

配管トレンチ(T21)の耐震応答計算書

1. 概要

本資料は、廃止措置計画用設計地震動 (Ss) に対して、配管トレンチ (T21) が耐震余裕を有することを説明するものである。

廃止措置計画用設計地震動は、令和 2 年 2 月 10 日付け原規規発第 2002103 号をもって認可された「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」において策定した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。策定した廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトルを図 1-1 から図 1-3 に、時刻歴波形を図 1-4 から図 1-6 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

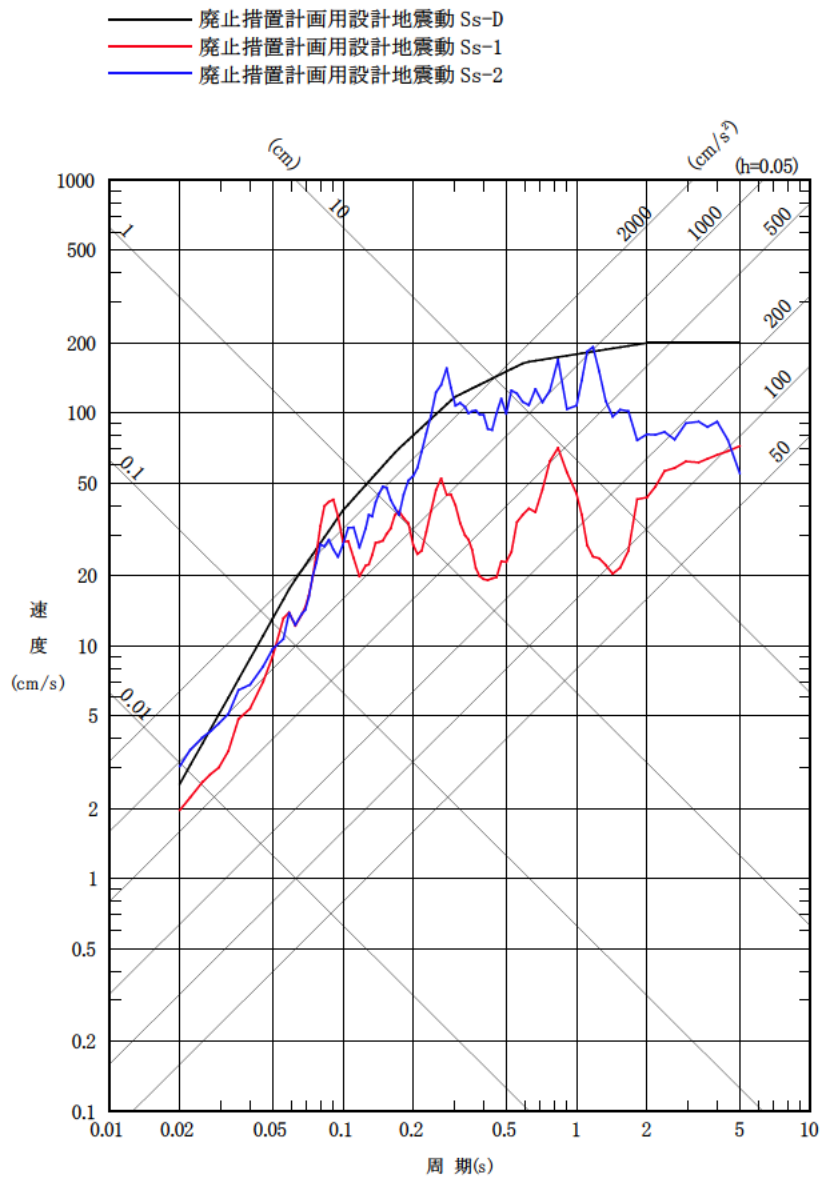


図 1-1 廃止措置計画用設計地震動(Ss)の応答スペクトル(NS成分)

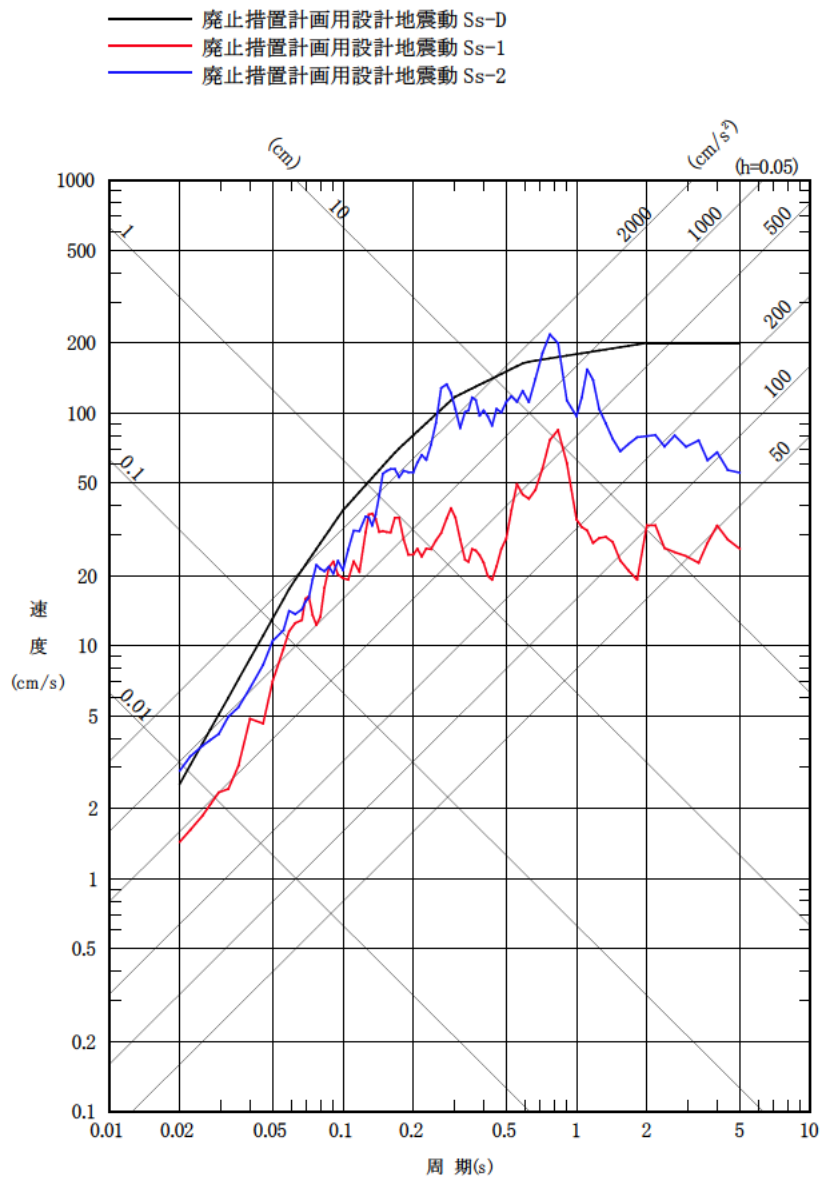


図 1-2 廃止措置計画用設計地震動(Ss)の応答スペクトル(EW成分)

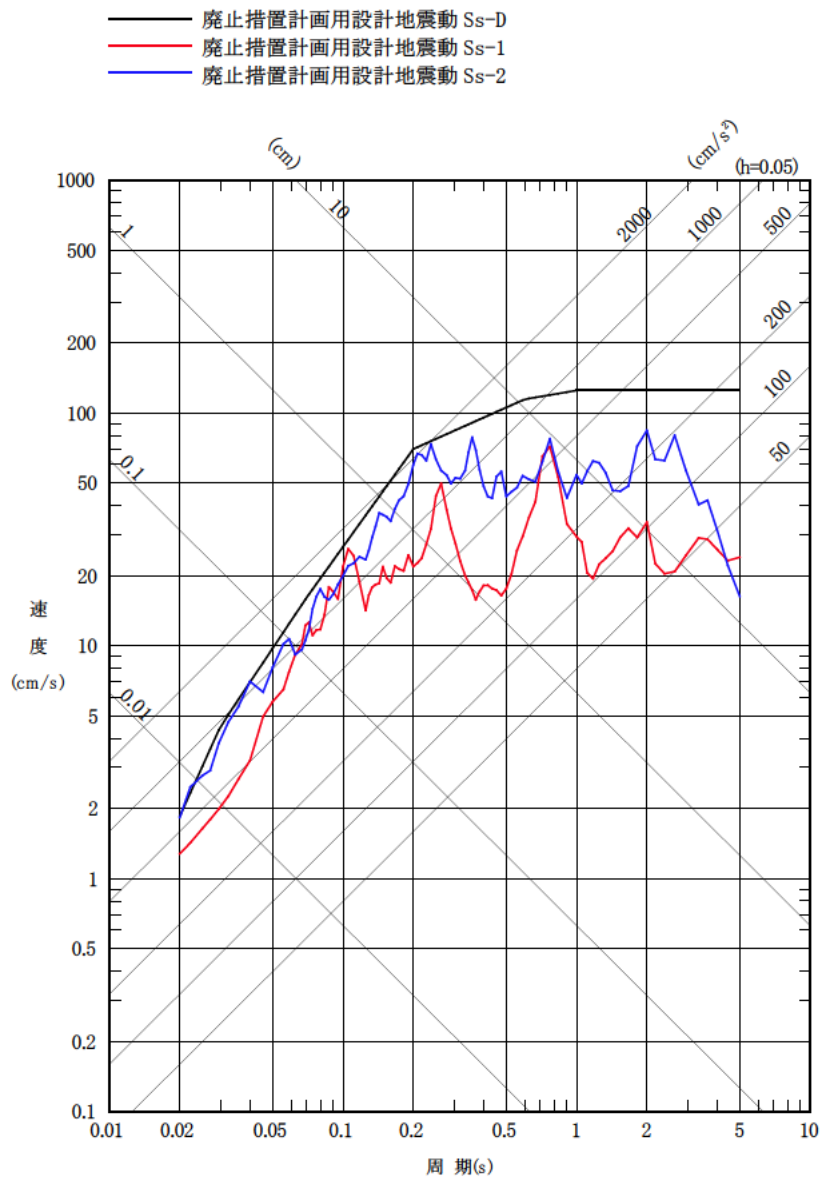


図 1-3 廃止措置計画用設計地震動(Ss)の応答スペクトル(UD成分)

