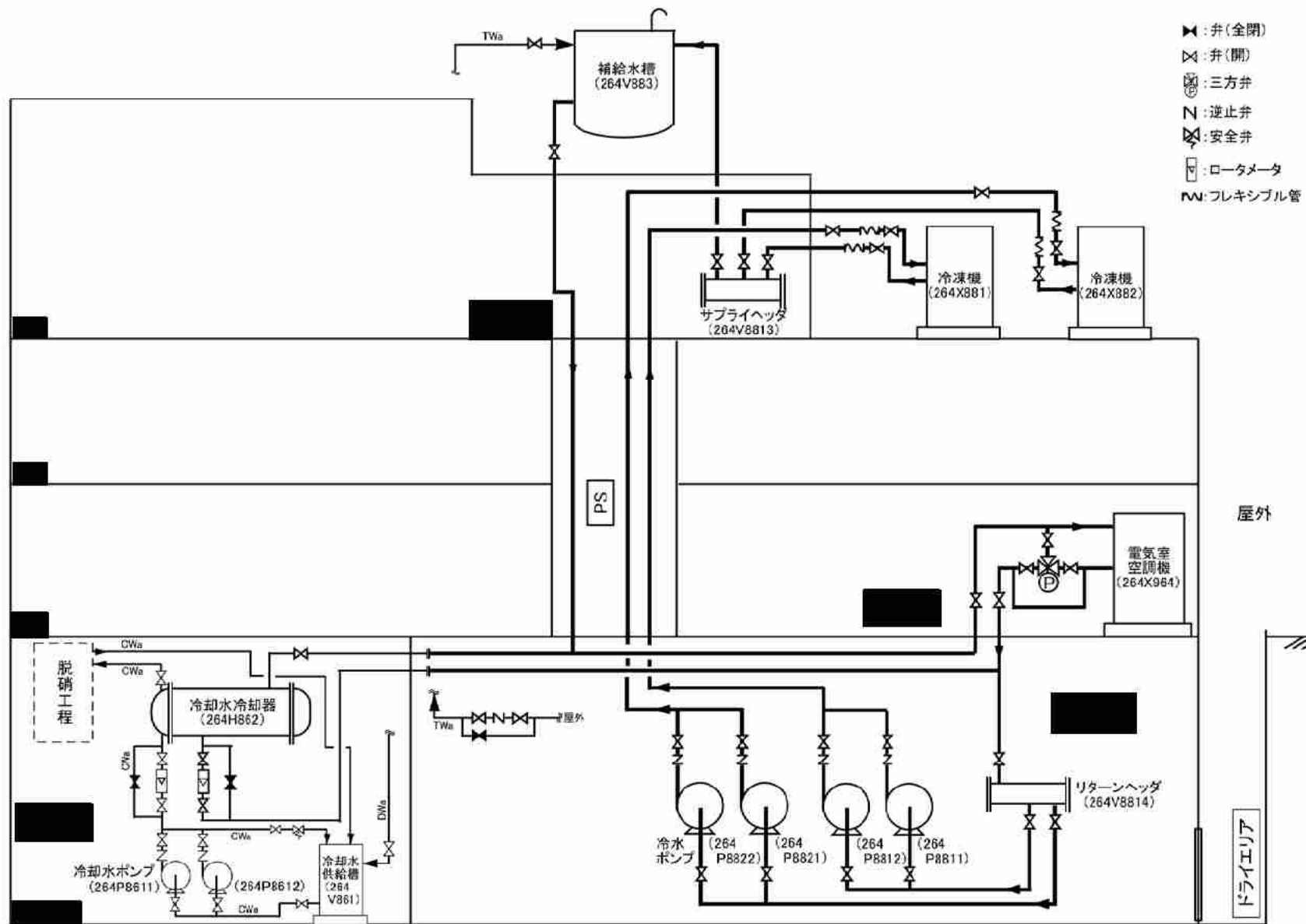
6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表－5に示す。

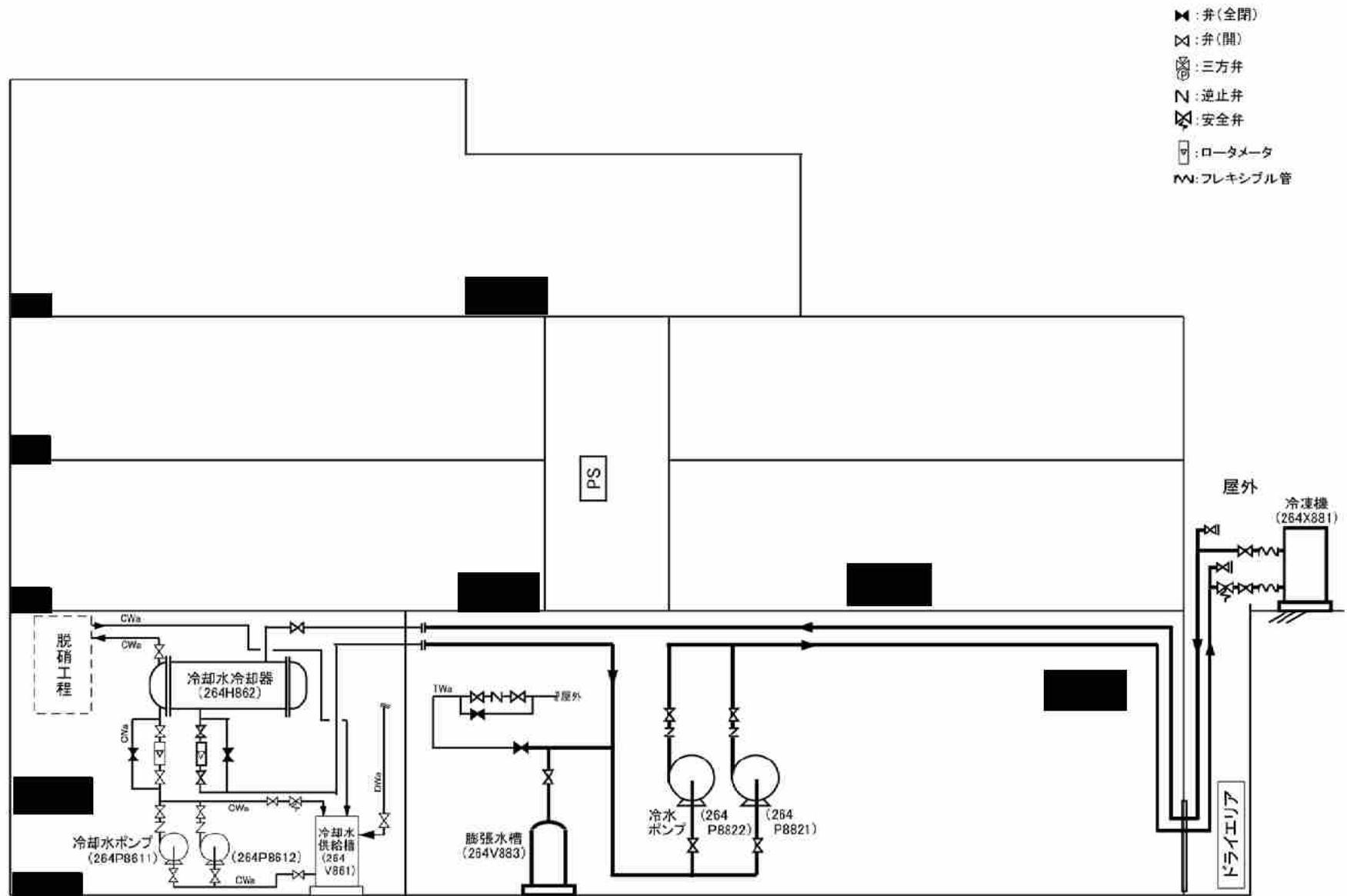
表－5 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新に係る工事工程表

