

## 漂流物の影響防止施設として設ける津波漂流物防護柵について

## (再処理施設に関する設計及び工事の計画)

## 【概要】

- 「再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書の一部補正」(令和2年5月29日申請)において、高放射性廃液貯蔵場(HAW)、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒(以下「防護対象施設」という。)を、廃止措置計画用設計津波(以下「設計津波」という。)の遡上に伴い発生することが想定される漂流物(代表漂流物)の衝突から防護するために、漂流物の影響防止施設を設けることとした。
- 漂流物の影響防止施設の捕捉対象とする漂流物は、漂流物の検証結果に基づき、建家外壁において防護が可能な漂流物(流木(約0.55 t))を超える影響をもたらす代表漂流物とした(最大のもので還水タンク(約14 t))。
- 漂流物の影響防止施設は、新たに設ける津波漂流物防護柵と、既存の分離精製工場(MP)建家から構成することとし、分離精製工場(MP)建家が漂流物の影響防止施設として期待できることを以下の評価により確認した。
  - ・ 廃止措置計画用設計地震動に対する建家の地震応答解析に基づき、建家は設計地震動に対する耐震性を有することを確認した。
  - ・ 設計津波から受ける波力と、漂流物の衝突荷重の重畳又は余震との重畳時に作用する荷重より建家の保有水平耐力が上回ることから、設計津波に対して建家は倒壊しないことを確認した。
- 遡上解析及び漂流物の軌跡解析の結果と、分離精製工場(MP)建家位置等に基づき津波漂流物防護柵の配置及び設計を行った。
  - ・ 支柱は外径1600 mm、管肉厚19 mmの鋼管杭を使用し、基本として9.5 m間隔で設置する。
  - ・ 支柱を支える基礎杭は支持地盤(砂質泥岩)まで打ち込み、支持地盤以浅周辺は地盤補強を行う。
  - ・ ワイヤロープはロープ径25 mmの構造用ワイヤロープ(7本撚り)を、高さ方向に300 mm間隔で設置する。捕捉面上端高さは、津波浸水高さと同レベルの高さを考慮してT.P.+13.4 mとする。(設置場所の地上高をT.P.+6 mとすると、縦方向のワイヤロープ本数は25本となる。)
  - ・ 津波漂流物防護柵は漂流物の想定侵入経路に応じて4か所に分けて設置することとし、それらの総延長は約220 m、支柱の総本数は29本となる。
- 上記の対策に加え、前回の東海再処理監視チームにおいて説明している津波流況解析では漂流物が引き波によって防護対象施設へ到達することはないと判断しているものの、昨年6月の原子力規制委員会での引き波に関する指摘を踏まえて、構内を走行する核サ研内の公用車(中型バス 約9.7 t)の漂流(引き波の流速2 m/s)を想定した予防的な防護対策を行う計画であり、詳細については令和3年4月の廃止措置計画変更申請で示す。

令和3年1月28日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

# 漂流物の影響防止施設として設ける 津波漂流物防護柵の設計及び工事の計画の概要について

## 1. 概要

「再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書の一部補正」（令和2年5月29日申請）において、高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及び第二付属排気筒（以下「防護対象施設」という。）を、廃止措置計画用設計津波（以下「設計津波」という。）の遡上に伴い発生することが想定される漂流物（代表漂流物）の衝突から防護するために、漂流物の影響防止施設を設けることとした。

漂流物の影響防止施設は、設計津波の遡上方向及び漂流物の軌跡等を考慮して防護対象施設までの漂流物の侵入経路途中に設置し、漂流物を捕捉することで、漂流物を防護対象施設の外壁等に到達させないことをその機能とする。なお、漂流物の影響防止施設の捕捉対象とする漂流物（設計上考慮する最大の漂流物）としては、建家外壁において防護が可能な漂流物（流木（約0.55 t））を超える影響をもたらす代表漂流物（最大のものは還水タンク（約14 t））とする。

漂流物の影響防止施設は、新たに設ける津波漂流物防護柵と、既存の分離精製工場（MP）建家から構成する。以下では、新たに設置する津波漂流物防護柵の設計及び工事の概要を示すとともに、津波漂流物防護柵の配置を計画する上で前提となる、分離精製工場（MP）建家が漂流物の影響防止施設として機能し得るものであることを示す。

## 2. 設計

### 2.1 漂流物の影響防止施設の構成

#### 2.1.1 施設の目的

漂流物の影響防止施設は、設計津波の遡上に伴い防護対象施設に向かって流れてくる漂流物を防護対象施設の外壁に衝突（到達）させないことを目的とし、目的達成の方法としては、防護対象施設の周囲の漂流物の侵入経路上において漂流物を捕捉しその侵入を防止できるように、障害となる施設を設置することである。

したがって、漂流物の影響防止施設の構成及び配置は、設計津波の遡上解析の結果（流況）に基づき想定される津波の侵入経路、漂流物の特徴（大きさ、質量等）、漂流物の発生位置及び漂流後の軌跡解析の結果等を考慮して定める。

また、求められる機能としては、設計津波による波力及び侵入を阻止する漂流物の衝突荷重に耐えるとともに、津波の起因である地震（廃止措置計画用設計地震動を想定する。）による地震力に対しても耐えるものとする。

#### 2.1.2 施設の構成

漂流物の影響防止施設は、新たに設ける津波漂流物防護柵と、既存の分離精製工場（MP）

建家から構成する。津波の遡上方向と想定される漂流物の侵入経路及びそれらの施設の配置関係の概要を図 1に示す。

再処理施設の東側（太平洋側正面）には常陸那珂火力発電所が立地していることから、津波の再処理施設敷地内への遡上方向としては、再処理施設の北東側の新川河口付近から南東方向に向けてと、常陸那珂火力発電所の南側にある常陸那珂港（再処理施設の南東側）から北西方向に向けての2方向が想定される。したがって、これら2方向からの遡上波に伴って漂流物が高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に向けて流れ込むことが予想される。

分離精製工場（MP）建家は、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の北側、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の東側のそれぞれ近傍に位置していることから、これらの防護対象施設に津波が侵入する経路上に存在している。また、

の鉄筋コンクリート造建築物であり、漂流物の影響防止施設として要求される要件（配置及び強度の要求）を満たしたものであることから、分離精製工場（MP）建家（鉄筋コンクリート造部分）を漂流物の影響防止施設とする。なお、強度の要求を満たしていることの確認は 2.2 にて示す。

一方で、分離精製工場（MP）建家によって閉塞できない侵入経路上には、新たに漂流物防護柵を設け、漂流物を捕捉する。設置箇所は、分離精製工場（MP）の南側から高台までの間（図 1の下図の漂流物防護柵（A））と、分離精製工場（MP）の西側からガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の北側を通過して津波の浸水深が浅くなる位置まで（図 1の下図の漂流物防護柵（B））の2か所とする。

なお、引き波による漂流物については、遡上解析と軌跡解析の結果に基づき、敷地西側から高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に到達することはないと判断している。ただし、引き波の最大流速が約2 m/sと有意であることを踏まえ、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の西側から公用車等が漂流物として流れ込むことを保守的に仮定し、予防的に防護対策を行う。

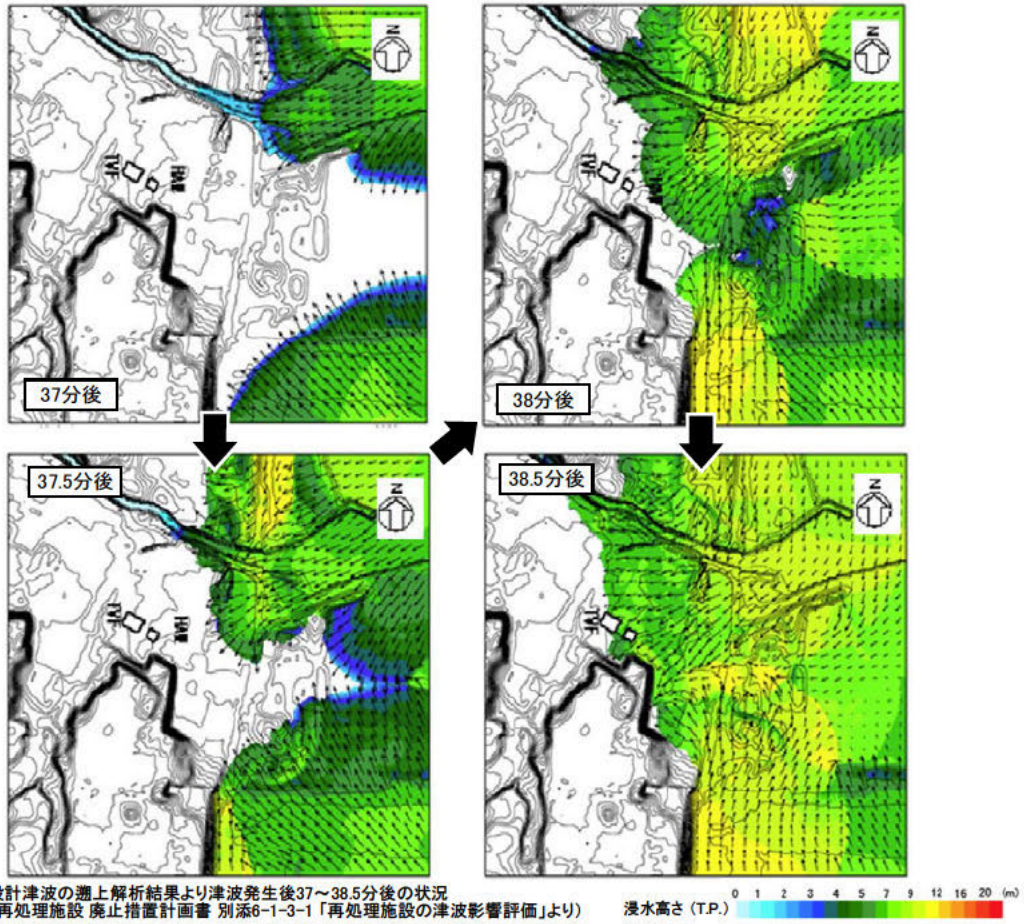


図 1 津波の遡上状況を考慮した漂流物の影響防止施設の配置概念





## 2.2 漂流物の影響防止施設としての機能に係る分離精製工場（MP）建家の評価

### 2.2.1 漂流物の影響防止施設としての要求条件

漂流物の影響防止施設は、設計津波の遡上に伴い防護対象施設に向かって漂流してくる漂流物を防護対象施設の外壁に衝突（到達）させないことを目的としている。したがって、漂流物の影響防止施設として分離精製工場（MP）建家に求める性能は、漂流物の侵入を建家全体の構造によって阻害し、建家の位置において漂流物を捕捉することである。すなわち、建家の耐力によって設計津波の波力及び漂流物の衝突を受け止め、その位置で漂流物を停止させ、その後においても漂流物が防護対象施設に到達しないように、障害物として建家が存続していることである。

この性能を保持するために、分離精製工場（MP）の建家は遡上波による波力及び漂流物の衝突荷重に対して、外壁等の一部の部材が損傷したとしても、建家全体の構造が損なわれず（建家が倒壊せず）、漂流物の影響防止施設として存続し得るものであることが必要である。

また、津波の遡上に先立って発生する地震に対して十分な耐震性を有する必要があることから、廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）による地震力が作用した後においても漂流物の捕捉機能が保持できるものとする。具体的には、設計地震動による地震力に対して施設全体の終局耐力が妥当な安全余裕を有すると共に、建家を支える地盤は十分な支持性能を持つことが前提として必要である。

### 2.2.2 評価方針

分離精製工場(MP)建家は、設計地震動(Ss-D、 Ss-1、 Ss-2)に対して漂流物の影響防止施設として十分な耐震性を有することを確認する。また、設計津波による波力及び漂流物の衝突による荷重に対して建家全体の構造が損なわれないことを確認する。

#### (1) 地震に対する評価方針

設計地震動（Ss-D、Ss-1、Ss-2）に対して、分離精製工場（MP）建家が十分な耐震性を有することを確認する。

設計地震動は敷地の解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動とする。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（G.L. -309 m）とする。建家基礎底面への入力地震動は解放基盤表面から建家基礎面までの地盤の物性値（表 1）に基づき、等価線形化法により地盤の非線形性を考慮して算出する（図 3）。

表 1 地盤の物性値

標高 T. P. (m)	地質名	地層 分類	湿潤密度 $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> )	動ポアソン 比 $\nu_d$	動せん断 弾性係数 $G_0$ (MN/m <sup>2</sup> )
1.0					
-10.0	久米層	Km1	1.77	0.455	427
-62.0		Km2	1.77	0.451	466
-92.0		Km3	1.77	0.447	515
-118.0		Km4	1.77	0.444	549
-169.0		Km5	1.77	0.440	596
-215.0		Km6	1.77	0.436	655
-261.0		Km7	1.77	0.431	711
-303.0		▽解放基盤表面	Km8	1.77	0.426
	解放基盤		1.77	0.417	867