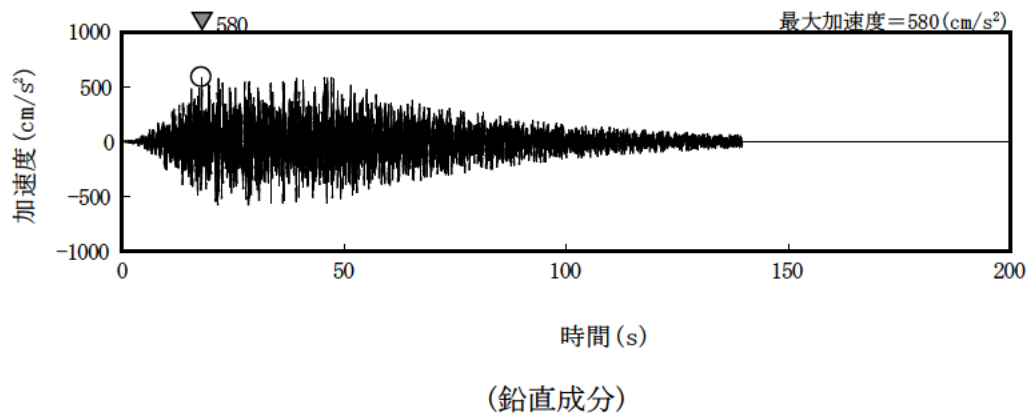
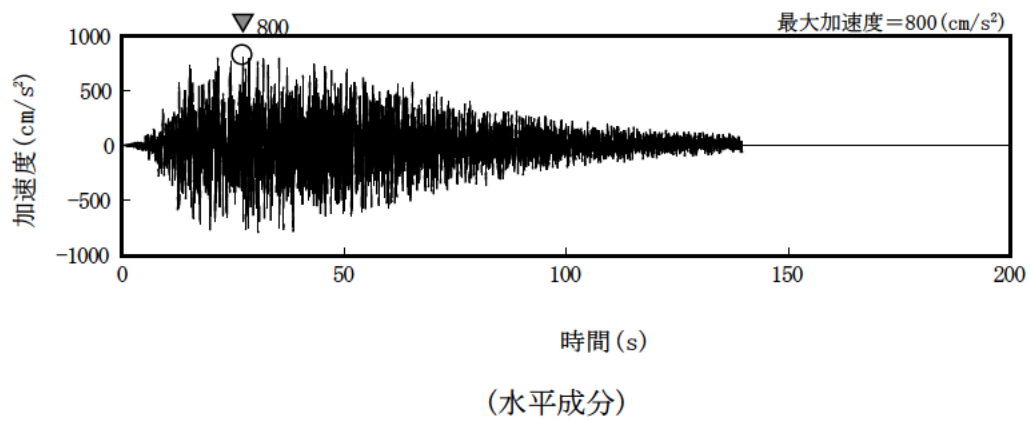


図 1-4 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-D) の時刻歴波形

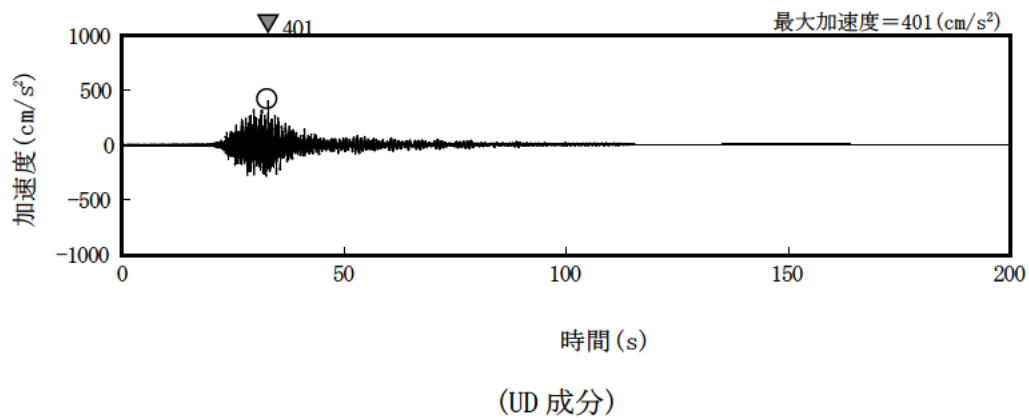
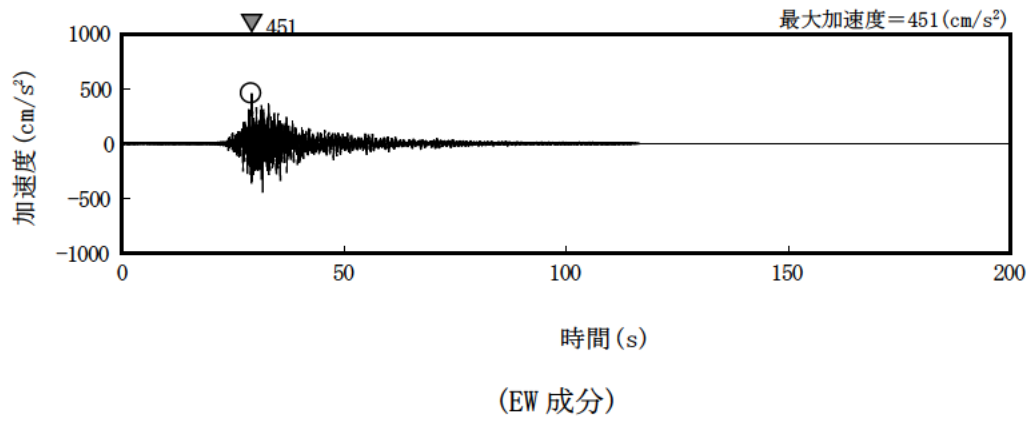
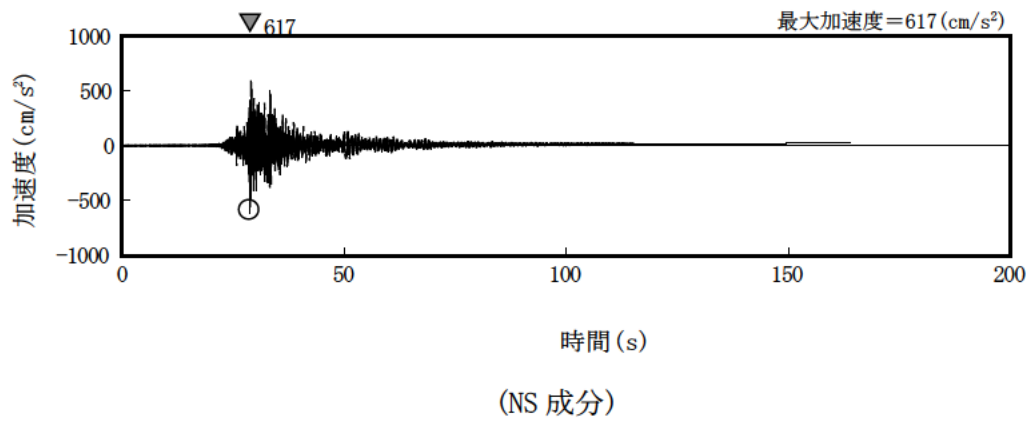