	令和3年度							備考
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	
ウラン脱硝施設の 冷水設備の一部更新								以降、適宜交換
			工 事					

別 図

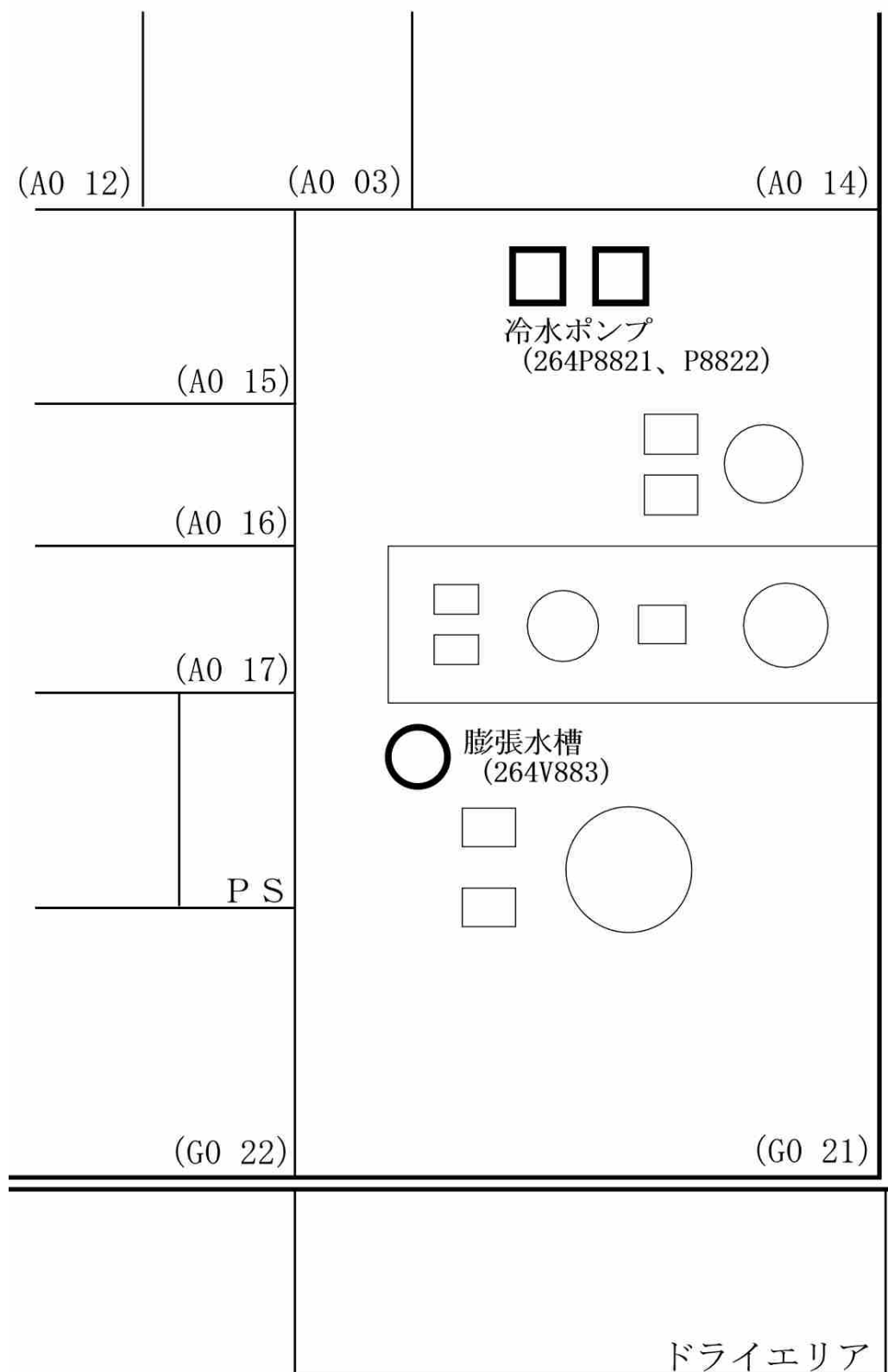


別図-1 ウラン脱硝施設 冷水設備の系統概要図 (既設)