建家の地震応答解析は、建物・構築物の形状、構造特性等を考慮した質点系の解析モデルを水平（NS、EW）方向及び鉛直（UD）方向ごとに設定し、実施する。水平方向及び鉛直方向の解析モデルを図 4～図 6に示す。建家の減衰はひずみエネルギー比例型とし、減衰定数は鉄筋コンクリート造部で3%、鉄骨造部で2%とする。建家部材の材料定数を表 2に示す。

表 2 建家部材の材料定数

対象	設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$
コンクリート	20.6	$2.15 \times 10^4$	0.2

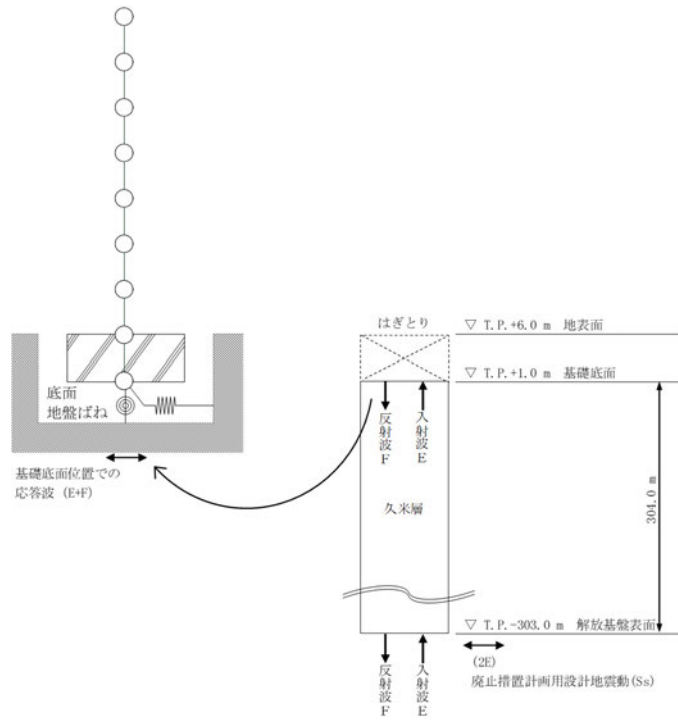
対象	基準強度 $F$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E$ (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$
鉄骨（鋼材）	235	$2.05 \times 10^5$	0.3

評価では、耐震壁に生じるせん断ひずみ及び接地圧を算出し、評価基準値を超えないことを確認する。また、接地率を算出し、基礎浮き上がりの評価法の適用範囲内であることを確認する。評価基準値を表 3に示す。

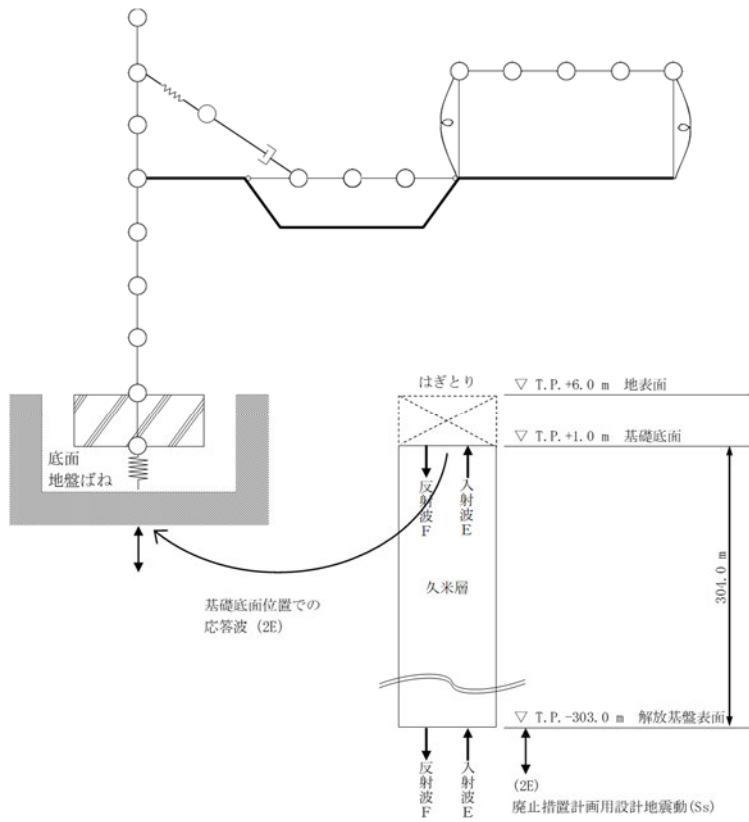
表 3 建家の耐震性評価における評価基準値

評価項目	評価基準値	備考
耐震壁のせん断ひずみ	$2.0 \times 10^{-3}$	JEAG-4601「原子力発電所耐震設計技術指針」より、鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断ひずみに関する許容限度。
接地圧	2350 kN/m <sup>2</sup>	再処理施設の基盤地盤における平板載荷試験の結果に基づき設定した値。
接地率	65%以上	JEAG-4601「原子力発電所耐震設計技術指針」より、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左記基準値を用いて解析手法の適用性を確認する。





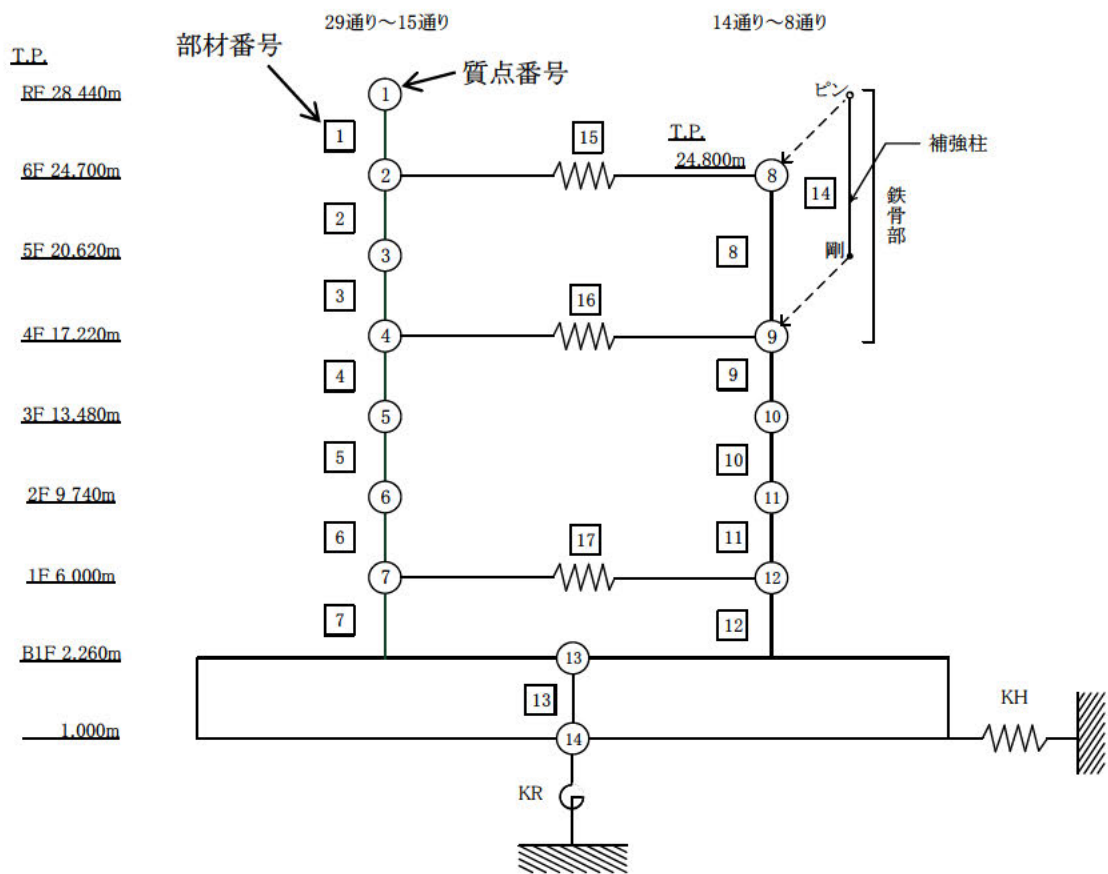
(1) 水平方向



(2) 鉛直方向

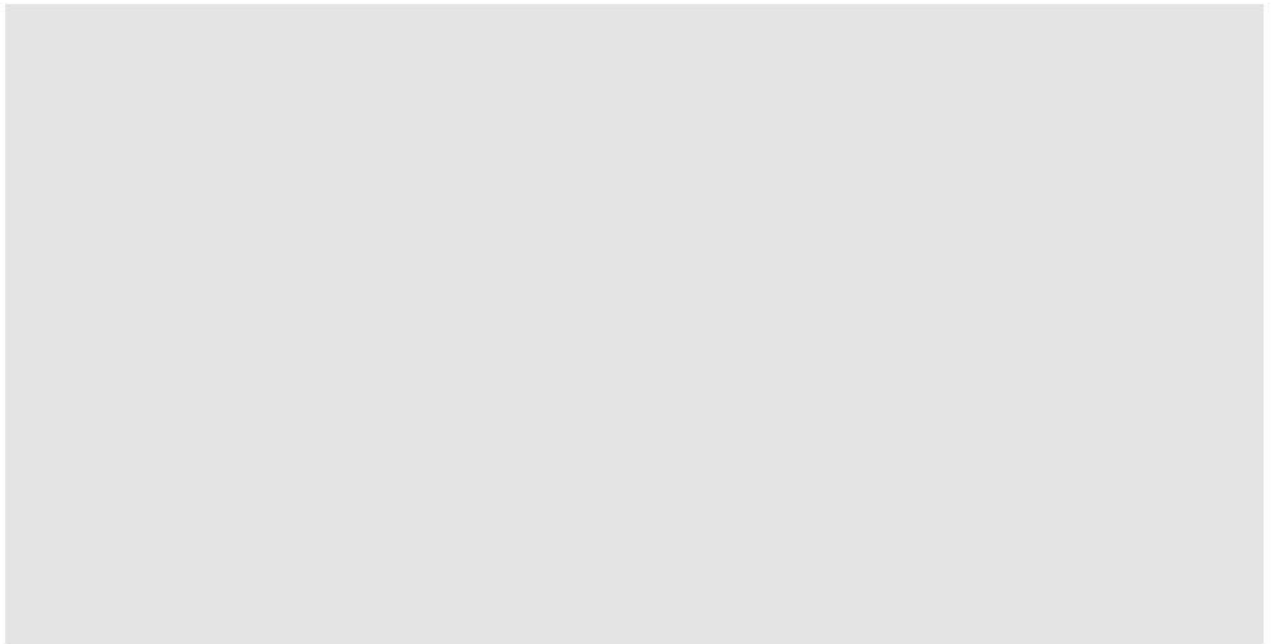
図 3 入力地震動算定の概要

(1) 解析モデルと建家断面の関係 (NS 方向)

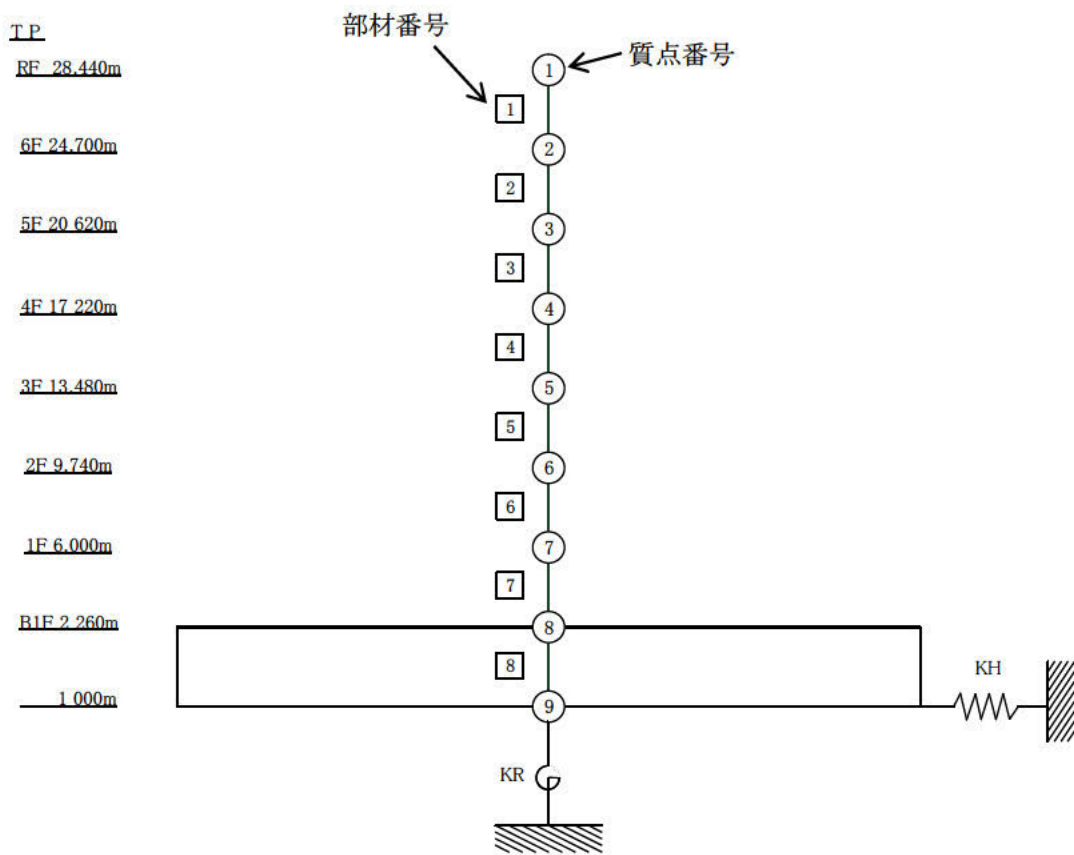


(2) 解析モデル (NS 方向)