図 1-5 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-1) の時刻歴波形

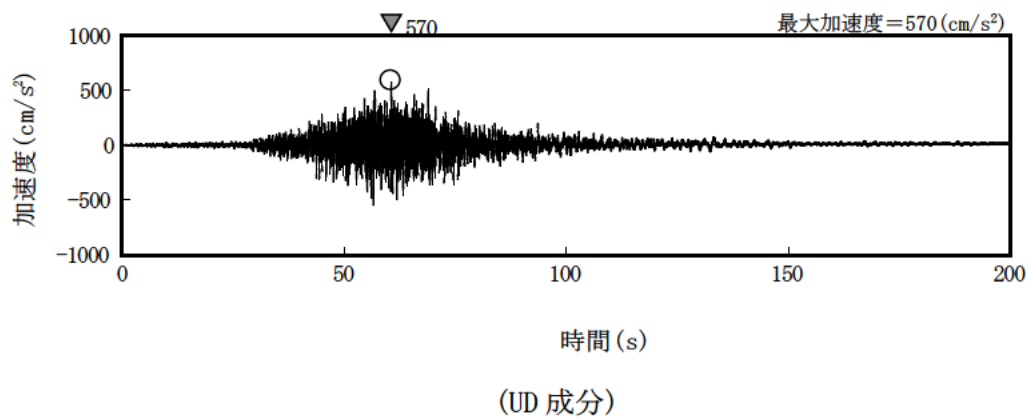
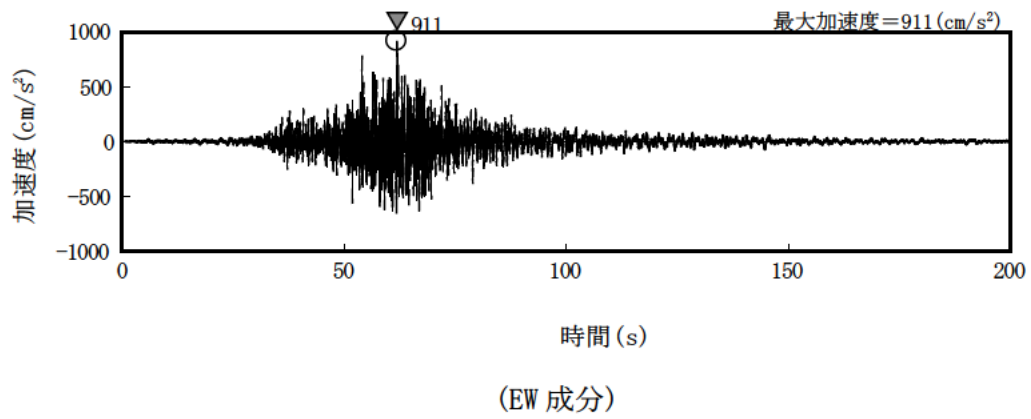
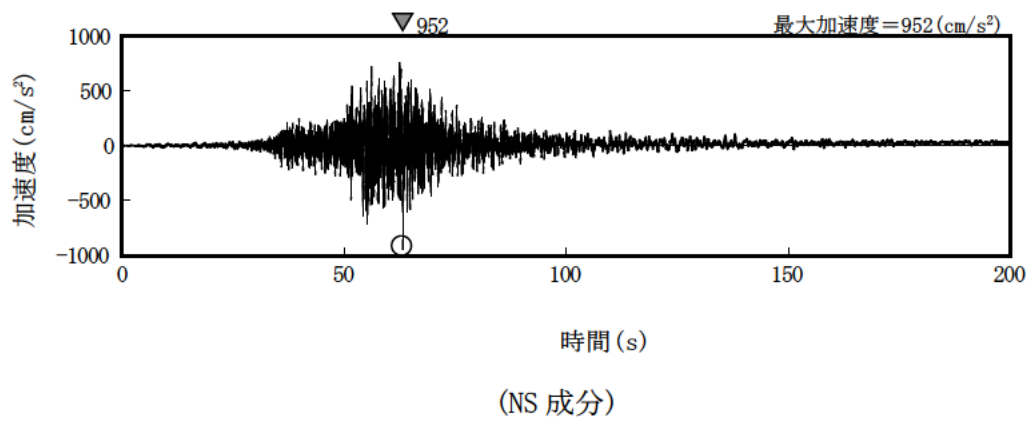


図 1-6 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-2) の時刻歴波形

2. 一般事項

2.1 位置

配管トレンチ(T21)の平面配置図を図2-1に示す。プラントノースと磁北方向の角度差は、 35.7° である。

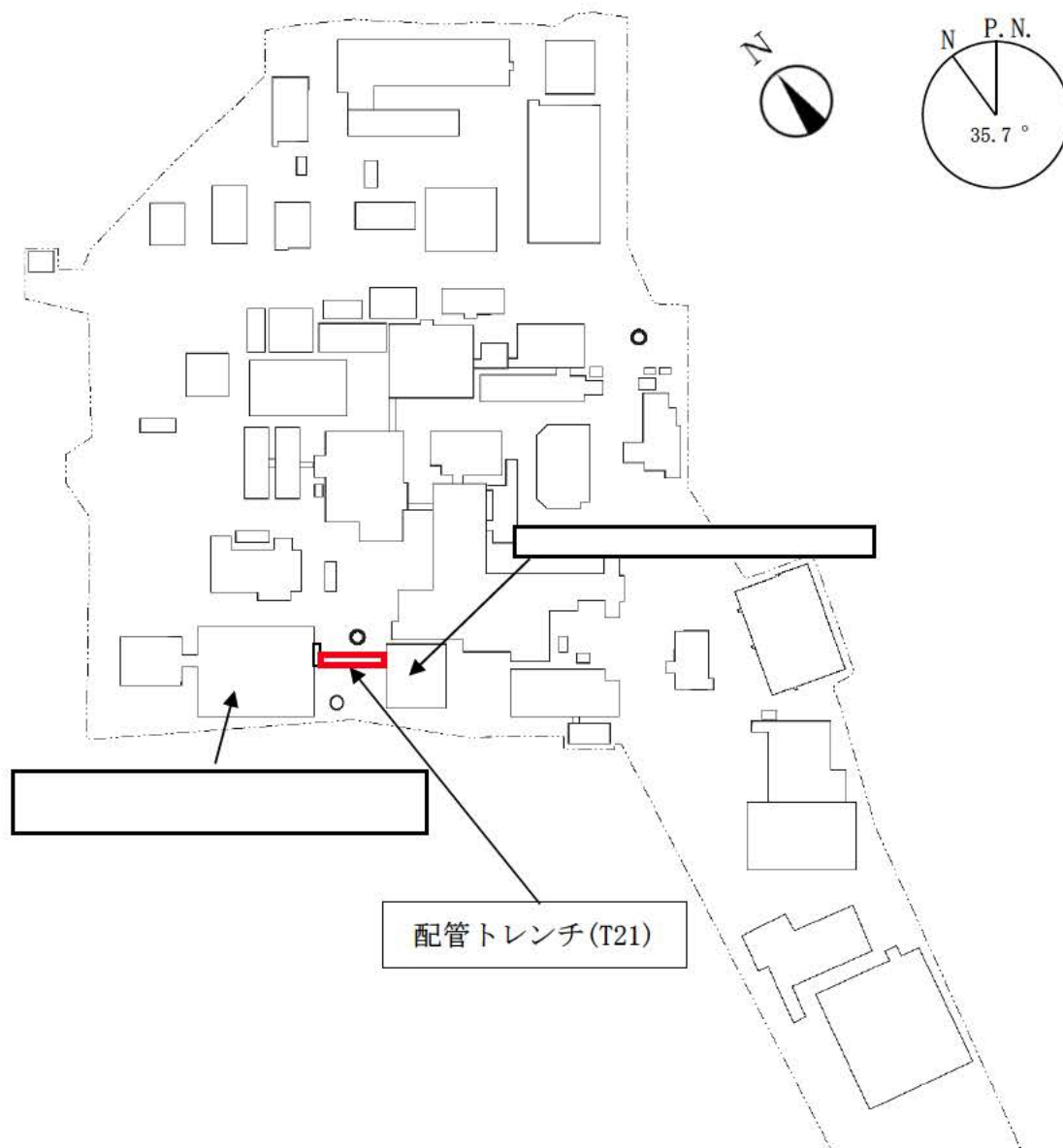


図 2-1 配管トレンチ(T21) 平面配置図

2.2 構造概要

配管トレンチ(T21)は、の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、基礎地盤である久米層(砂質泥岩)に設置されている。隣接する建家にはエキスパンションジョイントを介して接続し、独立した構造となっている。

配管トレンチ(T21)の平面図及び断面図をそれぞれ図 2-2 及び図 2-3 に、基礎地盤(久米層)の等高線図及び断面図をそれぞれ図 2-4 及び図 2-5 に、配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良範囲を図 2-6 に示す。



図 2-2 配管トレンチ(T21)の平面図



図 2-3 配管トレンチ(T21)の断面図(A-A' 断面)

(単位: mm)