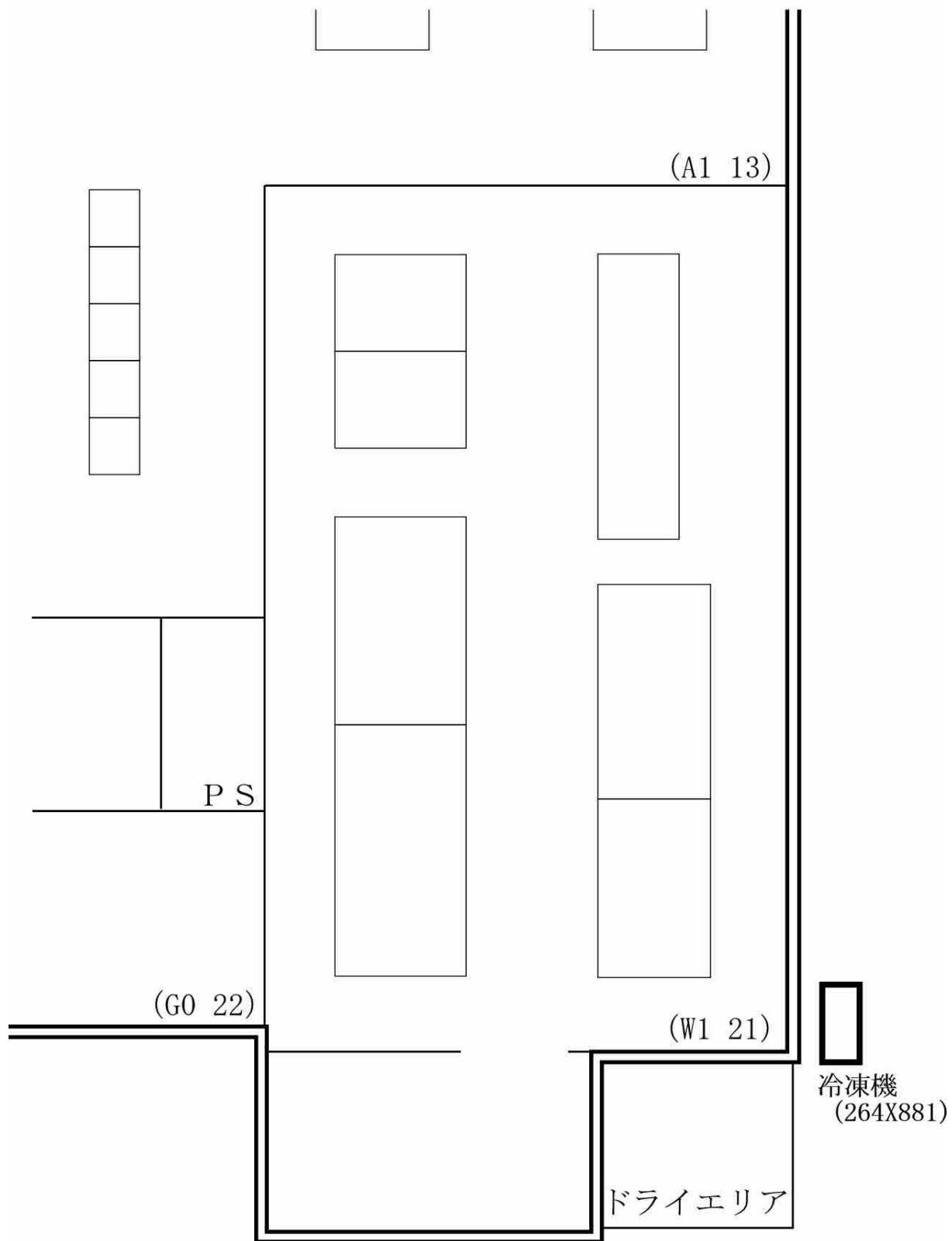


- ◻: 弁(全閉)
- ◻: 弁(開)
- ⊗: 三方弁
- ∩: 逆止弁
- ⊗: 安全弁
- ⊡: ロータメータ
- ≡: フレキシブル管

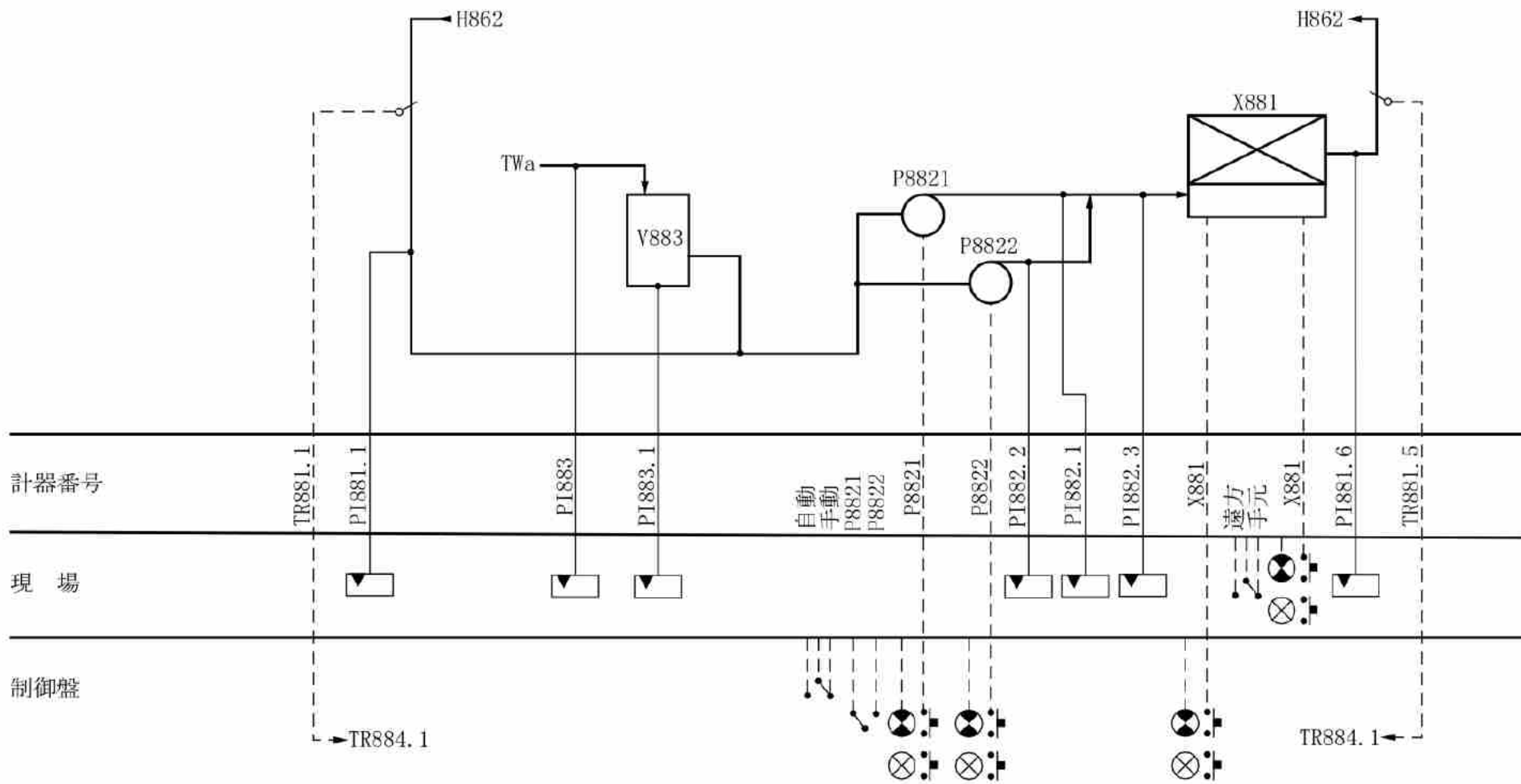
別図-2 ウラン脱硝施設 冷水設備の系統概要図 (更新後)