図 4 分離精製工場 (MP) 建家 地震応答解析モデル (水平 NS 方向)

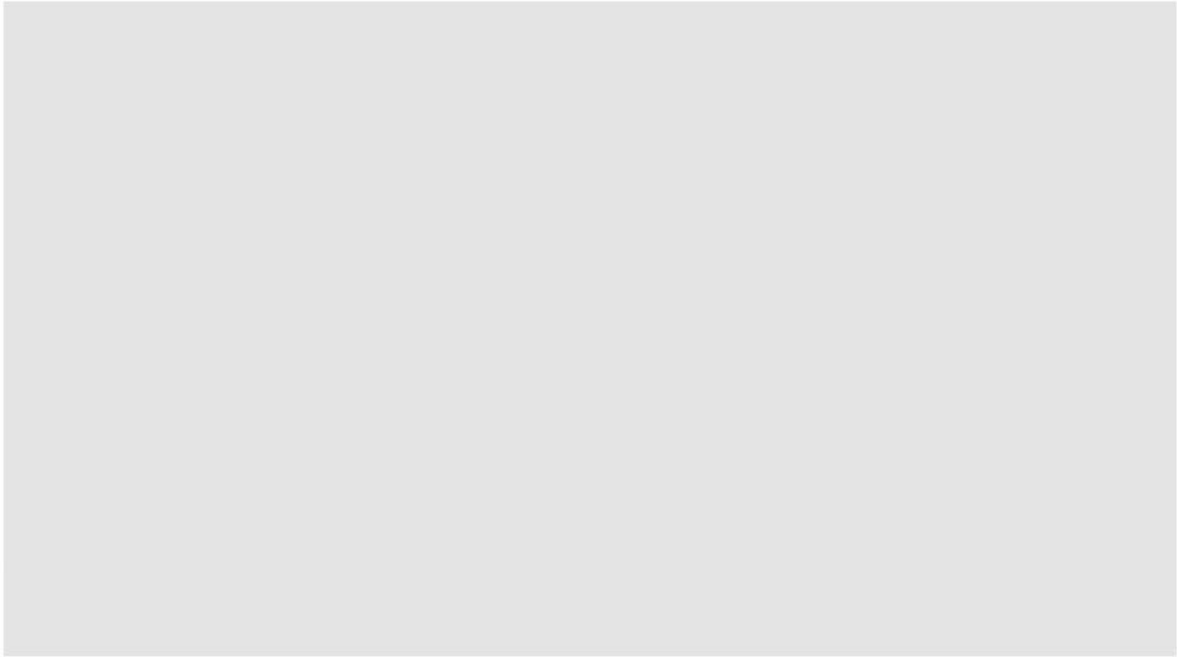


(1) 解析モデルと建家断面の関係 (EW 方向)

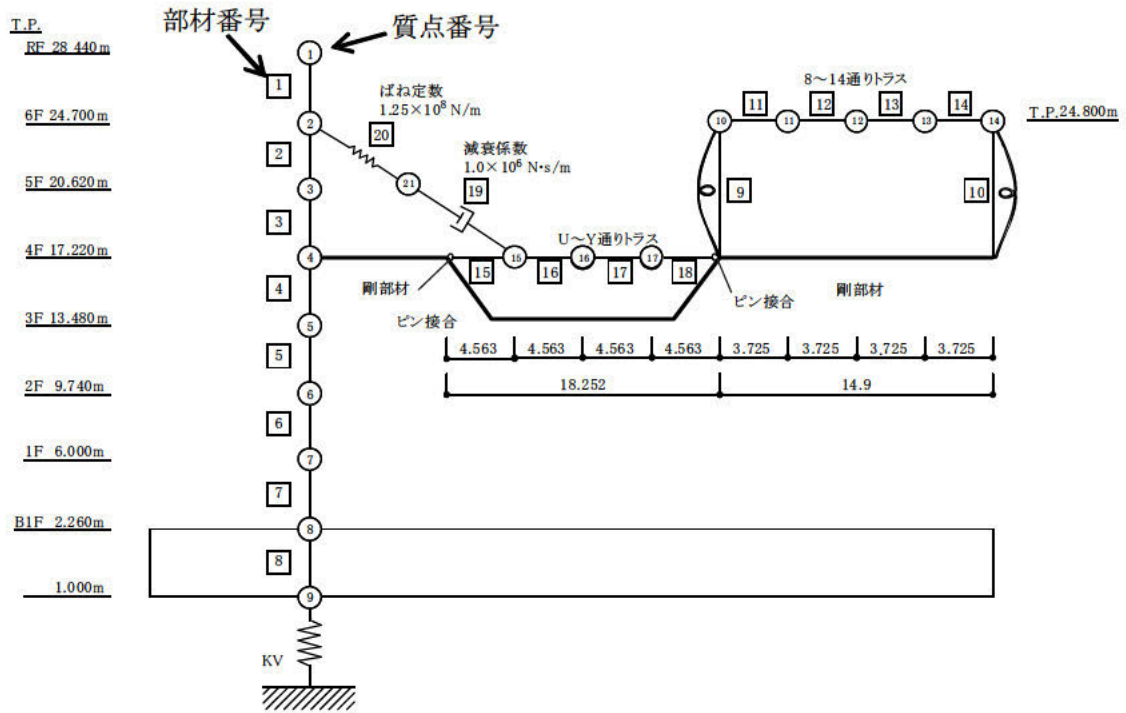


(2) 解析モデル (EW 方向)

図 5 分離精製工場 (MP) 建家 地震応答解析モデル (水平 EW 方向)



(1) 解析モデルと建家断面の関係 (UD 方向)



(2) 解析モデル (UD 方向)

図 6 分離精製工場 (MP) 建家 地震応答解析モデル (鉛直 (UD) 方向)

## (2) 津波に対する評価方針

設計津波の波力及び代表漂流物の衝突荷重に対して、分離精製工場（MP）建家全体の構造が損なわれる（建家が倒壊する）ことなく存続し得るものであることにより、漂流物の捕捉機能が損なわれないことを確認する。

考慮する波力は、遡上解析の結果より求まる分離精製工場（MP）建家位置における波力算定用津波高さ（T.P.+11.9 m）とし、水深係数（ $\alpha$ ）を3.0として建家に及ぼす水平荷重を評価する（表 4）。

漂流物の衝突速度を漂流物の影響防止施設の周辺の津波流速の最大値である5.6 m/sとする。設計で考慮する漂流物は表 5に示す代表漂流物とし、最大質量であることから最も衝突エネルギーが大きくなる還水タンク（約14 t）を強度評価の対象とする。

津波の波力と、漂流物の衝突荷重又は余震による地震力が同時に建家に作用したとしても、建家各層の層せん断力が各階の保有水平耐力以下であることより、津波の荷重によって建家全体構造が倒壊しないことを確認する。余震による地震力の評価は、2.2.2 (1) に示した設計地震動に対する評価と同じ手法及びモデルとし、それに対して解放基盤面に入力する地震動の大きさを設計地震動(Ss-D)の1/2にした評価から得られる建家各層の応答せん断力として求める。

建家各層の層せん断力は津波の波力と、漂流物の衝突荷重又は余震による地震力が同時に建家に作用させて算出する。

分離精製工場（MP）建家の外壁は鉄筋コンクリート造であるが壁厚が 程度であり、波力及び漂流物の衝突荷重が外壁の終局耐力を上回り部分的に損傷する可能性があることから、保守的に建家全周の外壁の耐力を含まない保有水平耐力を用いる（表 6）。

表 4 津波に関する設計条件

項目	条件	設定の理由
浸水高さ	T.P.+11.9 m	遡上解析より求めた分離精製工場（MP）の建家位置における進行波の高さ（波力算定用津波高さ T.P.+11.64 mに潮位のばらつき0.18 mを加えた高さT.P.+11.82 m）より保守的にT.P.+11.9 mとした。
水深係数（ $\alpha$ ）	3.0	設計津波に対する津波荷重（動水圧の影響）を保守的に評価するため。
津波の流速	5.6 m/s	施設周辺における最大の流速（5.52 m/s）より設定。
海水密度	10.1 kN/m <sup>3</sup>	理科年表より。



表 5 代表漂流物\*

分類	漂流物	質量 (t)	選定理由	防護方法
建物・設備	還水タンク	約14	漂流物候補中、最大質量の水素タンク（約30 t）は令和2年11月に撤去済み。次点の窒素タンク（約28 t）は漂流しないように固縛を補強する計画としたことから、3番目に質量が大きく、固縛補強が難しい還水タンクを選定。	漂流物影響防止施設による防護。
流木	防砂林	約0.55	遡上解析に基づく軌跡解析により、防護対象施設へ到達する恐れのあるものとして選定。	防護対象施設外壁で防護。
船舶	小型船舶	約57	遡上解析に基づく軌跡解析により、施設近傍の海上にある船舶は防護対象施設に到達しないことを確認。	—
車両	中型バス	約9.7	遡上解析に基づく軌跡解析により、敷地外の公道を走行する大型車両は防護対象施設に到達しないことを確認。敷地内の車両の内、最大質量の中型バスを選定。	漂流物影響防止施設による防護。

※ 「再処理施設における代表漂流物の妥当性の検証について」、第 54 回東海再処理施設安全監視チーム会合 資料-2

表 6 建家の津波評価における評価基準値（保有水平耐力）

方向	高さ (m)	階	建家外壁の強度を考慮しない場合の保有水平耐力 Qu (kN)	(参考) 保有水平耐力
NS			539800	594100
			693600	784200
EW			505300	597300
			609000	697000

### 2.2.3 評価結果

#### (1) 地震に対する評価

耐震壁のせん断のスケルトンカーブ上の最大応答値を図 7～図 9に示す。せん断ひずみは最大で $0.47 \times 10^{-3}$ であり、評価基準値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。

設計地震動による地震応答解析の結果に基づく最小接地率及び最大接地圧の一覧表を表 7及び表 8に示す。鉛直方向の地震力を組合せ係数法（組合せ係数0.4）により考慮して算定する。接地率の最小値は100%及び接地圧の最大値は $250 \text{ kN/m}^2$ であり、評価基準値（接地率65%以上、接地圧 $2350 \text{ kN/m}^2$ 以下）を満足していることを確認した。