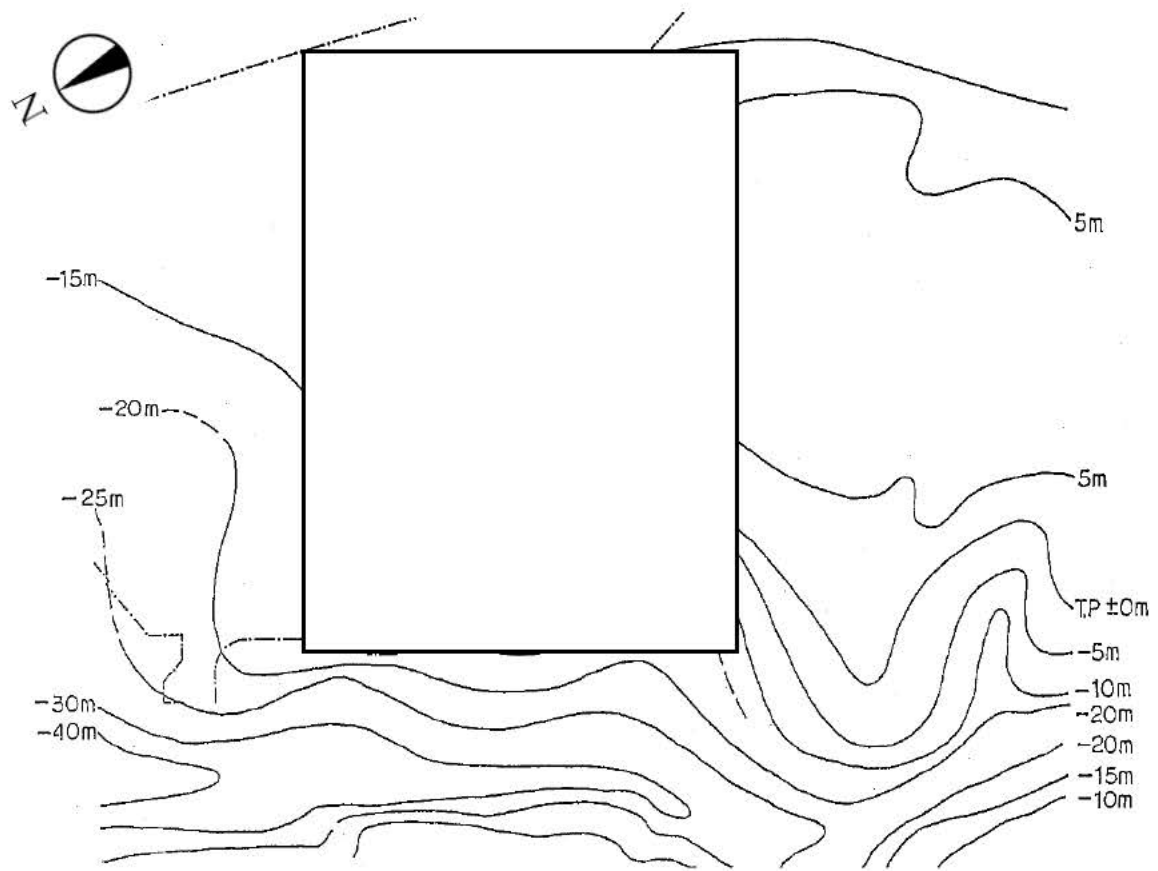
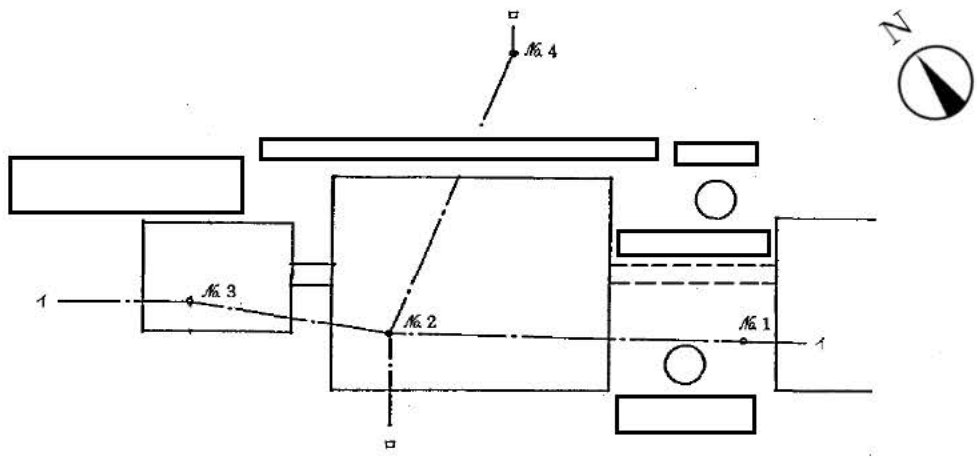
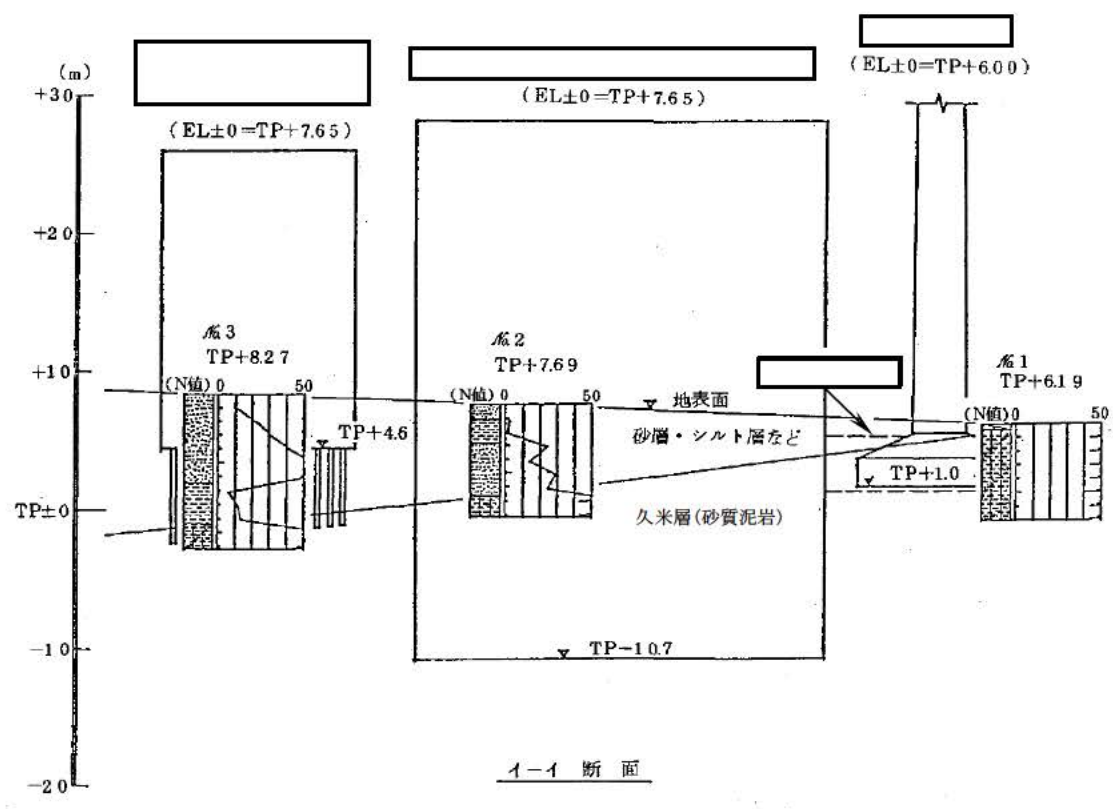


図 2-4 基礎地盤(久米層)の等高線図



ボーリング位置図



1-1 断面

注) 断面図の縦と横の縮尺は異なる。
(単位 m)