地下1階平面図

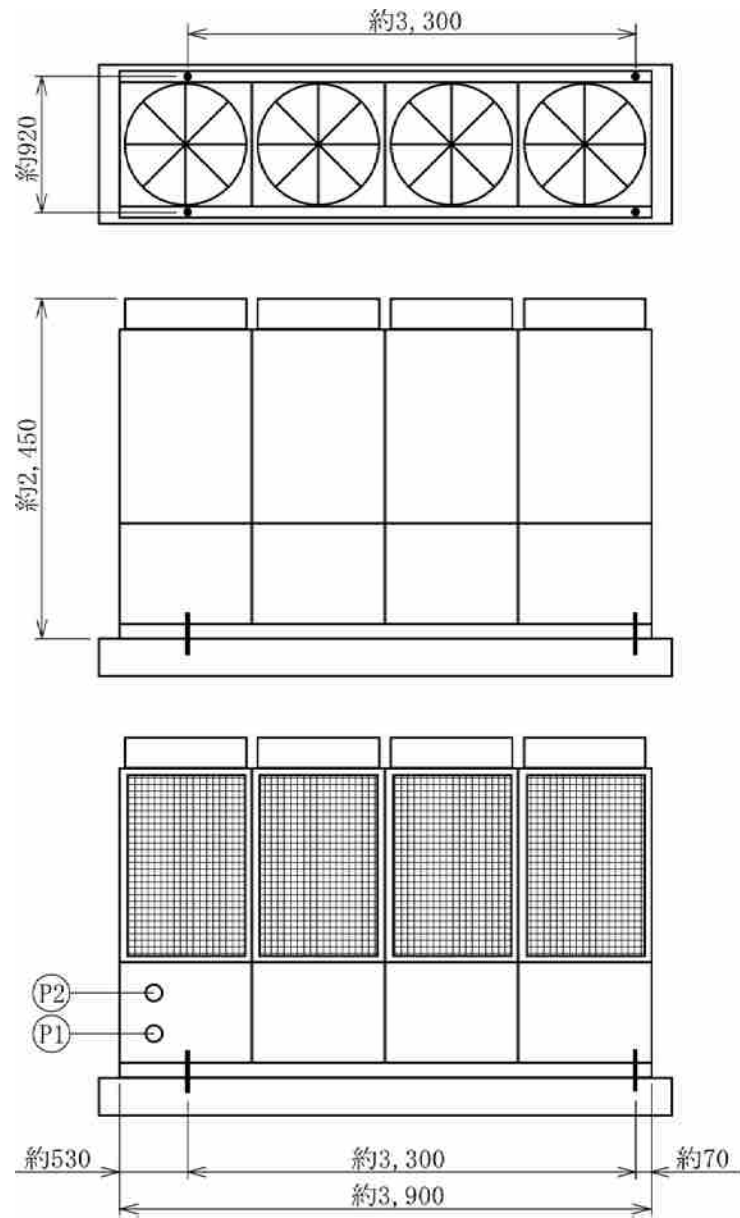


1 階平面図



計装系統図

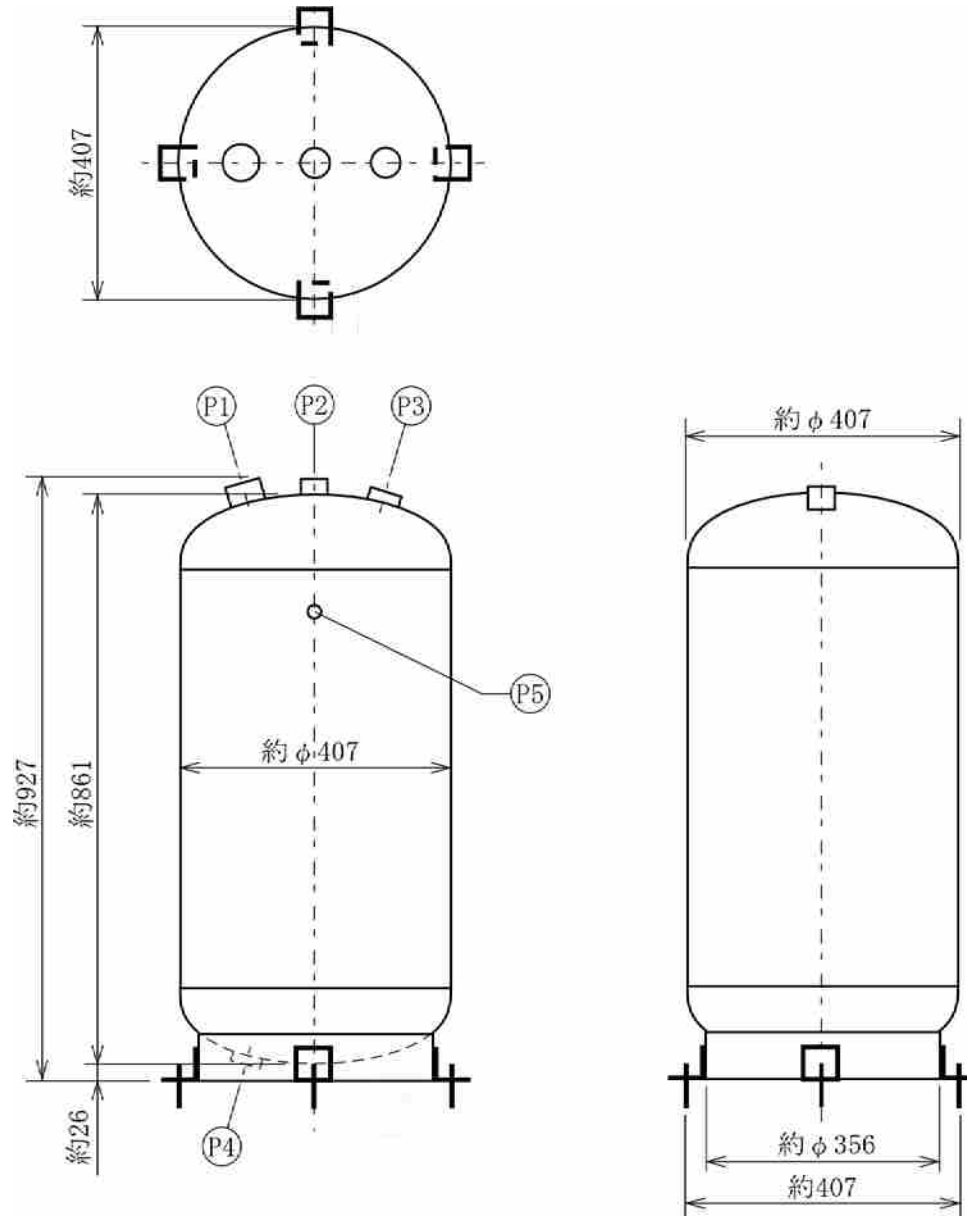
別図－5 ウラン脱硝施設 冷水設備の計装系統図



基数	1		
冷却能力	85 kW (約73,000 kcal/h)		
設置場所	屋外		
流体名	冷水(浄水)		
最大許容圧力	1.0	MPa	
質量(運転質量)	1,260 (1,290)	kg	
据付ボルト	4-M24 (SS400)		
国内法規	—		
ノズル一覧			
符号	名称	呼び径	材質
P1	冷水入口	50A	SUS304
P2	冷水出口	50A	SUS304

(単位：mm)