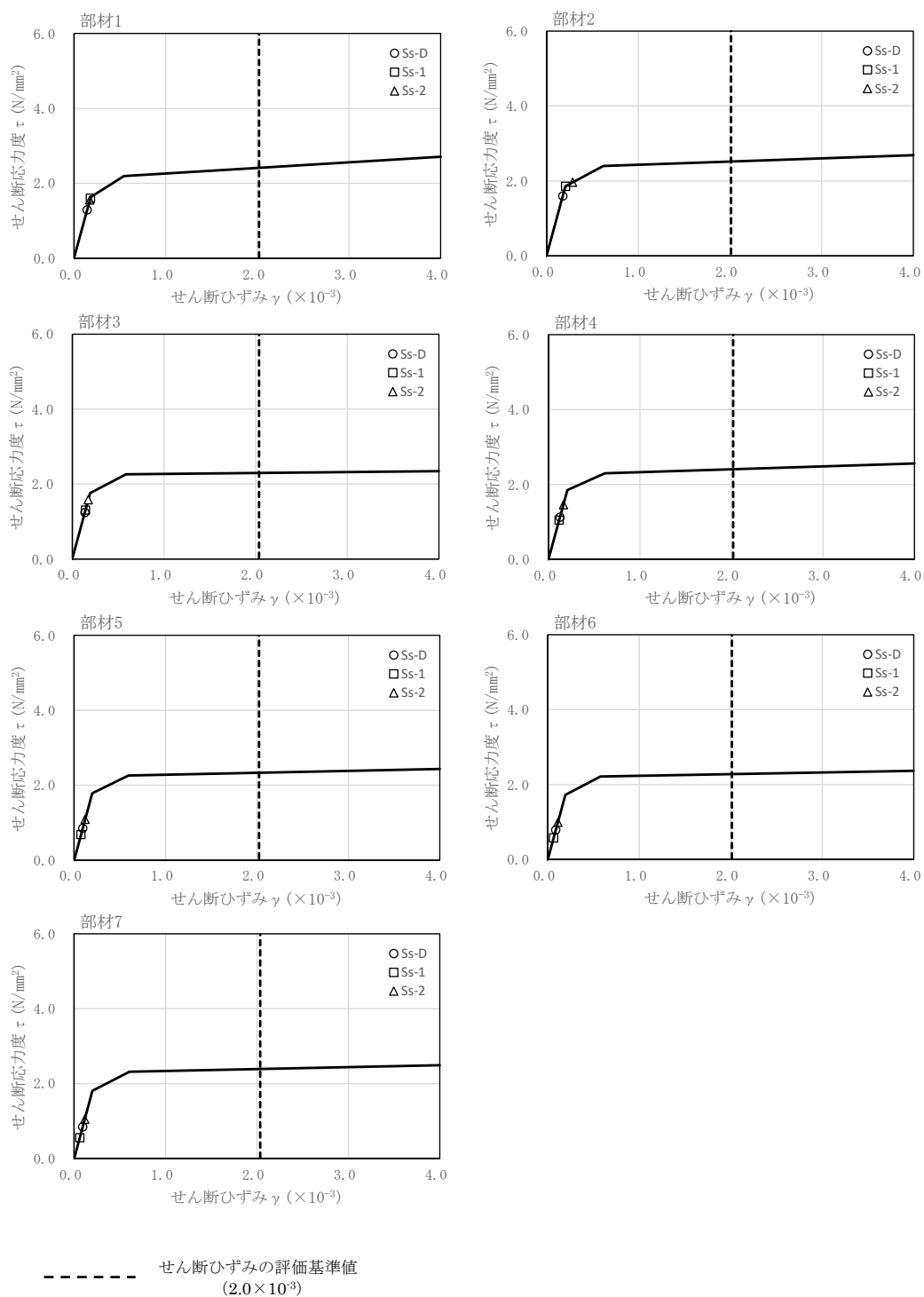
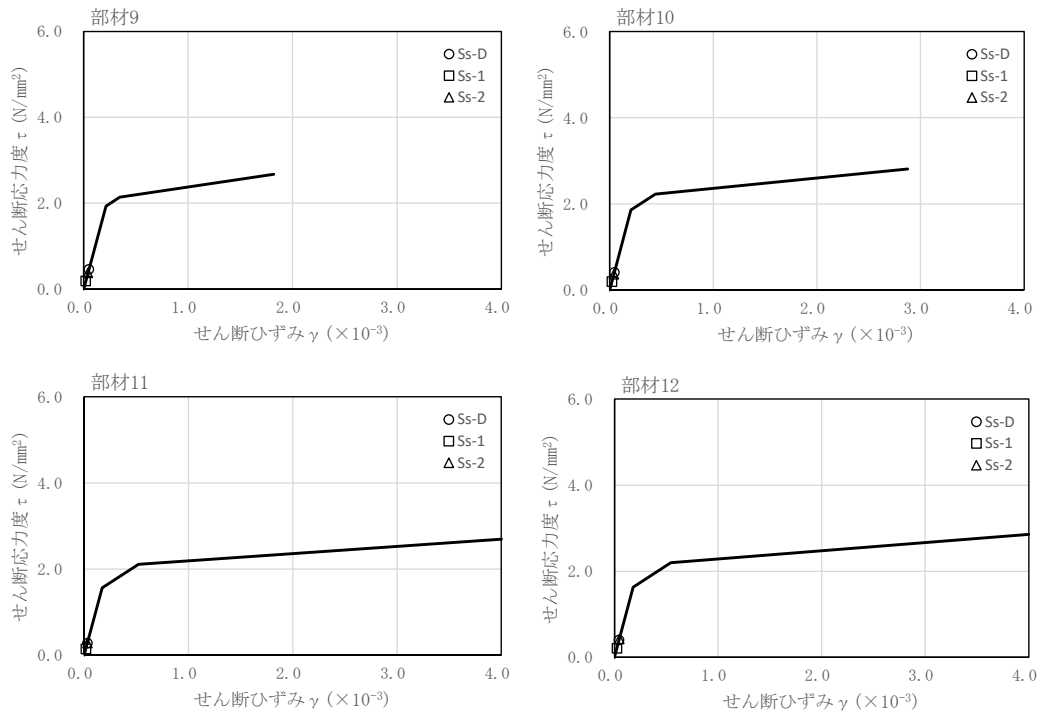
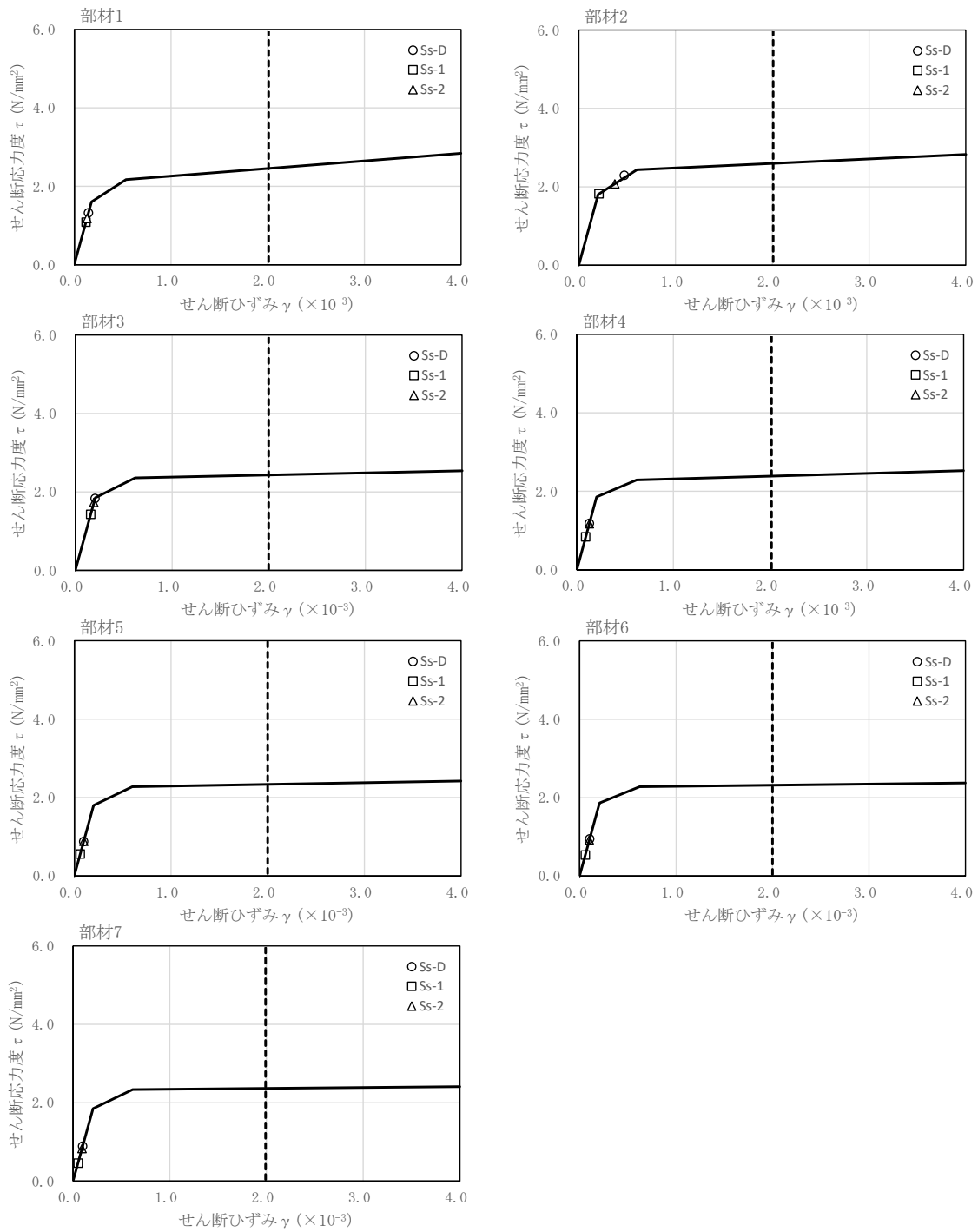


図 7 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向、29 通り～15 通り、Ss)



----- せん断ひずみの評価基準値  
( $2.0 \times 10^{-3}$ )

図 8 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、Ss)



----- せん断ひずみの評価基準値  
( $2.0 \times 10^{-3}$ )

図 9 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向、Ss)

表 7 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 (%)
Ss-D	7.17	4.86	100.0
Ss-1		3.08	100.0
Ss-2		5.77	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 (%)
Ss-D	7.17	4.74	100.0
Ss-1		2.26	100.0
Ss-2		3.95	100.0

表 8 最大接地圧

地震動	方向	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )
Ss-D	NS	241
	EW	239
Ss-1	NS	195
	EW	180
Ss-2	NS	250
	EW	217



(2) 津波に対する評価

設計津波による波力と、漂流物の衝突荷重又は余震による地震力が同時に建家に作用した場合の保有水平耐力の評価結果を表 9に示す。建家各層の層せん断力が各階の保有水平耐力以下であることにより、評価基準値を満足していることを確認した。

表 9 保有水平耐力の評価結果

方向	高さ (m)	階	①保有水平耐力 $Q_u$ (kN) <sup>※</sup>	②波力による層せん断力 $Q$ (kN)	③漂流物による層せん断力 $Q$ (kN)	④余震による層せん断力 $Q$ (kN)	波力・漂流物重量に対する検定比 $(②+③)/①$	波力・余震重量に対する検定比 $(②+④)/①$
NS			539800	74402	77	119450	0.14	0.36
			693600	119608	77	147600	0.18	0.39
EW			505300	90345	77	134800	0.18	0.45
			609000	145238	77	160870	0.24	0.51

※ 津波を受けた際の外壁の損傷を保守的に考慮してすべての建家外壁を除いた場合の保有水平耐力。

## 2.3 津波漂流物防護柵の設計

### 2.3.1 適用基準

支柱及びワイヤロープにおける漂流物に対する強度設計は（財）沿岸技術研究センター及び（社）寒地港湾技術研究センター発行（平成26年3月）の「津波漂流物対策施設 設計ガイドライン」（以下「設計ガイドライン」という。）に基づき行う。

設計地震動に対する強度設計は、（公社）日本道路協会発行の「道路橋示方書・同解説」に基づき行う。

### 2.3.2 概念と全体構造

津波漂流物防護柵は、漂流物が防護対象施設に到達する前にこれを捕捉するもので、漂流物の侵入経路を横断するように一定間隔をもって支柱を列状に設置し、それら支柱間に多数本のワイヤロープを張ることにより柵を形成するものである（図 10）。漂流物は支柱間のワイヤロープによって捕捉されるか、支柱本体に衝突して停止することで、津波漂流物防護柵の内側へ侵入できなくする。漂流物の衝突エネルギーはワイヤロープの張力と伸び、支柱の変形（弾性及び塑性）によって吸収する。