図 2-5 基礎地盤(久米層)の断面図

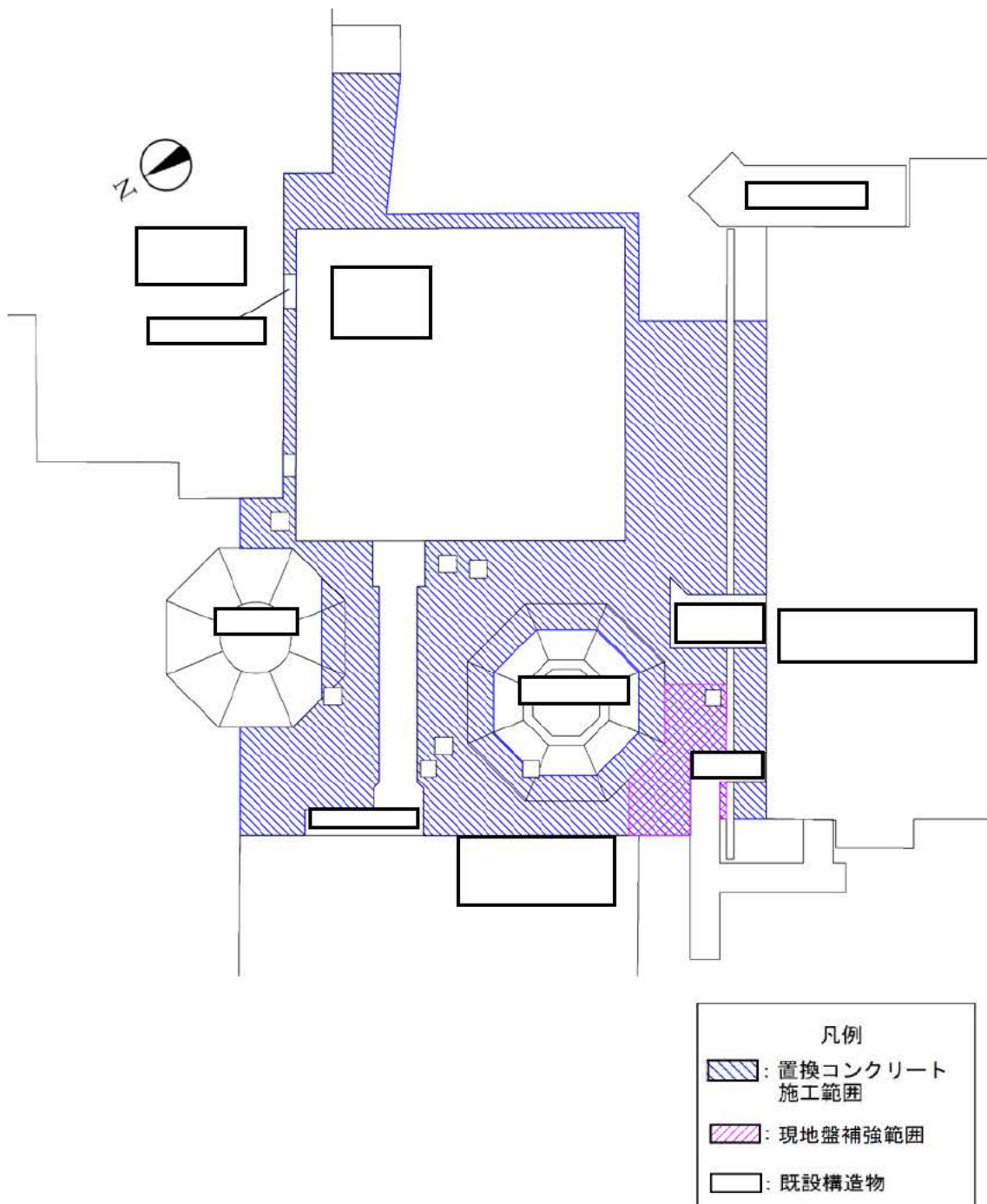


図 2-6 配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良範囲

2.3 解析方針

配管トレンチ(T21)は、廃止措置計画用設計地震動(S_s)に対して地震応答解析を実施する。地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

図 2-7 に配管トレンチ(T21)の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 一般事項」に基づき、「3.2 解析対象断面」にて設定する断面において時刻歴非線形解析にて行う。時刻歴非線形解析は、「3.4 解析モデル及び諸元」及び「3.5 荷重及び荷重の組合せ」に示す条件を基に、「3.3 入力地震動」にて設定する入力地震動を用いて、水平地震動と鉛直地震動の同時加振により実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い、断面力及び接地圧は、配管トレンチ(T21)の耐震性評価に用いる。

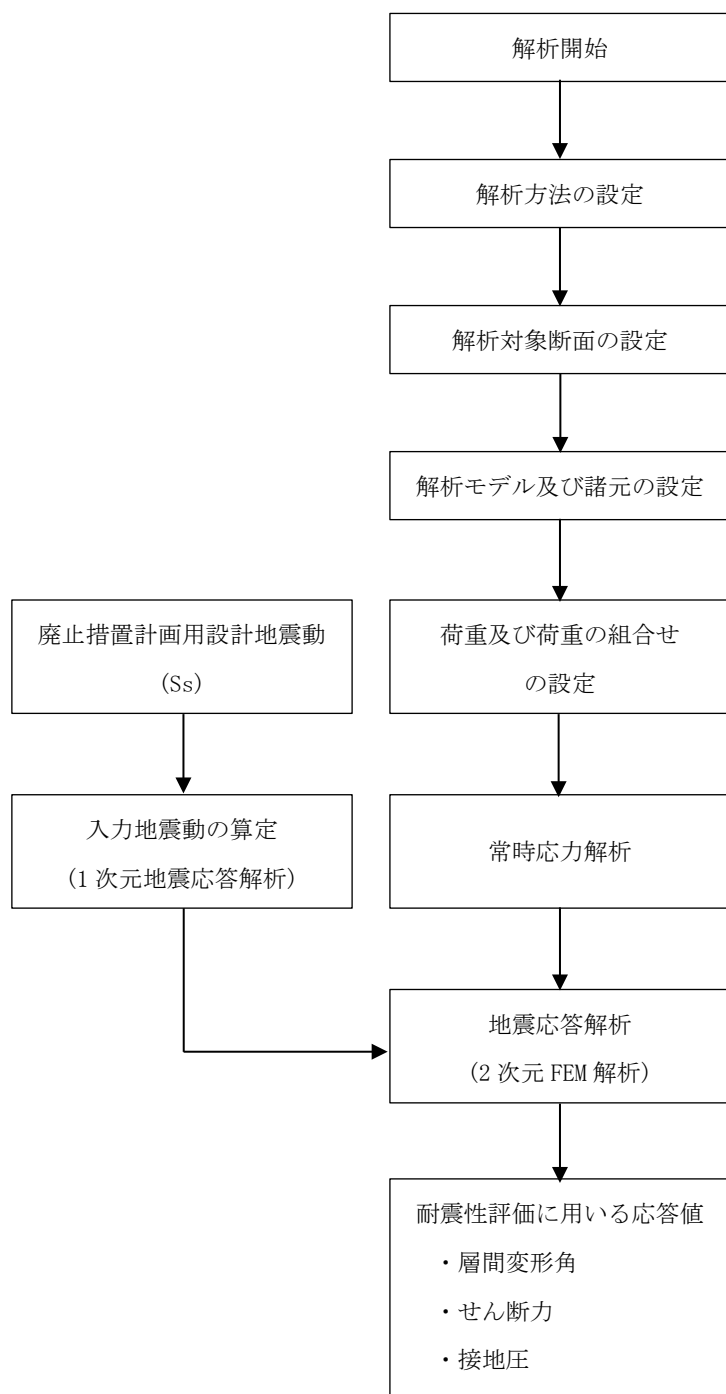


図 2-7 配管トレンチ (T21) の地震応答解析フロー

2.4 準拠規格・基準

配管トレンチ(T21)の地震応答解析において、準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(土木学会)
- ・ 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)
(以下「土木学会マニュアル」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601(日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601(日本電気協会)
- ・ 道路橋示方書(I 共通編・IV下部構造編)・同解説(日本道路協会)

2.5 使用材料

配管トレンチ(T21)の使用材料は、既往の設計及び工事の方法の認可「再処理施設に関する設計及び工事の方法(ガラス固化技術開発施設)」に基づき設定する。構造物の使用材料を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造物の使用材料

コンクリート	設計基準強度(N/mm ²) 22.1
鉄筋	SD35(SD345 相当)

3. 地震応答解析

3.1 解析方法

配管トレンチ(T21)の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる二次元有限要素法を用いて、廃止措置計画用設計地震動に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。

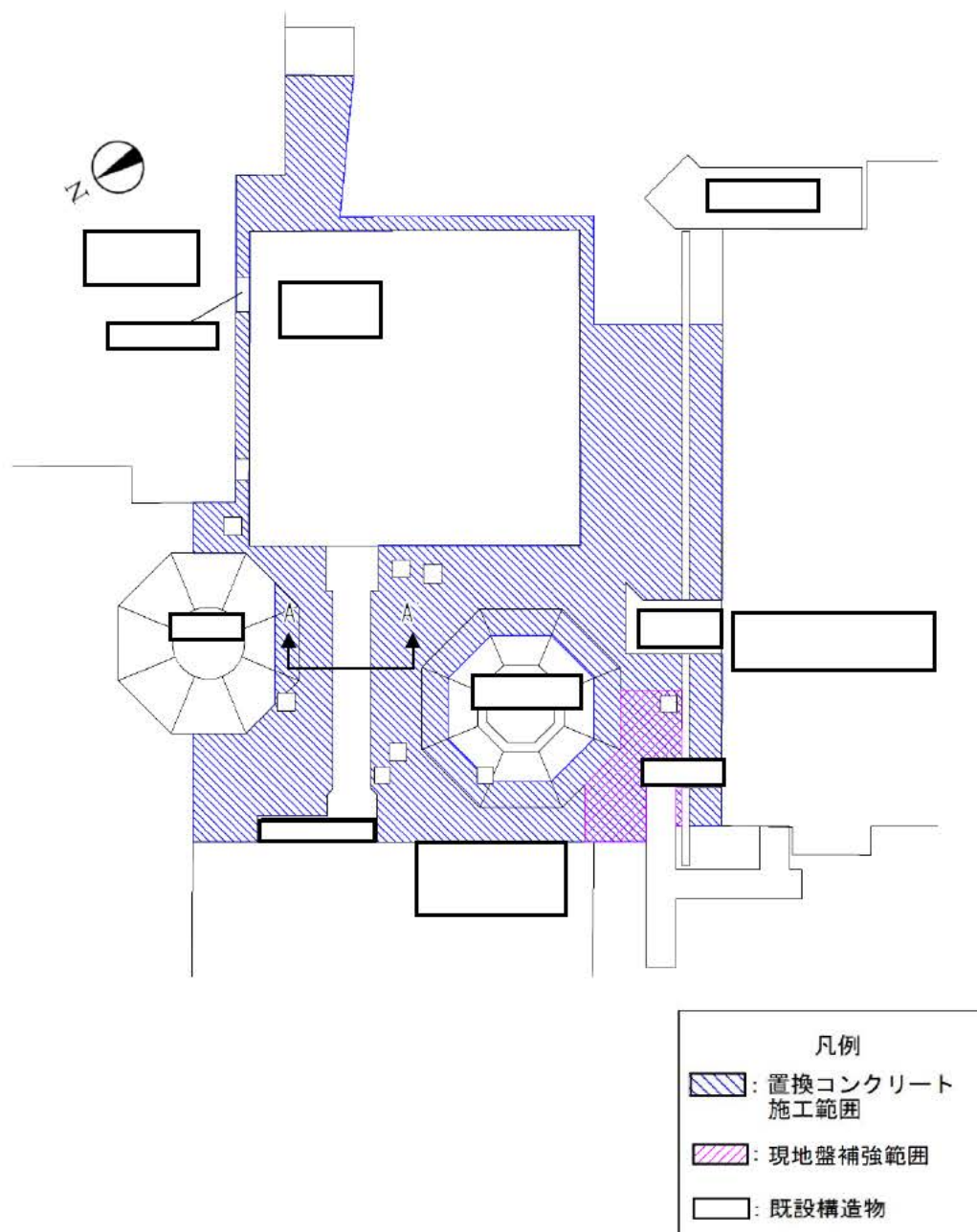
地震応答解析に用いる地盤剛性は、原地盤におけるせん断波速度の原位置試験データに基づき設定し、地盤の液状化強度特性は、構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、ばらつき(-1σ)を設定する。