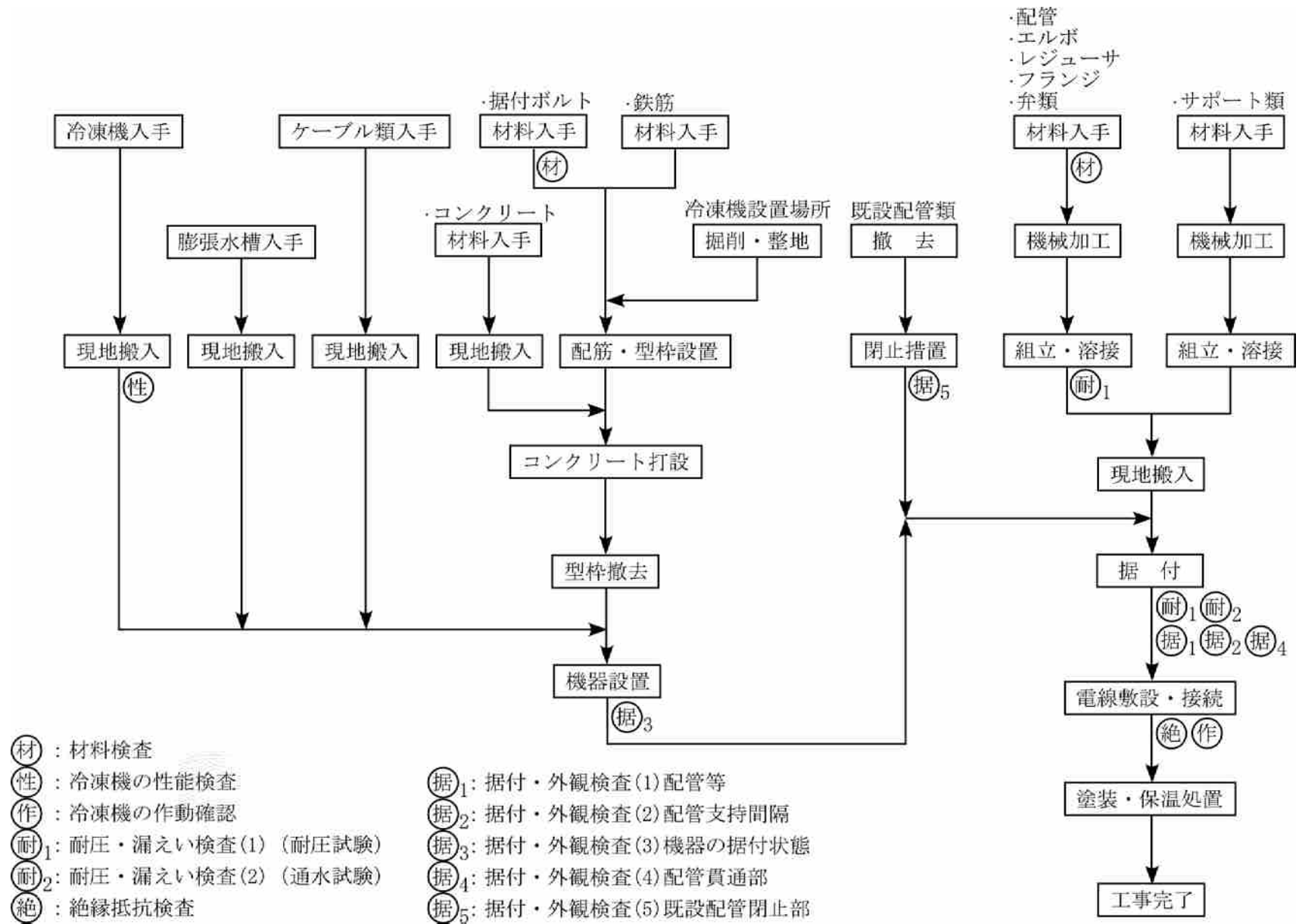
別図－6 ウラン脱硝施設 機器（冷凍機）構造概要図



基数	1		
内容積(吸収容量)	0.099 (0.059) m ³		
設置場所	G0 21		
流体名	冷水(浄水)		
最大許容圧力	0.8 MPa		
質量	45 kg		
材質	SA-414-G 胴板、鏡板 (SGV450相当: JIS G3118)		
据付ボルト	4-M10 (SS400)		
国内法規	第二種圧力容器		
ノズル一覧			
符号	名称	呼び径	材質
P1	空気封入口	6A	SA-181-70 (SF490A相当: JIS G3201)
P2	配管接続口	25A	SA-182F304 (SUSF304相当: JIS G3214)
P3	上部点検口	32A	SA-181-70 (SF490A相当: JIS G3201)
P4	下部点検口	32A	SA-181-70 (SF490A相当: JIS G3201)
P5	圧力計口	6A	SA-181-70 (SF490A相当: JIS G3201)

(単位: mm)

別図-7 ウラン脱硝施設 機器(膨張水槽) 構造概要図



別図－８ ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新に係る工事フロー

添 付 書 類

1. 申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」
との適合性
2. 申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の
規制に関する法律」第44条第1項の指定若しくは同法
第44条の4第1項の許可を受けたところ又は同条第2
項の規定により届け出たところによるものであること
を説明した書類

1. 申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」
との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条	定義	—	—	—
第二条	特殊な設計による再処理施設	無	—	—
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	無	—	—
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	—	—
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	—	—
第六条	地震による損傷の防止	有	第1項	別紙-1に示すとおり
第七条	津波による損傷の防止	無	—	—
第八条	外部からの衝撃による損傷の防止	無	—	—
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	—	—
第十条	閉じ込めの機能	無	—	—
第十一条	火災等による損傷の防止	有	第3項	別紙-2に示すとおり
第十二条	再処理施設内における ^{いっ} 溢水による損傷の防止	有	第1項	別紙-3に示すとおり
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	—	—
第十四条	安全避難通路等	無	—	—
第十五条	安全上重要な施設	無	—	—
第十六条	安全機能を有する施設	有	第2、3項	別紙-4に示すとおり
第十七条	材料及び構造	有	第1、2項	別紙-5に示すとおり
第十八条	搬送設備	無	—	—
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	—	—
第二十条	計測制御系統施設	無	—	—
第二十一条	放射線管理施設	無	—	—

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第二十二条	安全保護回路	無	—	—
第二十三条	制御室等	無	—	—
第二十四条	廃棄施設	無	—	—
第二十五条	保管廃棄施設	無	—	—
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	—	—
第二十七条	遮蔽	無	—	—
第二十八条	換気設備	無	—	—
第二十九条	保安電源設備	無	—	—
第三十条	緊急時対策所	無	—	—