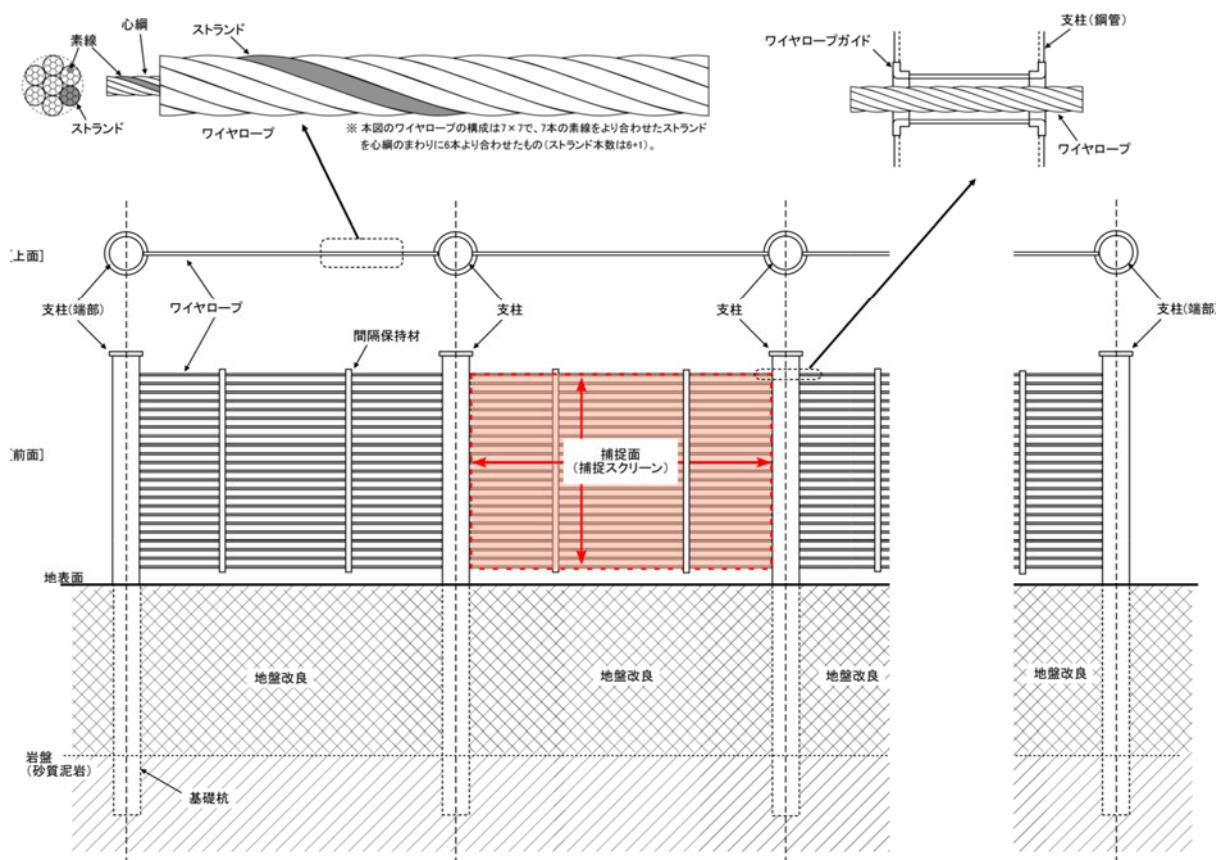


図 10 漂流物防護柵の概念図

津波漂流物防護柵の支柱にはJIS規格（JIS A 5525）の鋼管杭を用いる。支柱内部は中空である。端部の支柱はワイヤロープを津波漂流物防護柵両端において固定する役割を持ち、ワイヤロープは途中の支柱に開けられた孔を通して津波漂流物防護柵の両端部の支柱まで張られる。個々の支柱は地下に埋め込まれた基礎杭によりそれぞれ支持される。なお、基礎杭周辺は地盤改良により、地震時における支持地盤以浅の地盤の液状化の影響を受けないようにする。

支柱間の上下方向に一定間隔でワイヤロープを複数本張り巡らすことによって漂流物を捕捉する捕捉面（捕捉スクリーン）を形成する。捕捉面の高さ方向の幅は設置位置における津波の浸水深（地上から津波の最大高さ位置までの距離）と捕捉対象となる漂流物の大きさに応じて定め、津波の最大浸水深時においても漂流物が津波漂流物防護柵を乗り越えることが無いようにする。

ワイヤロープにはJIS規格（JIS G 3549）の構造用ワイヤロープを用いる。ワイヤロープの構造は、複数本の鋼製素線を撚り合わせた線材（ストランド）を、さらに複数本撚り合わせたものとなっている（図 10の上図）。ワイヤロープは津波漂流物防護柵の両端部の支柱で固定され、途中の支柱に対しては固定せず支柱に開けられた孔を通してのみとし、ワイヤロープの伸縮を拘束しない。ただし、ワイヤロープが漂流物を受けた際にワイヤが孔の隅部に押し付けられて摩耗するのを防止するため及び漂流物捕捉時のワイヤロープの伸縮を妨げないようにロープガイド（ロープと杭の当たり面を曲面にする部材）を設ける。ワイヤロープの上下方向の間隔は捕捉対象とする漂流物の大きさに応じて適切に定め、漂流物がワイヤの間から抜け出さないような間隔とするとともに、作用する荷重に耐えうるものとする。また、上下方向のワイヤロープ間の間隔を維持するために支柱間のワイヤロープの中間位置に間隔保持材（スペーサー）を設ける。

### 2.3.3 設計条件

#### (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 10に示す。

表 10 検討ケース一覧

検討ケース	評価部材	津波		地震力	
		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	—	—	○ (弾性)	—
	基礎杭				
耐津波性評価					
(1) 衝突エネルギーに対する検討					
①漂流物が支柱に衝突するケース	支柱	○ (弾塑性)	—	—	—
②漂流物がワイヤロープに衝突するケース	ワイヤロープ	○ (弾塑性)	—	—	—
(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	—	○ (弾塑性)	—	—
(3) 伝達力に対する検討					
①漂流物が支柱に衝突した場合に生じる伝達力	支柱	○ (弾性)	—	—	—
②漂流物がワイヤロープに衝突した場合の伝達力	支柱	○ (弾性)	—	—	—
③ワイヤロープが閉塞した場合の支柱への伝達力	支柱	—	○ (弾性)	—	—
(4) 基礎杭に対する検討					
①漂流物あるいは抗力が作用した場合	基礎杭	○ (弾性)	○ (弾性)	—	—
(5) 津波荷重と余震との重畳に対する検討					
①津波荷重と余震が同時作用するケース	支柱	—	○ (弾塑性)	—	○ (弾塑性)
	ワイヤロープ				

#### (2) 強度条件

支柱及びワイヤロープは、捕捉する漂流物のうち、最大の衝突エネルギー持つ漂流物を受け止めることが可能な耐力を持ったものとする。

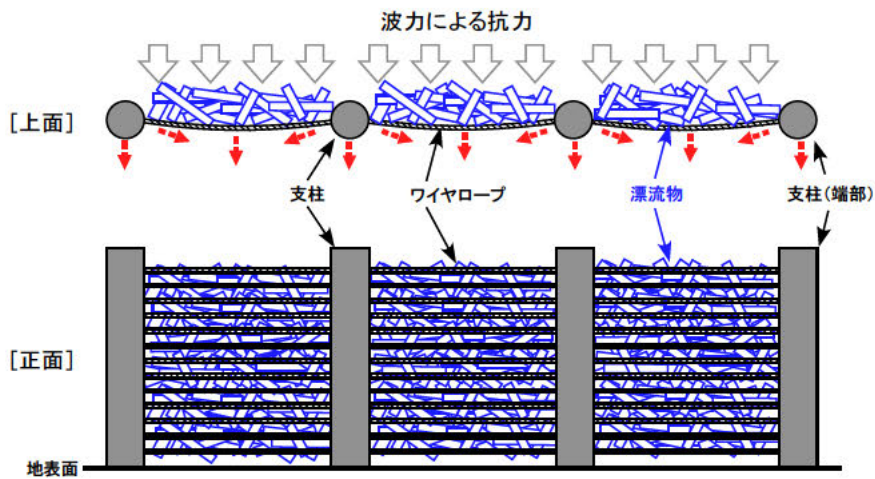
また、ワイヤロープそのものは断面積が小さいため直接受ける津波の波力は小さいものの、漂流物が捕捉された後では漂流物の断面積に作用する波力も伝達されることから、保守的にワイヤロープが構成する捕捉面が完全に閉塞したと仮定した場合に受ける波力の荷重（以下「抗力」と示す。）に対しても耐え得るものとする。

これらのワイヤロープに作用する荷重は支柱にも伝達されることから、支柱及び支柱を支持している基礎杭の強度もそれに耐え得るものとする。なお、漂流物が直接衝突する支柱は塑性変形を許容する。ただし、その場合、衝突した支柱を支える支柱（隣接する支柱）は弾性範囲内で支えるものとする。

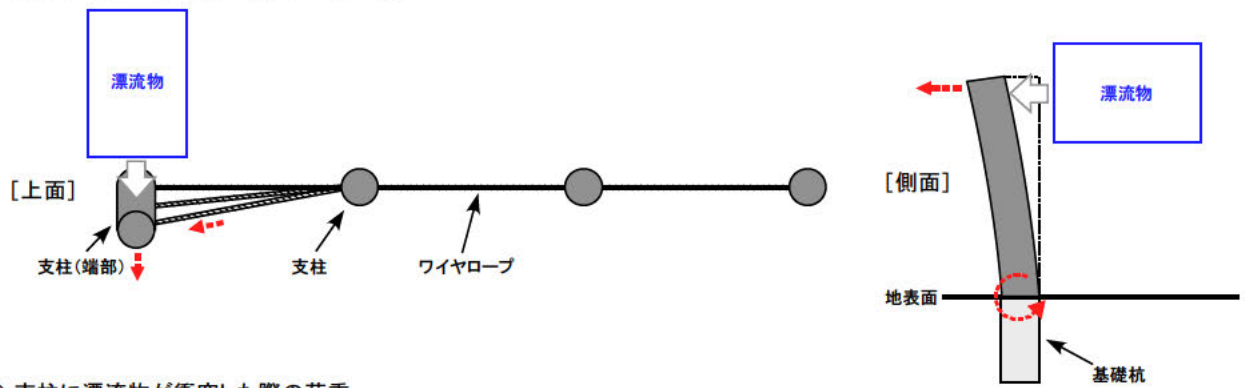
以上より、津波漂流物防護柵で漂流物の衝突荷重を受ける構成要素は以下に示す荷重条件に耐える強度を持つものとして設計する（図 11）。



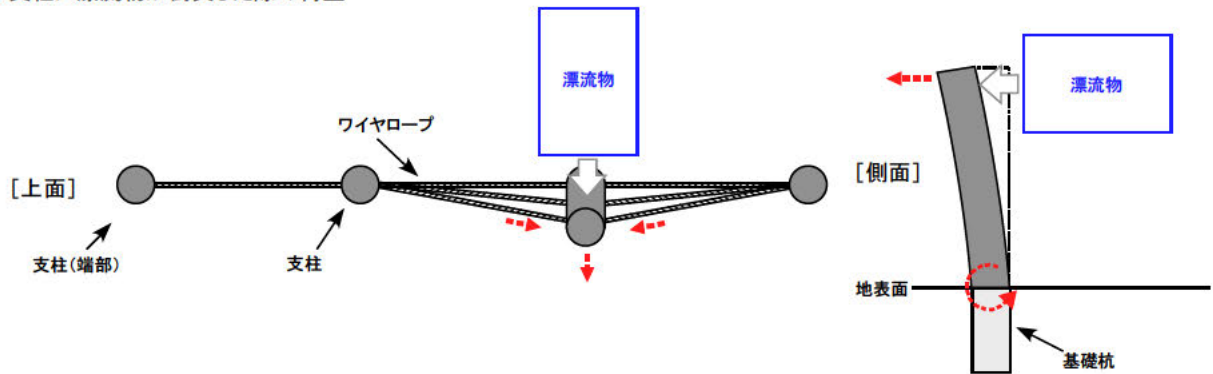
○ 捕捉面が閉塞した際に作用する波力による抗力



○ 支柱(端部)に漂流物が衝突した際の荷重



○ 支柱に漂流物が衝突した際の荷重



○ 捕捉面に漂流物が衝突した時の荷重

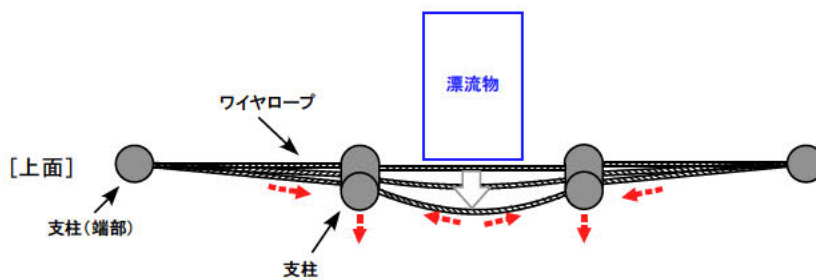


図 11 津波漂流物防護柵に作用する荷重の形態

強度設計の条件とする津波は設計津波とし、漂流物は分離精製工場（MP）建家の評価と同様に、表 5に示す代表漂流物の内、最も衝突エネルギーの大きい還水タンク（約14t、外径2 m×長さ4.5 m）とする。衝突エネルギーは、漂流物は衝突の体勢によって付加重量（慣性力により漂流物と一体となって動く水の質量）が異なることから、最も厳しい体勢を考慮する。

設計条件とする津波の浸水深（地上から津波の最大高さ位置までの距離）及び流速は、津波漂流物防護柵が配置される場所の中で最大となる値（5.6 m/s）を使用する（表 11）。

表 11 津波に関する設計条件

項目	条件	設定の理由
浸水深	7.0 m	漂流物防護柵の設置場所周辺における最大の津波高さ（波力算定用津波高さ T.P.+12.03 mに潮位のばらつき0.18 mを加えた高さT.P.+12.21 m）に保守性を加えた津波高さT.P.+12.3 mに対し、設置場所付近で最小となる地盤高さ（T.P.+5.3 m）を差し引いた値より設定。
津波の流速	5.6 m/s	漂流物防護柵の設置場所周辺における最大の流速（5.52 m/s）より設定。
海水密度	10.1 kN/m <sup>3</sup>	理科年表より。