地震応答解析に使用する解析コードは、「FLIP(FLIP コンソーシアム)」である。

3.2 解析対象断面

配管トレンチ(T21)の解析対象断面位置図を図3-1に示す。構造物の耐震性評価における解析対象断面は図3-1のNS方向断面(A-A'断面)とする。

解析対象断面を図3-2に示す。



※久米層の出現深度及び既設構造物の状況により、改良範囲が異なる場合がある。

図3-1 配管トレンチ(T21)の解析対象断面位置図



※久米層の出現深度及び既設構造物の状況により、改良範囲が異なる場合がある。

図 3-2 配管トレンチ(T21)の解析対象断面(A-A'断面)

3.3 入力地震動

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される廃止措置計画用設計地震動(Ss)を一次元等価線形解析により地震応答解析モデル(二次元 FEM モデル)の底面位置で算定した応答波(2E)を用いる。

廃止措置計画用設計地震動のうち、NS 及び EW 方向で個別の地震動が定義されている Ss-1 及び Ss-2 については、解放基盤表面への入力前に建家座標系に方位変換する。

入力地震動算定の概念図を図 3-3 に、地盤の物性値を表 3-1 に、動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を図 3-4 に、入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-5 から図 3-7 に示す。

入力地震動の算定に使用する解析コードは、「SoilPlus(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」である。

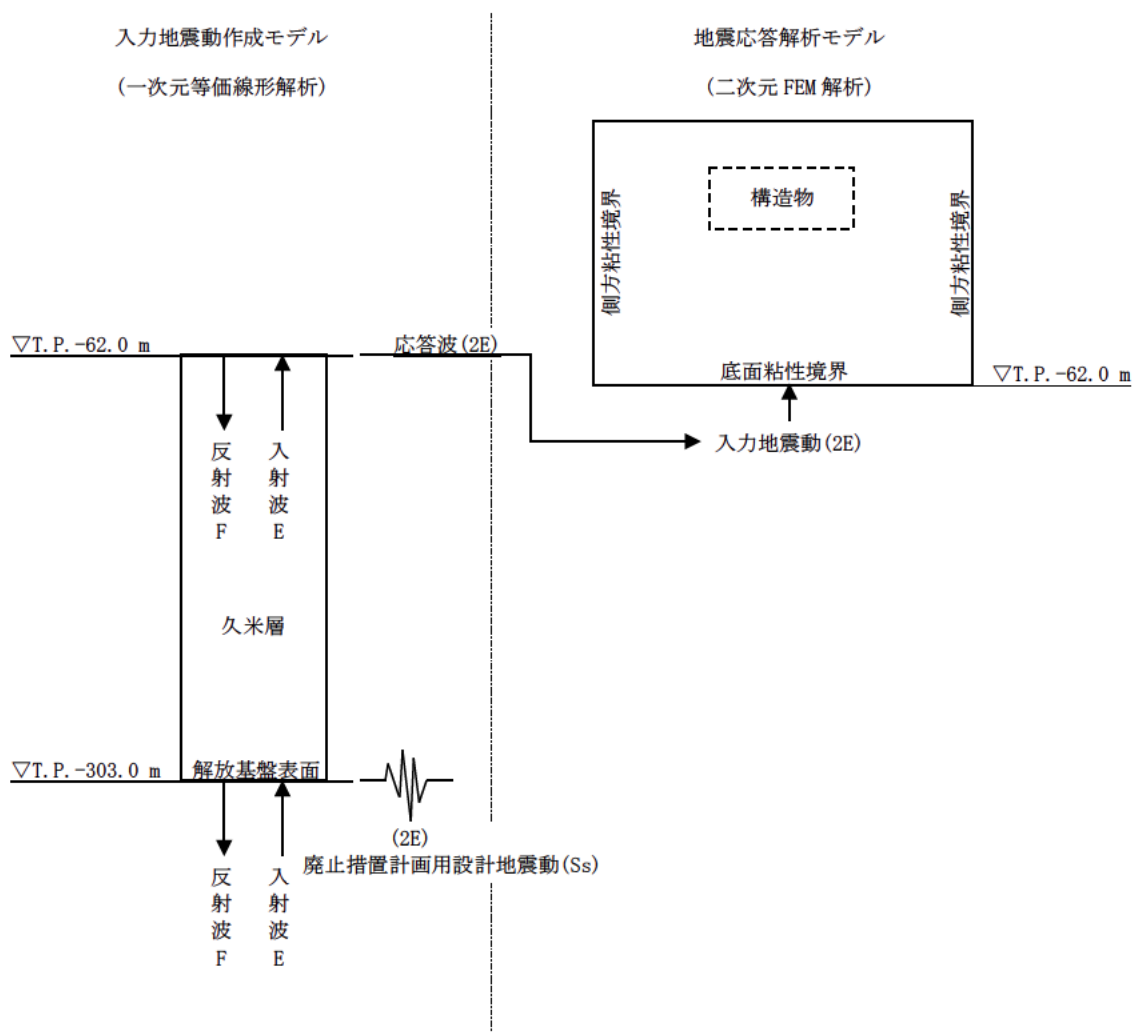
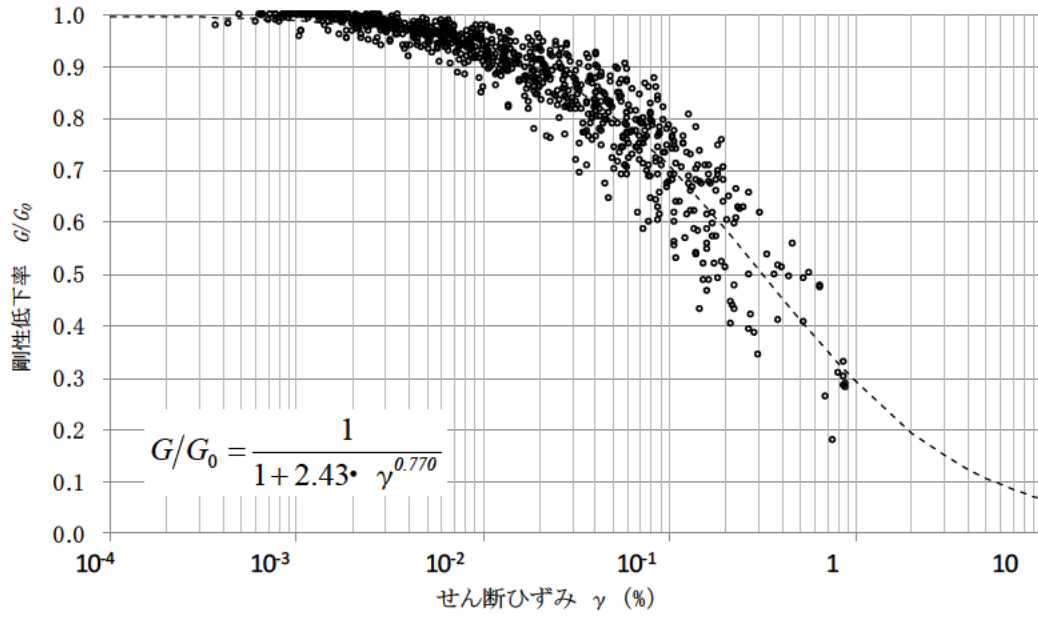