第三十一条	通信連絡設備	無	—	—
第三十二条	重大事故等対処施設の地盤	無	—	—
第三十三条	地震による損傷の防止	無	—	—
第三十四条	津波による損傷の防止	無	—	—
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	—	—
第三十六条	重大事故等対処設備	無	—	—
第三十七条	材料及び構造	無	—	—
第三十八条	臨界事故の拡大を防止するための設備	無	—	—
第三十九条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	—	—
第四十条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	—	—
第四十一条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	—	—
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	—	—
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	—	—

技 術 基 準 の 条 項		評価の必要性の有無		適 合 性
		有・無	項・号	
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	—	—
第四十五条	重大事故等への対処に必要なとなる水の供給設備	無	—	—
第四十六条	電源設備	無	—	—
第四十七条	計装設備	無	—	—
第四十八条	制御室	無	—	—
第四十九条	監視測定設備	無	—	—
第五十条	緊急時対策所	無	—	—
第五十一条	通信連絡を行うために必要な設備	無	—	—
第五十二条	電磁的記録媒体による手続	無	—	—

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

2 耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

3 耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

1 ウラン脱硝施設の冷水設備（耐震分類 C 類）は、冷凍機（264X881）及び膨張水槽（264V883）の配置を変更して更新するが、耐震クラスの変更はない。また、新たに基礎を設け、その上に機器を配置し、据付ボルトで固定することで転倒を防止する。配管は、すべて定ピッチスパン法に基づく間隔で支持し、地震力に対してその安全性が損なわれるおそれがないように設置する。

第十一条（火災等による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより再処理施設の安全性に著しい支障が生ずるおそれがある場合において、消火設備（事業指定基準規則第五条第一項に規定する消火設備をいう。以下同じ。）及び警報設備（警報設備にあつては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発するものに限る。以下同じ。）が設置されたものでなければならない。

- 2 前項の消火設備及び警報設備は、その故障、損壊又は異常な作動により安全上重要な施設の安全機能に著しい支障を及ぼすおそれがないものでなければならない。
- 3 安全機能を有する施設であつて、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。
- 4 有機溶媒その他の可燃性の液体（以下この条において「有機溶媒等」という。）を取り扱う設備は、有機溶媒等の温度をその引火点以下に維持すること、不活性ガス雰囲気中有機溶媒等を取り扱うことその他の火災及び爆発の発生を防止するための措置が講じられたものでなければならない。
- 5 有機溶媒等を取り扱う設備であつて、静電気により着火するおそれがあるものは、適切に接地されているものでなければならない。
- 6 有機溶媒等を取り扱う設備をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室のうち、当該設備から有機溶媒等が漏えいした場合において爆発の危険性があるものは、換気その他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。