### (3) 耐震性

津波は地震を起因として生じる自然現象であることから、津波の遡上に先立って発生する地震に対しても十分な耐震性を有する必要がある。したがって、津波漂流物防護柵は設計地震動による地震力（設計津波の起因となる地震による地震動に比べて設計地震動が上回ることは確認している。）が作用した後においても、漂流物の捕捉機能が保持できるものとする。

具体的には、設計地震動による地震力に対して施設全体として弾性範囲の設計とする。また、支柱を支える基礎杭は十分な支持性能を持つ地盤に設置する。

### (4) 荷重の組合せ

津波による浸水中に余震が発生した場合を考慮し、余震による地震力と津波による抗力を組み合わせた荷重に耐えうる設計とする。また、ワイヤロープが全閉塞した場合を考慮して、抗力に対して捕捉面全体（支柱及び基礎杭）で耐えうる設計とする。

### (5) その他の外部事象に対する条件

津波及び地震以外の、竜巻、火山事象、外部火災等は、津波との重量を考慮しないことから、これらの事象により津波漂流物防護柵の機能が喪失する可能性がある場合に対しては、修繕による機能の回復が可能な設計とする。

ただし、これらの事象により津波漂流物防護柵が損壊等を生じ、防護対象施設の重要な

安全機能に対して波及的影響を与えないように設計する。

#### (6) 津波後の再使用性

津波後の再使用性を考慮し、津波による波力及び漂流物の衝突により塑性変形を許容する部分に対しては、修繕による機能の回復が可能な設計とする。

#### 2.3.4 構造及び配置

設置する津波漂流物防護柵の全体配置を図 12に、標準構造を図 13に、諸元を表 12に示す。

津波漂流物防護柵の配置は、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場斜面と分離精製工場（MP）建家の間からの漂流物の侵入（南東方向からの侵入）を防ぐもの（図 12の①及び②の区間）と、分離精製工場（MP）建家の西側側面からの漂流物の侵入（北方向からの侵入）を防ぐもの（図 12の③及び④の区間）から成り、それぞれの方向について通常時の資材等の搬出入を考慮しつつ漂流物の侵入を防ぐためにラビリンス状の配置（つづら折り）とすることから、全体で4区間に分割する。なお、事故対処設備の配備場所としているプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟の駐車場の地盤補強工事が計画されているが、当該工事範囲（作業範囲含む）に津波漂流物防護柵設置位置が重複する（図 12の①の南端部分の破線部）ことから、この部分の津波漂流物防護柵の設置工事はプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟の駐車場の地盤補強工事に含めることとする。

設置区間①と②は高放射性廃液貯蔵場（HAW）東側区間で、高放射性廃液貯蔵場（HAW）東側への漂流物の侵入を防止する役割で設ける。通常時の資材等の搬出入は設置区間①と設置区間②の隙間を通して行う計画である。

設置区間③は分離精製工場（MP）建家 西側区間で、分離精製工場（MP）建家と分析所（CB）の間を通過して侵入する漂流物から防護するために設ける。

設置区間④はガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の北側を全体的に防護するとともに分離精製工場（MP）建家まで延長することにより、分離精製工場（MP）建家とクリプトン回収技術開発施設（Kr）の間を通過して侵入する漂流物から防護するために設ける。通常時の資材等の搬出入は設置区間③と設置区間④の東端区間の隙間、もしくは設置区間④の西端を通して行う計画である。

なお、支柱設置場所周辺には既設の地中埋設物等が多数存在することから、工事においてこれら既設の地中埋設物等を回避するために支柱設置位置の微調整を行う場合があるが、その場合においても後述する強度評価が満たされるよう、既定の設計条件の範囲内に収まるように配置位置を調整する。

図 12 津波漂流物防護柵の全体配置計画図

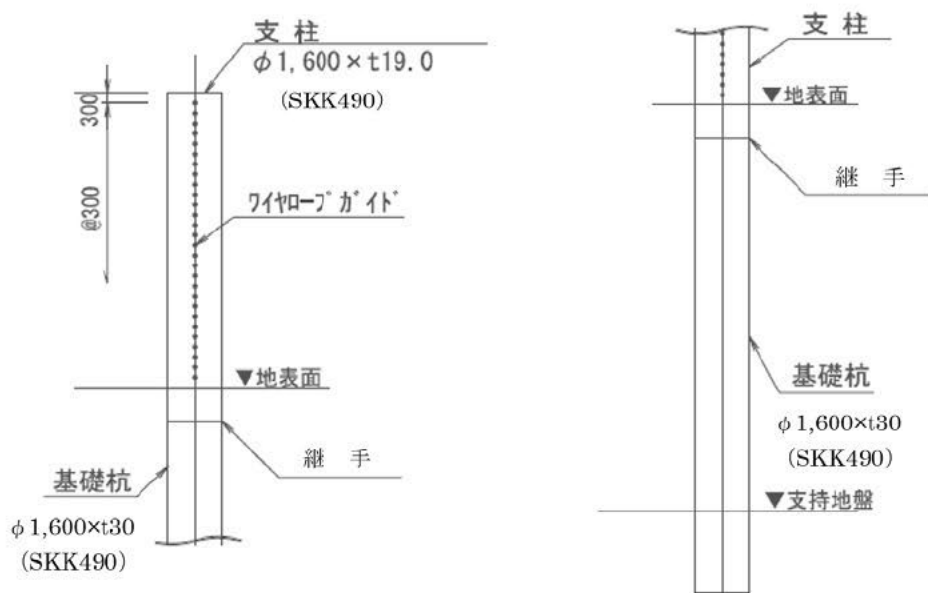


図 13 漂流物防護柵の標準構造

(1) 支柱

支柱は外径1600 mm、管肉厚19 mmの鋼管杭 (JIS A 5525におけるSKK490) を使用し、支柱高さは設置場所によらず捕捉面上端高さがT.P.+13.7 m (表 11に示した津波浸水高さT.P.+12.3 mに、代表漂流物の喫水面上高さと波面の振幅等に対する余裕に上端ワイロープ取付位置と天端までのマージンとして300 mmを考慮して設定) になるように定めるも

のとする。単一の津波漂流物防護柵の間に設置する支柱の設置間隔は9.5 mを基本とし、既設埋設物の状況により調整が必要な箇所は設置間隔を9.5 m以下とする。

代表漂流物である還水タンクが衝突した際の、支柱及び津波浸水深等の位置関係を図 14 に示す。

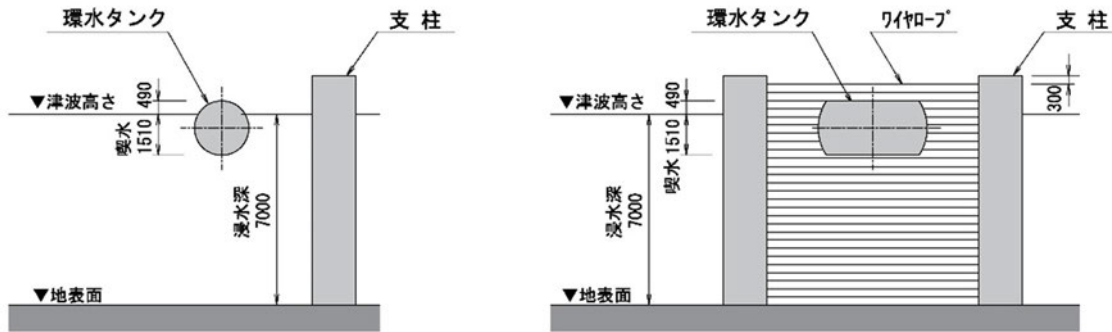


図 14 浸水深、代表漂流物の衝突位置と津波漂流物防護柵の位置関係

## (2) ワイヤロープ

ワイヤロープは心綱有りの7×7構成（鋼製素線7本撚りのストランドを、鋼製素線7本撚りの心綱周りに6本撚りこんだ構成）、ロープ径25 mmの構造用ワイヤロープ（JIS G 3549におけるST1470）を用いる。

ワイヤロープは捕捉面（捕捉スクリーン）支柱天端から300 mmの位置（T.P.+13.4 m）から300 mm間隔で設置する。ワイヤロープは漂流物防護柵の両端の支柱で固定される。ワイヤロープと支柱との固定金具は図 15に示す構造とし、調整ロッドのねじ込みによってワイヤロープの張力や長さを調整する。

ワイヤロープの単一の長さは約28.5 mであり、漂流物防護柵の全長がこれを超える場合は複数のワイヤロープを接続金物により接続する。

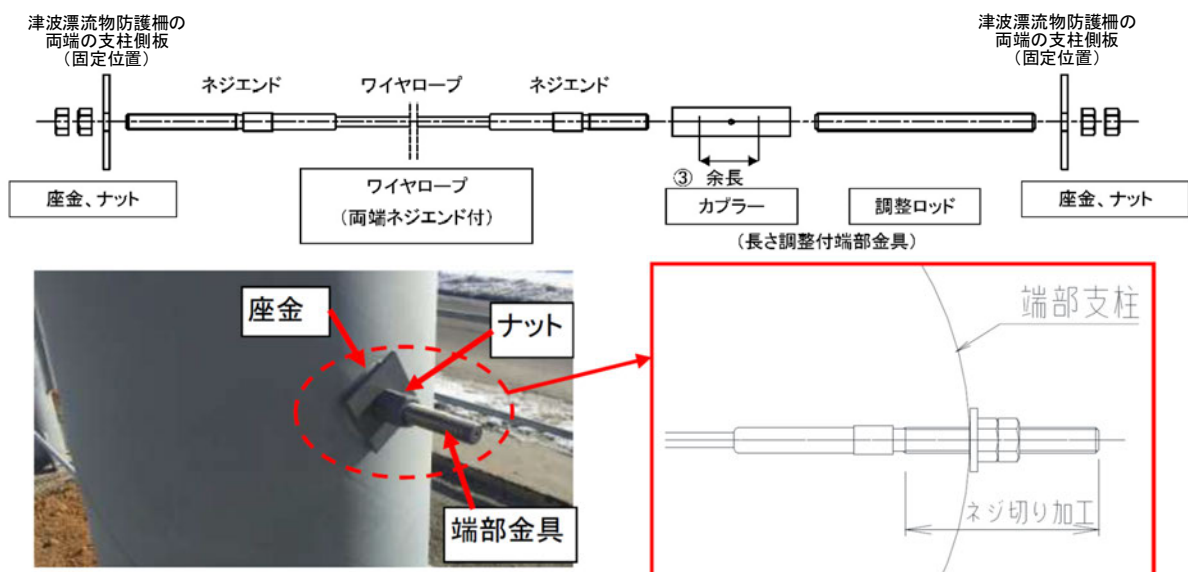


図 15 ワイヤロープの固定構造



### (3) 基礎杭

基礎杭は支柱と同じ外径1600 mm、管肉厚30 mmの鋼管杭 (JIS A 5525におけるSKK490) を使用し、支柱との構造的連続性を確保する。杭深さは、設置位置の支持地盤深さに応じて設定する。

基礎杭は十分な支持性能を持つ地盤に設置するが、支持地盤以浅の杭周囲の地盤の液状化により過大な土圧を受けることが無いよう、杭周囲の地盤を改良する。

表 12 津波漂流物防護柵の諸元

設置区間	支柱本数	津波漂流物防護柵 延長距離
① 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 東側 区間 (海側)	3 本 (4 本) *	19 m (25m) *
② 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 東側 区間 (陸側)	4 本	29 m
③ 分離精製工場 (MP) 西側区間	5 本	34 m
④ ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガ ラス固化技術開発棟 北側区間	17 本	134 m

※ 支柱設置位置が干渉する PCDF 駐車場の地盤改良工事において 4 本目の支柱を設置する。

#### 2.3.5 評価方針

漂流物に対する強度設計は「設計ガイドライン」に基づき以下に示す通りに実施する。

##### (1) 荷重条件

設計条件とする代表漂流物は還水タンク (横置円筒型タンク) であり、その諸元は質量約14 t、外径2 m×長さ4.5 mである。設計ガイドラインに基づき衝突時のエネルギー (衝突エネルギー) を算出する。

- ① 衝突エネルギーは、漂流物の速度  $V$ 、仮想重量 (漂流物重量+付加重量)  $W$  と流速、重力加速度  $g$  を使用して以下の式で算出する。

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

- ② 漂流物の仮想重量は、以下の式により質量及び長さ (又は幅)、喫水深さ、海水の単位体積重量を掛け合わせて算出した付加重量を考慮する。

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

ここで、  
 $W$  : 仮想重量 (kN)  
 $W_0$  : 漂流物重量 (kN)  
 $W'$  : 付加重量 (kN)  
 $D$  : 漂流物の喫水 (m)

$L$  : 漂流物の長さまたは幅 (m)