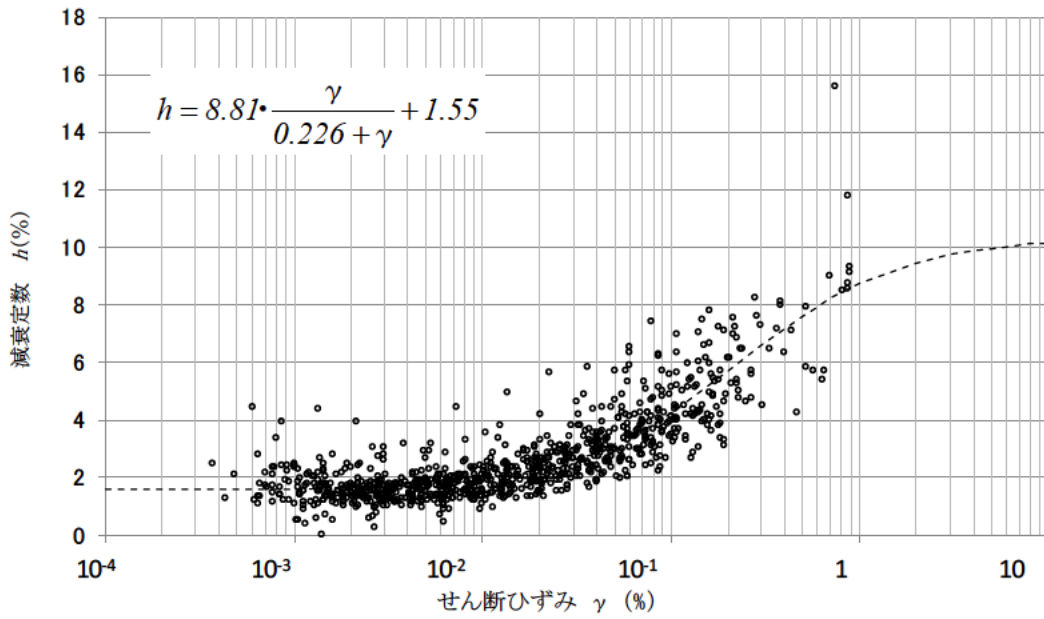
図 3-3 入力地震動算定の概念図

表 3-1 地盤の物性値(入力地震動作成モデル)

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 ν_d	動せん断 弾性係数 G_0 (MN/m ²)
-62.0					
-92.0	久米層	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



(a) 動せん断弾性係数



(b) 減衰定数

図 3-4 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性(久米層)

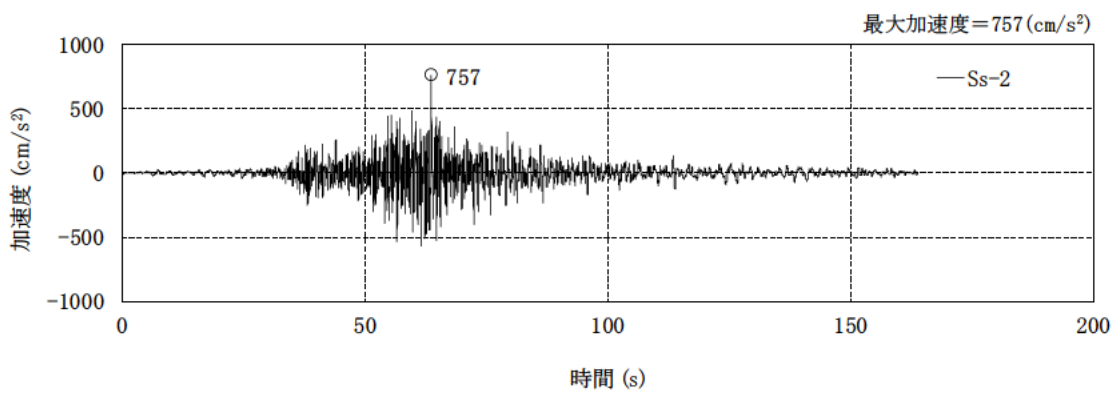
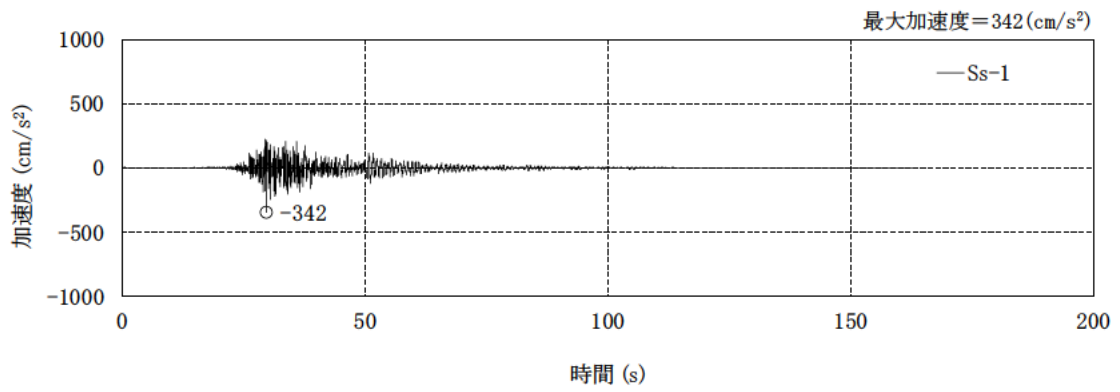
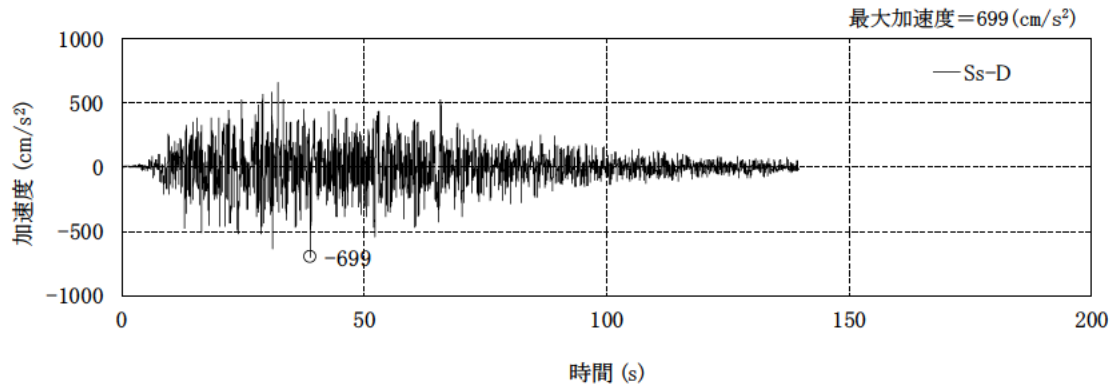


図 3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形(水平方向)