- 7 硝酸を含む溶液を内包する蒸発缶のうち、リン酸トリブチルその他の硝酸と反応するおそれがある有機溶媒（爆発の危険性がないものを除く。次項において「リン酸トリブチル等」という。）が混入するおそれがあるものは、当該設備の熱的制限値を超えて加熱されるおそれがないものでなければならない。
- 8 再処理施設には、前項の蒸発缶に供給する溶液中のリン酸トリブチル等を十分に除去し得る設備が設けられていなければならない。
- 9 水素を取り扱う設備（爆発の危険性がないものを除く。）は、適切に接地されているものでなければならない。
- 1 0 水素の発生のおそれがある設備は、発生した水素が滞留しない構造でなければならない。
- 1 1 水素を取り扱い、又は水素の発生のおそれがある設備（爆発の危険性がないものを除く。）をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室は、当該設備から水素が漏えいした場合においてもこれが滞留しない構造とすることその他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。
- 1 2 ジルコニウム金属粉末その他の著しく酸化しやすい固体廃棄物を保管廃棄する設備は、水中における保管廃棄その他の火災及び爆発のおそれがない保管廃棄をし得る構造でなければならない。
- 3 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新は、冷凍機（264X881）の配置を変更して更新するため、新たに敷設する電源ケーブルや計装ケーブルは、難燃性のものを使用する。また、工事期間中の火気使用時は、作業区域の可燃物の撤去及び不燃シートによる養生を行い、火災を防止するための必要な処置を講じる。

第十二条（再処理施設内における^{いっ}溢水による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、再処理施設内における^{いっ}溢水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

- 1 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新は、更新する配管の近傍に溢水の影響により安全性を損なうおそれがある施設はない。

なお、工事期間中の水抜き及び通水作業では、現場で系統の確認を行う等、十分に検討を行った要領に従い実施し、溢水を防止する。

第十六条（安全機能を有する施設）

安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

- 2 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。
- 3 安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。
- 4 安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。
- 5 安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

- 2 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新は、設備の構成及び配置を変更した上で機器を更新するものであるが、脱硝工程の停止中に冷水設備の検査又は試験が可能であり、冷水設備の健全性及び能力を確認するための検査又は試験に影響を与えない。
- 3 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新は、設備の構成及び配置を変更した上で機器を更新するものであるが、脱硝工程の停止中に冷水設備の適切な保守及び修理が可能であり、冷水設備の機能を維持するために行う保守及び修理に影響を与えない。

第十七条（材料及び構造）

安全機能を有する施設に属する容器及び管並びにこれらを支持する構造物のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なもの（以下この項において「容器等」という。）の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号及び第三号の規定については、法第四十六条第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。

- 一 容器等に使用する材料は、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有すること。
- 二 容器等の構造及び強度は、次に掲げるところによるものであること。
 - イ 設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えること。
 - ロ 容器等に属する伸縮継手にあつては、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じないこと。
 - ハ 設計上定める条件において、座屈が生じないこと。
- 三 容器等の主要な溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。以下同じ。）は、次に掲げるところによるものであること。
 - イ 不連続で特異な形状でないものであること。
 - ロ 溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。
 - ハ 適切な強度を有するものであること。
 - ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。

- 2 安全機能を有する施設に属する容器及び管のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。

1 ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新は、既設の配管と同等以上の強度及び肉厚を有する配管を用いる。配管の接続は、溶接又はフランジ継手で接続し、漏れ難い構造とする。また、配管外表面は、塗装を行い耐食性を確保する。

異種金属間のフランジ接続箇所は、電気的な絶縁処置として絶縁ボルトを用いて接続し、異種金属間接触腐食を抑制する。

これらのことから、ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新は、設計上要求される強度及び耐食性を確保できる。

2 本申請に係る配管の更新箇所は、耐圧・漏えい検査を行い、これに耐え、かつ、漏えいがないことを試験、検査により確認する。

2. 申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第44条第1項の指定若しくは同法第44条の4第1項の許可を受けたところ又は同条第2項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第 5 条第 6 項において読み替えて準用する同法第 4 条第 1 項の規定に基づき、独立行政法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和 2 年 4 月 22 日付け令 02 原機（再）007 により届出を行っているところによる。

冷凍機の性能変更に伴う設計熱量の算定

1. 既設の冷水設備概要

ウラン脱硝施設には、脱硝工程から生じる工程廃気の冷却や洗浄、蒸発缶や溶解槽等から発生する蒸発蒸気及び分解ガスの凝縮、機器の熱除去等の冷却を行うための設備が設けられている。冷却系統設備の概要図を図-1 に示す。

冷却系統設備は、次の一次側及び二次側の系統で脱硝工程機器等を冷却している。

- ・一次側冷却水系統：脱硝工程機器を直接冷却し、冷却水冷却器で熱交換する系統。
- ・二次側冷水系統：冷却水冷却器で一次側と熱交換し、冷凍機で再冷却するとともに熱を大気へ放熱する系統（更新する系統）。

なお、二次側の冷水系統の冷水設備は、冷凍機 1 基に対し冷水ポンプ 2 基を 1 組とし、熱負荷の増加に応じて 2 組目の冷凍機及び冷水ポンプを並列で運転する。

2. 冷凍機の性能変更

(1) 廃止措置段階にあるウラン脱硝施設の運用状況

ウラン脱硝施設の冷水設備の一部更新は、1 項に示す二次側の冷水設備の一部を更新するものであり、設備の構成及び配置を変更するとともに、冷凍機の性能を既設より下げる変更を行う。表-1 に冷水設備の熱負荷及び各設計熱量一覧を示すが、変更にあたっては、以下のウラン脱硝施設の運用状況等を踏まえ、必要な脱硝工程機器の最大設計熱量を冷却できるように設計する。

- ・冷水設備は、図-1 に示す冷却水冷却器を介して脱硝工程機器を冷却するとともに、直接空気圧縮機及び電気室空調機が冷却できるように設置されているが、このうち、空気圧縮機と電気室空調は使用していない。
- ・ウラン脱硝施設の脱硝工程は、受入れ・蒸発濃縮・脱硝を行う脱硝操作、脱硝操作を終えた後、脱硝塔の洗浄を行う操作がある。また、脱硝塔内で塊状の UO_3 が発生した場合に溶解を行える操作があるが、本操作の運転実績はほぼない。