$\gamma_w$  : 海水の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

なお、漂流物が設計速度（遡上波の最大流速と同じとした）で衝突するのは、遡上波の先端波によって流されてくる場合であり、遡上波の流速の時刻歴に基づくと第2波、第3波の流速は第1波より十分低いことから、漂流物が設計流速で衝突する回数は1回となる。しかしながら、漂流物防護柵の設計においては少なくとも最大流速での衝突が2回生じても耐える強度を確保することにより十分な裕度を確保する。

## (2) 支柱の強度評価方針

支柱に直接衝突する漂流物の衝突エネルギーが支柱の吸収エネルギー量を下回ることを確認する。

支柱による吸収エネルギー  $E_T$  は、図 16に示すように、支柱の衝突断面の局部変形による吸収エネルギー  $E_R$  と支柱の梁変形による吸収エネルギー  $E_P$  を合わせた数値とする。

$$E_T = E_R + E_P$$

$$E_R = P_0 \frac{\delta_{L0}}{1.8}$$

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

$$P_0 = \frac{Z_p \sigma_{yd}}{H}$$

ここで、 $\sigma_{yd}$  : 動的降伏応力 ( $\sigma_{yd} = 1.2 \times \sigma_y$ )

$\sigma_y$  : 静的降伏応力

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

$Z_p$  : 支柱の塑性断面係数

$H$  : 荷重作用高さ

局部変形による吸収エネルギー  $E_R$  の計算において、荷重  $P_0$  に対応する凹み量は次式で計算する。

$$\delta_{L0} = D \left\{ \frac{4(D - t_p)^{1.25}}{KH t_p} \right\} = D \left\{ \frac{4Z_p}{KH t_p^2} \right\}^{1.25}$$

ここで、 $D$  : 鋼管径

$\delta_L$  : 局部変形量 ( $\leq D$  を適用範囲とする)

$t_p$  : 鋼管肉厚

$K$  : 実験係数 ( $K = 185$ )

$\sigma_{yd}$  : 動的降伏応力 ( $\sigma_{yd} = 1.2 \times \sigma_y$ )

$\sigma_y$  : 静的降伏応力

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

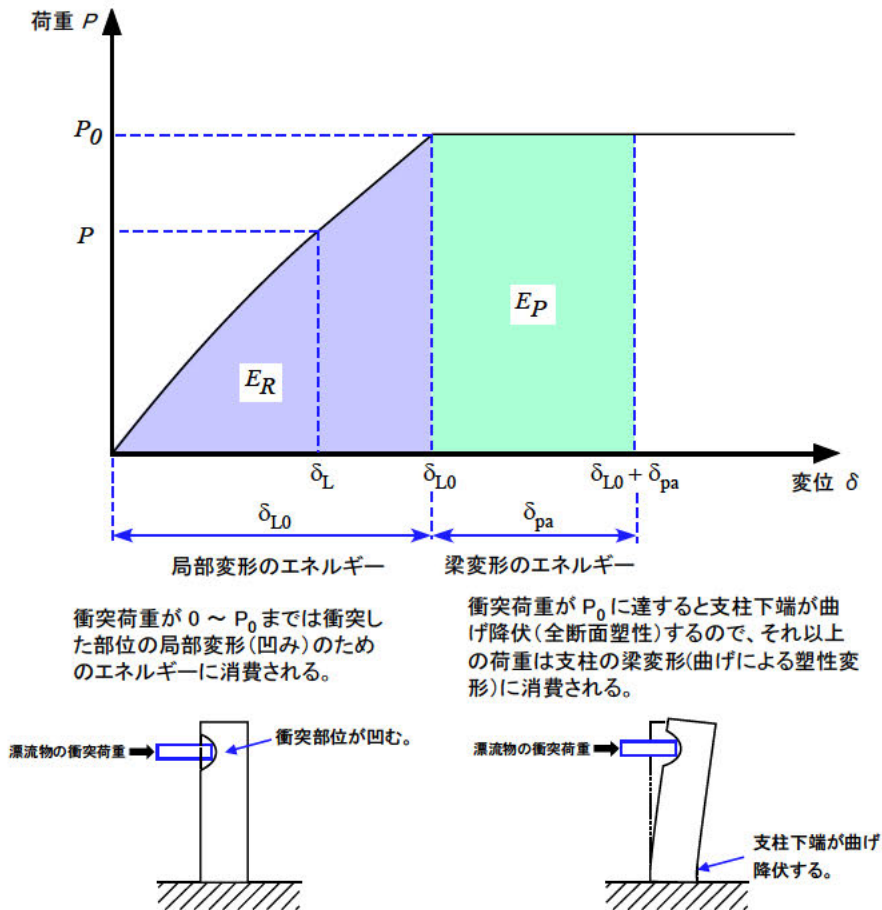
$Z_p$  : 支柱の塑性断面係数

$H$  : 荷重作用高さ

梁変形による吸収エネルギー  $E_P$  の計算において、局部座屈発生時の塑性変形量  $\delta_{pa}$ 、塑性回転角  $\theta_{pa}$  は次式より計算する。

$$\delta_{pa} = \theta_{pa} H$$

$$\theta_{pa} = \frac{1.355}{\frac{D}{t_p}}$$



衝突荷重が  $0 \sim P_0$  までは衝突した部位の局部変形(凹み)のためのエネルギーに消費される。

衝突荷重が  $P_0$  に達すると支柱下端が曲げ降伏(全断面塑性)するので、それ以上の荷重は支柱の梁変形(曲げによる塑性変形)に消費される。

図 16 衝突荷重を受ける支柱の吸収エネルギーの評価モデル

また、支柱及びワイヤロープに漂流物が衝突した場合のワイヤロープから支柱への曲げ応力を算出し、支柱に生じる曲げ応力が支柱の動的降伏応力  $\sigma_{yd}$  を下回ることを確認する(衝突は短時間に作用する衝撃荷重であることから動的降伏応力を用いる。)

更に、ワイヤロープが漂流物により閉塞した場合のワイヤロープから支柱への曲げ応力を算出し、支柱に生じる曲げ応力が支柱の静的降伏応力  $\sigma_y$  を下回ることを確認する。

### (3) ワイヤロープの強度評価方針

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量を下回ることを確認する。ワイヤロープの吸収エネルギー量は以下に示す式を用いて算出する。ワイヤロープによる吸収エネルギーは、図 17に示すように、ロープの伸びによる弾性域における吸収エネルギー ( $ER_1$ ) と降伏域～塑性域による吸収エネルギー ( $ER_2$ 、 $ER_3$ ) を合わせた数値とする。また、ワイヤロープの伸び率は設計ガイドラインの規定により最大3%とする。

$$ER_1 = \frac{n_s L}{2E_w \times A} (T^2 - T_0^2) \quad (T_0 < T < T_y \text{の範囲})$$

$$ER_2 = n_s (T_y + T') \times (\Delta L' - \Delta L_e) \times \frac{L}{2} \quad (\Delta L_e < \Delta L < 1.5\% \text{の範囲})$$

$$ER_3 = 0.9n_s \times T_b \times L \times (\Delta L - 1.5\%) \quad (1.5\% < \Delta L < 3.0\% \text{の範囲})$$

ここで、  $\Delta L'$  :  $ER_2$  区間内でのワイヤロープの伸び率 (最大 1.5%)

$T'$  : 伸び率が  $\Delta L'$  の時の張力

$T_y$  : ワイヤロープの降伏荷重 (  $0.75T_b$  )

$n_s$  : ワイヤロープの設置本数

$L$  : ワイヤロープの全長

$E_w$  : ワイヤロープの弾性係数

$T$  : ワイヤロープに作用する張力

$T_0$  : ワイヤロープに作用する初期張力 (= 5 kN)

$T_b$  : ワイヤロープの破断荷重

$\Delta L$  : ワイヤロープの伸び率 (最大 3%とする。)

$\Delta L_e$  : ワイヤロープの弾性限界における伸び率

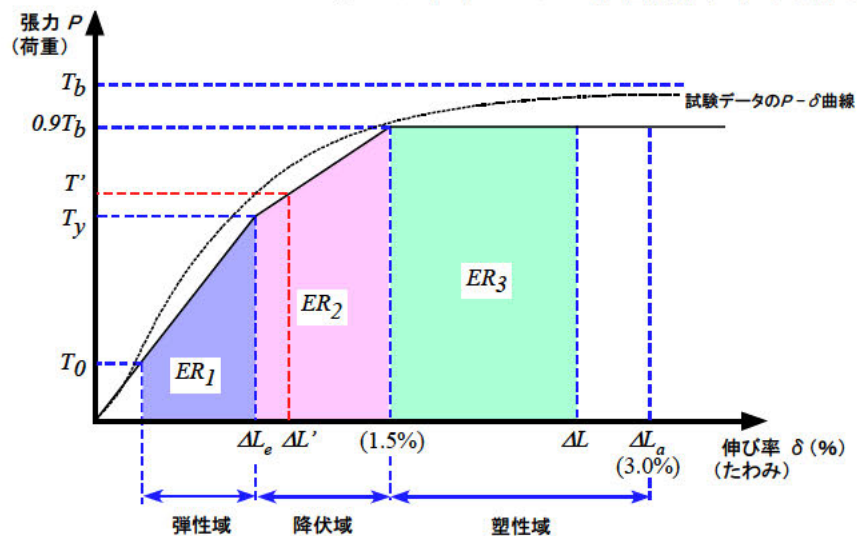


図 17 ワイヤロープの吸収エネルギーの評価モデル

また、ワイヤロープが漂流物により全面閉塞した場合に作用する抗力（津波の波力） $F_D$  がワイヤロープの最大抵抗荷重  $F_R$ （津波漂流物防護柵の単位長さ当たりを受け止めることが出来る等分布荷重）を下回ることを確認する。評価は図 18に示すモデルに基づき、次式により計算する。

抗力：

$$F_D = C_D \frac{\gamma_w}{2g} AU^2 \quad (\text{kN/m})$$

ここで、 $C_D$ ：抗力係数（捕捉スクリーン面を平板と見なす）

$\gamma_w$ ：海水の単位体積重量（ $\text{kN/m}^3$ ）

$g$ ：重力加速度（ $\text{m/s}^2$ ）

$A$ ：防護柵の単位長さ当たりの捕捉スクリーン面積（ $\text{m}^2/\text{m}$ ）  
（捕捉スクリーンの上端から下端まで閉塞すると仮定）

$U$ ：津波の流速（ $\text{m/s}$ ）

最大抵抗荷重：

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

ここで、 $T_R$ ：設計引張張力（ $\text{kN/本}$ ）

$\delta_R$ ：設計引張張力作用時の垂下量（ $\text{m}$ ）

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

$\delta$ ：設計最大伸び量（ $\text{m}$ ）

$$\delta = L \times \Delta L_e$$

$n_s$ ：捕捉スクリーン本数（本）

$a$ ：支柱間隔（ $\text{m}$ ）

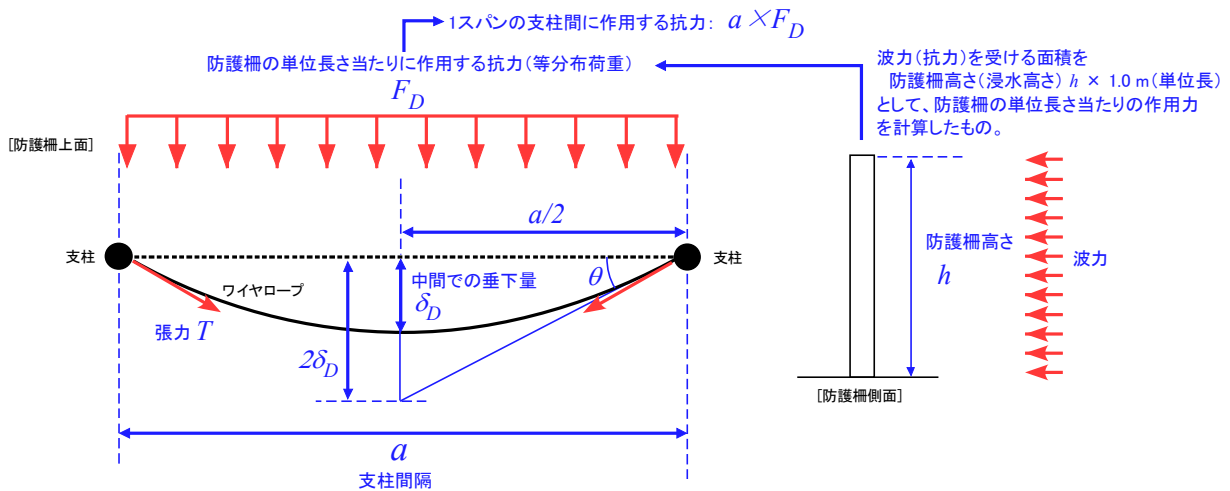


図 18 閉塞時の抗力評価モデル

#### (4) 基礎杭の強度評価方針

津波漂流物対策施設設計ガイドラインに基づき、基礎杭の強度設計は弾性設計とし、その挙動解析について下記の基本式を用いて算定する。なお、強度評価に当たっては鋼管の腐食（「道路橋示方書・同解説」より、腐食代 1 mmとした）を考慮する。

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = -P = -pB$$

ここで、  $EI$  : 杭の曲げ剛性 (kN・m<sup>2</sup>)

$x$  : 地表面からの深さ (m)

$y$  : 深さ  $x$  における杭の変位 (m)

$P$  : 深さ  $x$  における杭の単位長さ当たりの地盤反力 (kN/m)

$p$  : 深さ  $x$  における杭の単位面積当たりの地盤反力 (kN/m<sup>2</sup>)

$$p = \frac{P}{B}$$

$B$  : 杭幅 (m)

上式を用いて算出した、抗力あるいは漂流物の衝突による荷重によって基礎杭に生じる最大曲げモーメント応力に対して、基礎杭の降伏曲げモーメントを比較することで、基礎杭が弾性範囲内にとどまることを確認する。

#### (5) 耐震性の評価方針

設計地震動により支柱及び基礎杭に生じる応力に対して、支柱及び基礎杭が弾性範囲内にとどまることを確認する。

具体的には解放基盤表面 (T.P.-303 m) における設計地震動を用いた地盤応答解析を行い、基礎杭位置での応答加速度 (震度) を算出し、支柱及び基礎杭の地震応答解析 (静的解析) を行う。

#### (6) 荷重の組合せに関する評価方針

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する。

#### (7) 安定性の評価方針

液状化については道路橋示方書・同解説に基づき、地盤調査結果から液状化検討対象層を抽出し、それら検討対象層の液状化に対する抵抗率 (FL値) について設計地震動を用いて算出する。算出されたFL値について、1.0以下の土層については液状化が生じる可能性が否定できないことから、これら土層については地盤改良を行い、液状化が生じないように対策する。

洗掘については、「国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部：国総研技術速報 No.3：粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討 (第2報)」による引張り破壊応力と侵食限界流速の関係を用い、津波の流速が侵食限界流速を下回ることを確認する。

### 2.3.6 評価結果

#### (1) 漂流物の衝突エネルギーに対する強度評価結果

表 13に支柱の衝突エネルギーに対する強度評価結果強度評価結果を示す。これより支柱及びワイヤロープは想定する代表漂流物の衝突エネルギー及び設計津波の抗力に対して十分な強度を持つ。

表 13 漂流物の衝突エネルギーに対する強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
漂流物が支柱に衝突するケース	吸収エネルギー	1448 kJ	≥	衝突エネルギー	386 kJ	OK
漂流物がワイヤロープに衝突するケース	吸収エネルギー	1691 kJ	≥	衝突エネルギー	386 kJ	OK

#### (2) 抗力に対する強度評価結果

表 14にワイヤロープ抗力に対するの強度評価結果を示す。これよりワイヤロープは想定する代表漂流物の衝突エネルギー及び設計津波の抗力に対して十分な耐力を持つ。

表 14 抗力に対する強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
ワイヤロープに抗力が生じるケース	最大抵抗荷重	421 kN/m	≥	抗力	135 kN/m	OK

#### (3) 伝達力に対する強度評価結果

表 15に伝達力に対する強度評価結果を示す。これより支柱及びワイヤロープは想定する代表漂流物の衝突力及び設計津波の抗力に対して十分な耐力を持つ。

表 15 伝達力に対する強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
漂流物が支柱に衝突した場合に生じる伝達力	動的降伏応力	533 N/mm <sup>2</sup>	≥	曲げ応力	280 N/mm <sup>2</sup>	OK
漂流物がワイヤロープに衝突した場合の伝達力	動的降伏応力	533 N/mm <sup>2</sup>	≥	曲げ応力	280 N/mm <sup>2</sup>	OK
ワイヤロープが閉塞した場合の支柱への伝達力	静的降伏応力	444 N/mm <sup>2</sup>	≥	曲げ応力	328 N/mm <sup>2</sup>	OK

(4) 基礎杭の強度評価方針

表 16に基礎杭の強度評価結果を示す。これより基礎杭は想定する代表漂流物の衝突及び設計津波の抗力に対して十分な耐力を持つ。

表 16 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 モーメント	29,733 kNm	≥	最大曲げ モーメント	26,669 kNm	OK

(5) 耐震性の評価結果

表 17に設計地震動に対する支柱及び基礎杭の強度評価結果を示す。これより津波漂流物防護柵は想定する地震力に対して十分な耐力を持つ。

表 17 基礎杭の強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
支柱（曲げ）	許容応力度	278 N/mm <sup>2</sup>	≥	発生応力	4 N/mm <sup>2</sup>	OK
基礎杭（曲げ）	許容応力度	278 N/mm <sup>2</sup>	≥	発生応力	130 N/mm <sup>2</sup>	OK

(6) 荷重の組合せ評価結果

表 18に津波による荷重（ワイヤーロープの閉塞時の抗力）と余震との重畳に対する支柱の強度評価結果を示す。これより津波による荷重と余震との重畳に対して十分な耐力を持つ。

表 18 津波による荷重と余震との重畳に対する強度評価結果

評価項目	結 果				判定	
津波と余震との重畳	静的降伏応力	444N/mm <sup>2</sup>	≥	曲げ応力	330 N/mm <sup>2</sup>	OK

(7) 安定性の評価結果

(i) 液状化

道路橋示方書・同解説を踏まえ、液状化対象検討層を抽出し、それら検討層に対して液状化判定を行った。評価に用いたボーリング位置を図 12に併記する。表 19に液状化判定結果を示す。地下水位以深の砂層に液状化のおそれがあるため、地盤改良を行い液状化のおそれのないようにする。



表 19 液状化判定結果

上端 T.P. (m)	層種	N 値	FL 値	判定*
6.2	盛土	4.3	—	—
6.0	埋土	4.3	—	—
5.9	砂	3	—	—
4.9		3	—	—
4.0		3	—	—
3.1		4	0.199	NG
2.2		4	0.203	NG

▼地下水位(T.P.+3.1m)

※ 判定：OK=液状化のおそれがない。NG=液状化のおそれがある。

(ii) 洗掘

表 20に洗掘評価結果を示す。津波の流速は侵食限界流速を下回るため、津波による洗掘は発生しない。

表 20 洗掘評価結果

津波の流速 (m/s)	侵食限界流速 (m/s)	評価
5.6	23	OK

2.3.7 地震・津波以外の外部事象の影響に対する考慮

地震・津波以外に考慮すべき外部事象である、竜巻、火山事象、外部火災は津波の起因事象あるいは従属事象でないことから設計津波との重畳を考慮しないが、これらの事象に対して津波漂流物防護柵の機能が損なわれることがあったとしても、補修等により機能を回復するものとする。

ただし、これらの外部事象による損傷によって防護対象施設に波及的影響を与えることがないように、以下の対応を行う。

- ・支柱及びワイヤロープは、設計竜巻において飛来物となることがないように固定する。
- ・支柱及びワイヤロープは、不燃性の材料を用いる。
- ・津波漂流物防護柵の配置においては、事故対処のためのアクセスルートや作業場所の障害とならないよう考慮する。

### 3. 工事の計画

#### 3.1 津波漂流物防護柵の工事の方法

津波漂流物防護柵の主要な材料は鋼管（基礎杭、支柱）及びワイヤであり、これら以外に地盤改良（液状化対策）を行うためのセメントがある。これらの材料のうち鋼管及びワイヤについては材料を入手後に工場にて加工して現地搬入する。

工事の手順としては、既存撤去（既存の構造物・埋設物及び設備の撤去・移設）の後、液状化対策としてセメント系固化材を用いた地盤改良を行う。その後、改良した地盤に対して鋼管（基礎杭）を打設し、支持層である砂質泥岩層（久米層）に埋め込む。鋼管（基礎杭）の打設の後、鋼管（支柱）を一体化させる。ワイヤ設置については、その長さに応じて必要な鋼管（支柱）を複数設置した後に中間の鋼管（支柱）の間を通して端部の鋼管（支柱）にて固定する。

上記の工事の手順に応じて試験・検査を行う。具体的には材料検査（鋼管など）、寸法検査（鋼管の径、基礎杭の埋込み深さ、支柱の天端高さ、支柱の間隔、ワイヤの間隔など）、強度検査（地盤改良土の圧縮強度）、外観検査、配置検査について、測定もしくは目視により確認を行う。

これらの工事に当たっては、火気作業、高所作業及び掘削作業を伴うため、所要の安全対策を行う。

本工事のフローを図 19に示す。

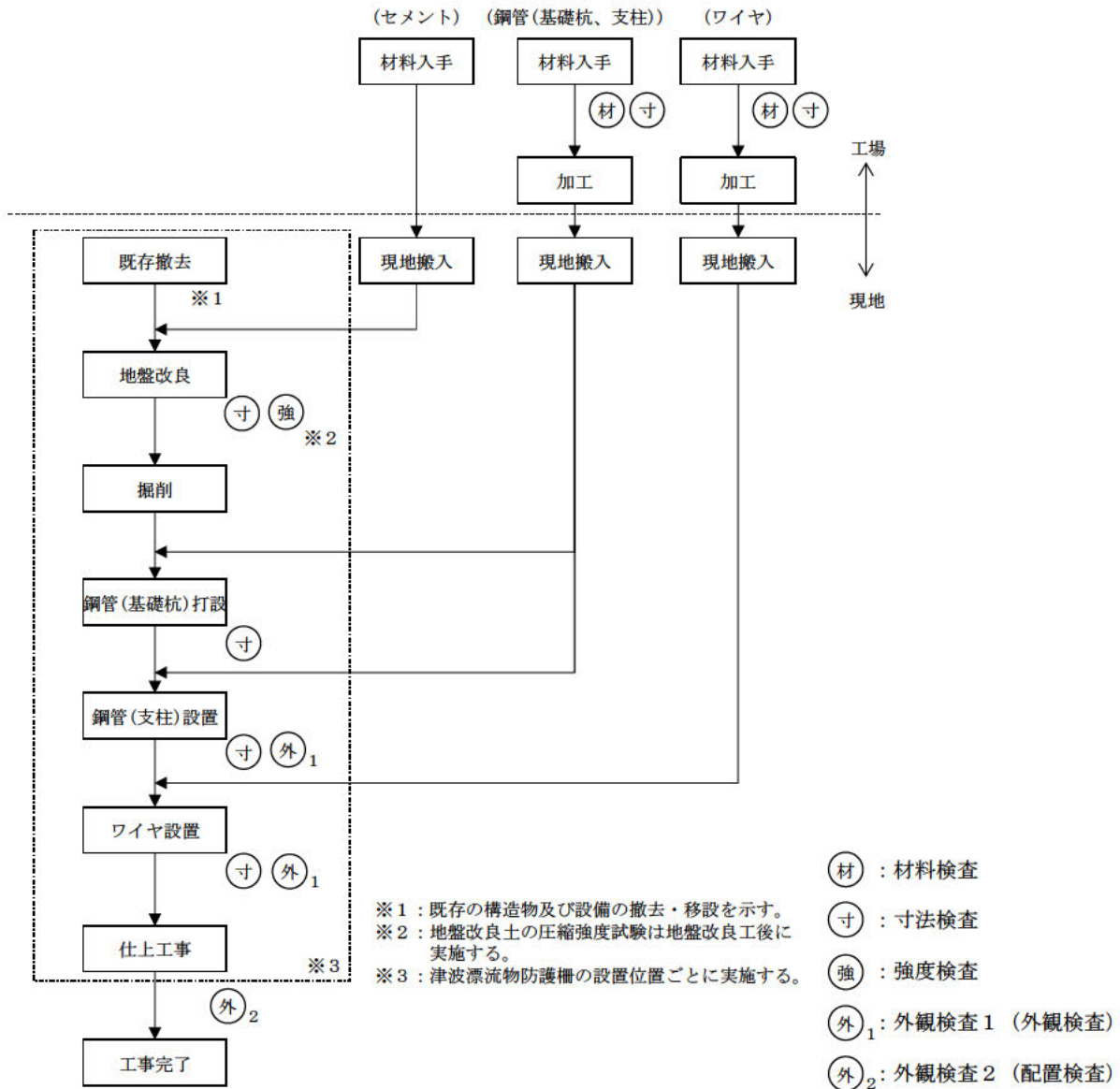


図 19 津波漂流物防護柵の工事フロー

### 3.2 津波漂流物防護柵の工事の時期

本工事の工程を表 21に示す。

本工事においては高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の周辺において作業を行う。このため、これら施設周辺の別工事（高放射性廃液貯蔵場（HAW）周辺の地盤改良工事、主排気筒の耐震改修工事、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）管理棟駐車場の地盤改良工事等）の計画と調整し、工事を進める。

表 21 津波漂流物防護柵の設置工事工程表

	令和 2 年度				令和 3 年度				令和 4 年度			
津波漂流物防護柵 設置工事												
					工事							