(2) 運用状況等を踏まえた冷凍機の設計熱量

上記の廃止措置段階にあるウラン脱硝施設の運用状況を考慮し、ウラン脱硝施設における必要な冷却性能は、脱硝操作時における最大設計熱量（約 79 kW）を賄えるもので充分であり、これを冷却可能な冷凍機性能（85 kW）に変更する。

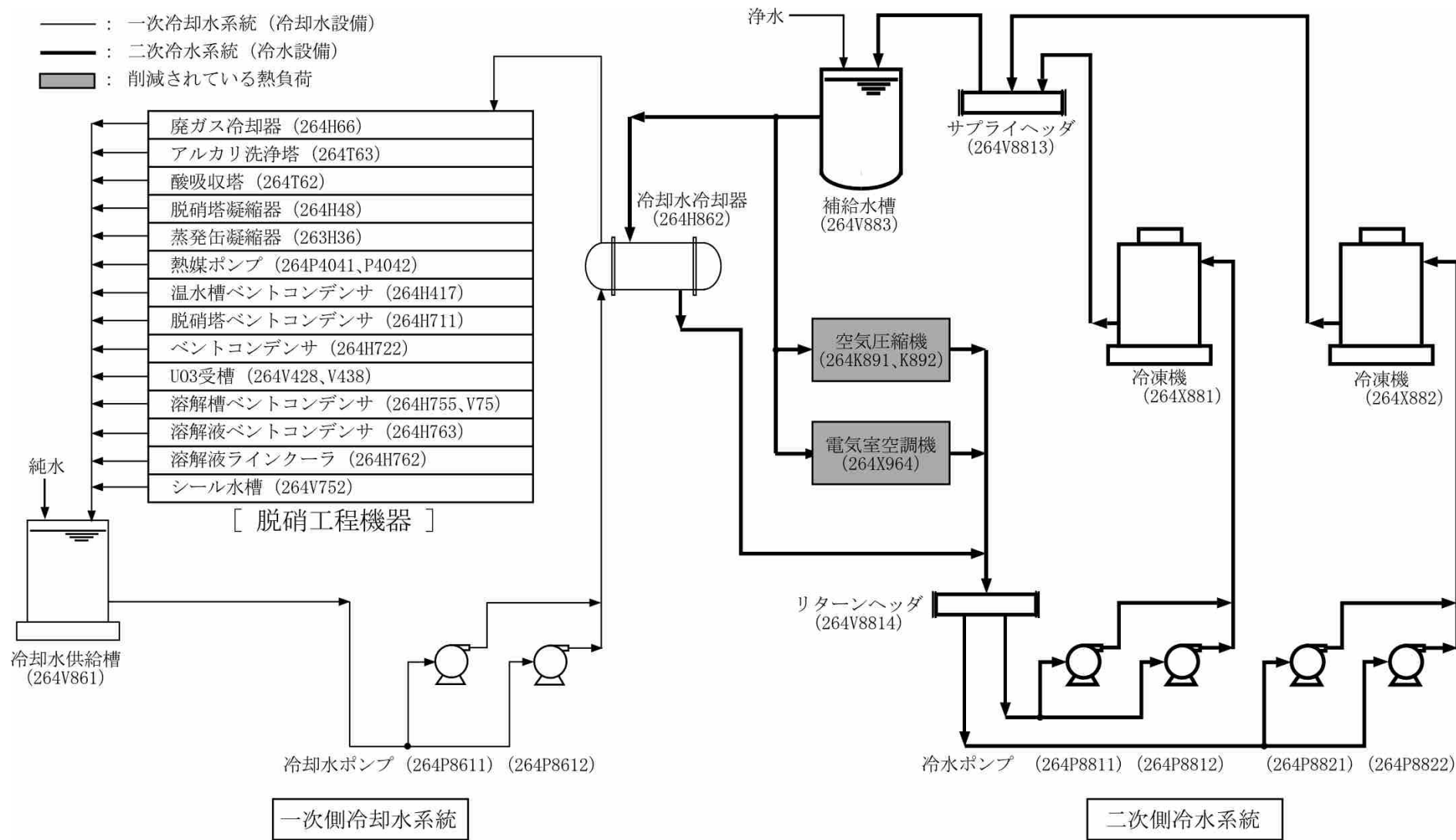


図-1 ウラン脱硝施設の冷却系統設備(既設)の概要図

表-1 冷水設備の熱負荷及び設計熱量一覧

脱硝工程	脱硝工程機器 (機器番号)	建設時設計	脱硝操作時	脱硝塔の洗浄時	溶解操作時
		kW (kcal/h)	kW	kW	kW
廃気系	廃ガス冷却器 (264H66)	1.396 (1,200)	1.396	1.396	1.396
	アルカリ洗浄塔 (264T63)	2.094 (1,800)	2.094	2.094	2.094
	酸吸収塔 (264T62)	6.978 (6,000)	6.978	—	—
脱硝系	脱硝塔凝縮器 (264H48)	18.608 (16,000)	18.608	—	—
	蒸発缶凝縮器 (263H36)	43.031 (37,000)	43.031	—	—
	熱媒ポンプ (264P4041、P4042)	5.815 (5,000)	5.815	—	—
	温水槽ベントコンデンサ (264H417)	0.004 (3)	0.004	—	—
	脱硝塔ベントコンデンサ (264H711)	0.408 (350)	—	0.408	—
	ベントコンデンサ (264H722)	0.007 (6)	—	0.007	—
	UO3受槽 (264V428、V438)	0.233 (200)	0.233	—	—
溶解系	溶解槽ベントコンデンサ (264H755、V75)	1.512 (1,300)	—	—	1.512
	溶解液ベントコンデンサ (264H763)	0.014 (12)	—	—	0.014
	溶解液ラインクーラ (264H762)	3.141 (2,700)	—	—	3.141
	シール水槽 (264V752)	3.489 (3,000)	—	—	3.489
ユーティリティ系	圧空設備 (264K891、K892)	18.608 (16,000)			
	電気室空調機 (264X964)	15.585 (13,400)			
最大設計熱量		120.919 (103,971)	78.159	3.905	11.646

設計熱量は、旧単位 (kcal/h) をSI単位に換算 (1 kcal/h = 1.163 W) し、保守的に切り上げた数値 (kW) を示す。