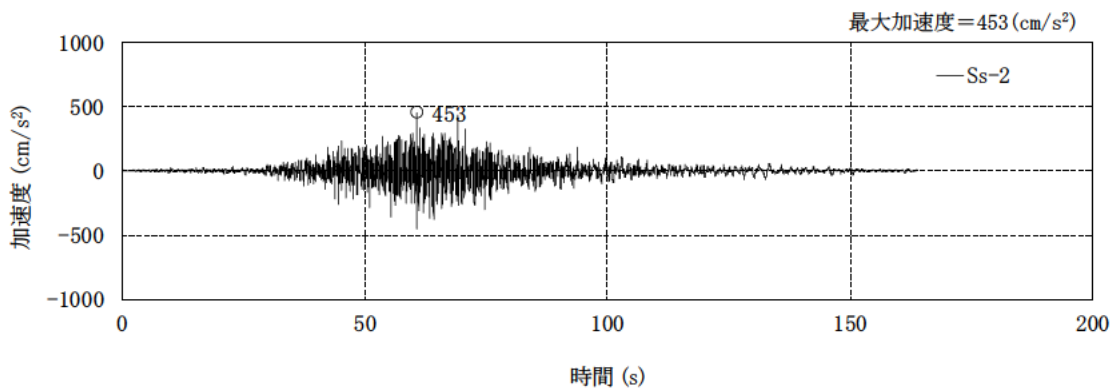
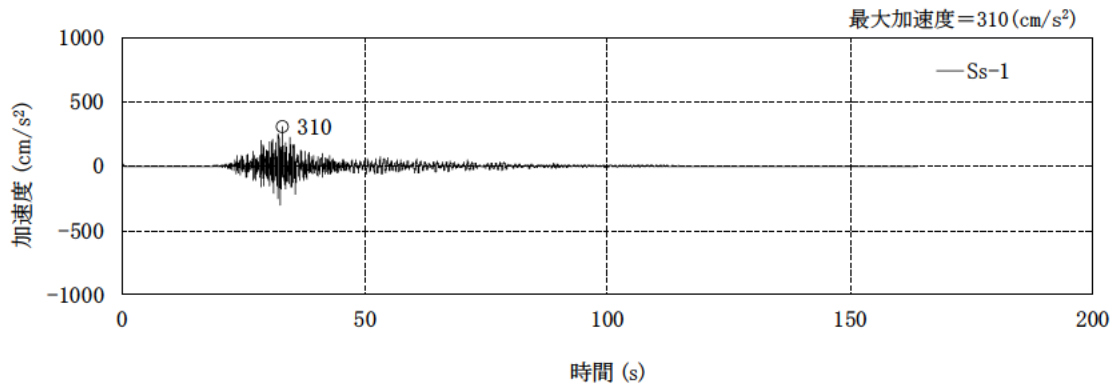
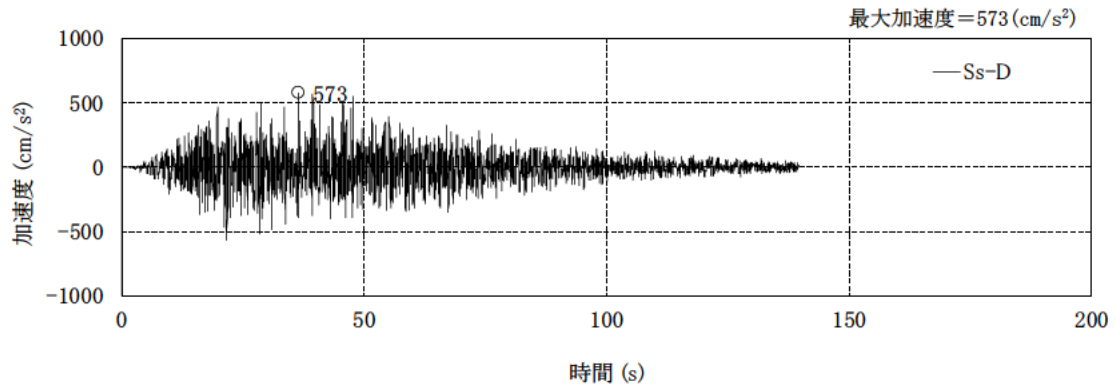
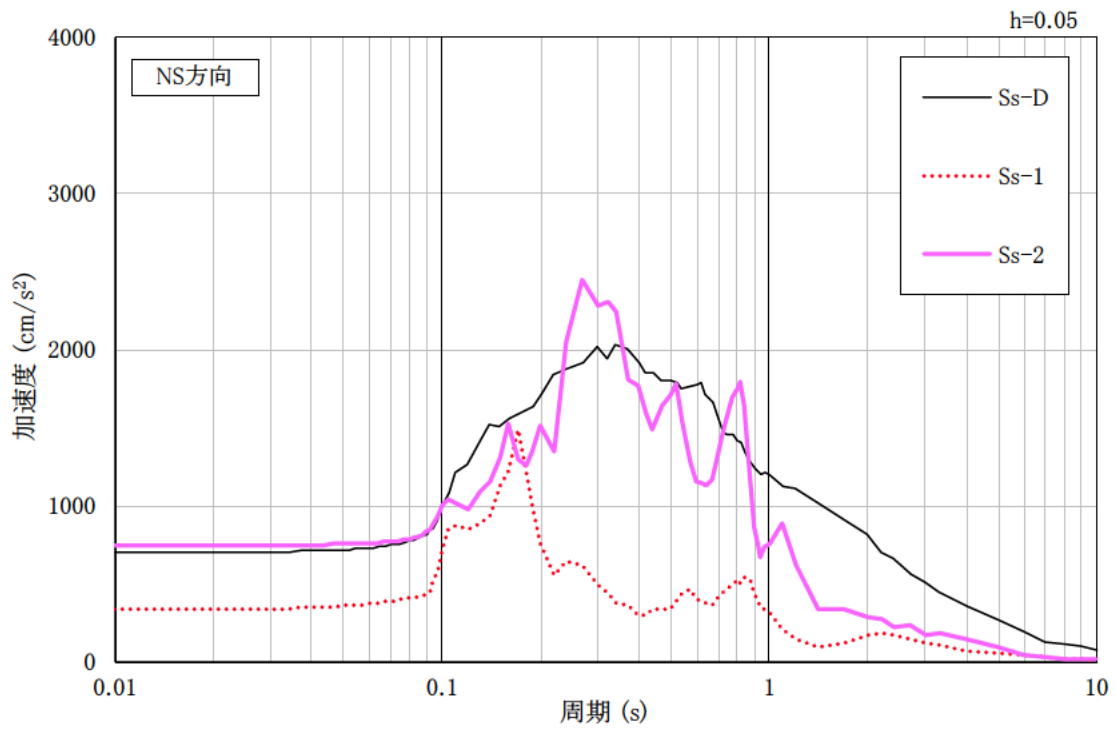
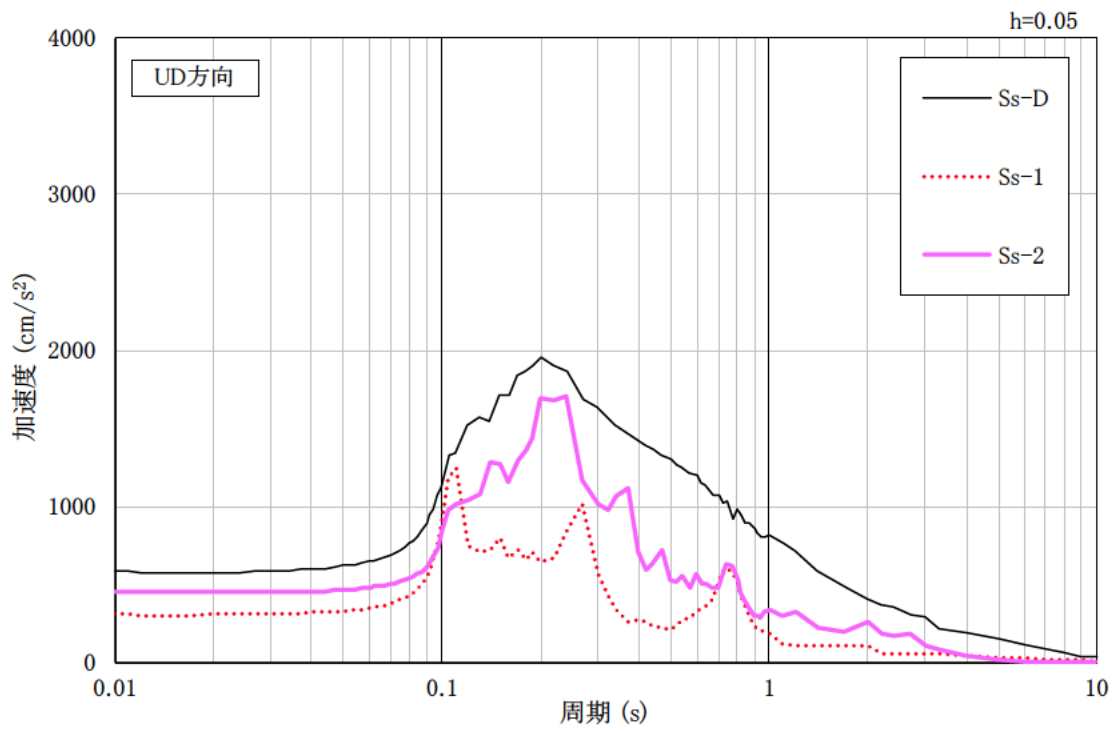


図 3-6 入力地震動の加速度時刻歴波形(鉛直方向)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 3-7 入力地震動の加速度応答スペクトル

3.4 解析モデル及び諸元

3.4.1 解析モデル

配管トレンチ(T21)の地震応答解析モデルを図 3-8 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が、構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。具体的には、JEAG4601 を参考に、モデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物基礎幅の 2 倍以上確保する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

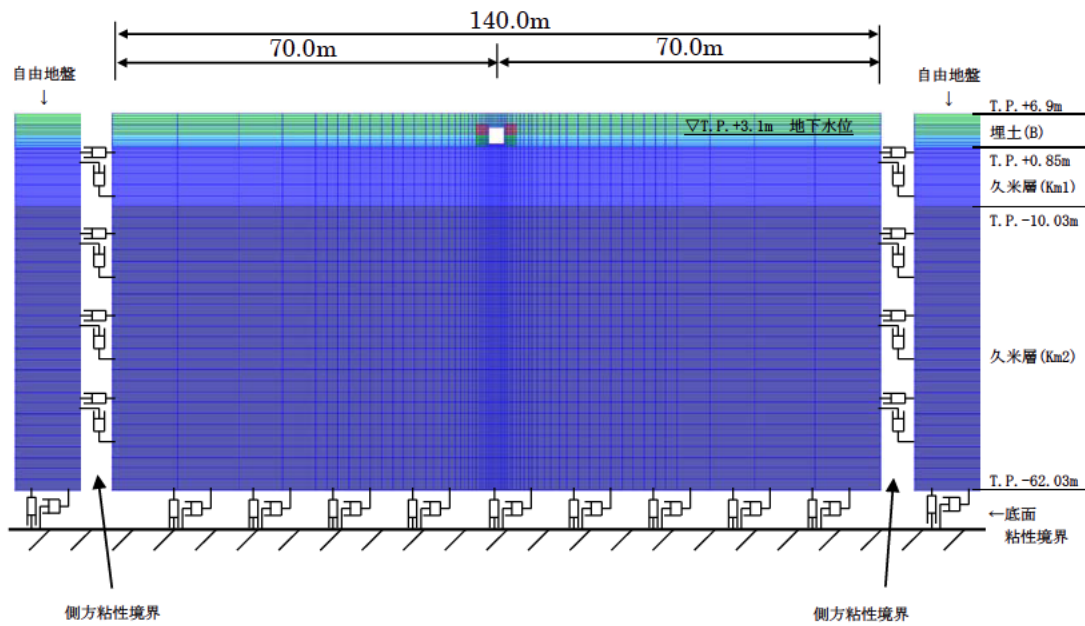
配管トレンチ(T21)躯体は、頂版、側壁及び底版の断面中心位置に線形梁要素によりモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

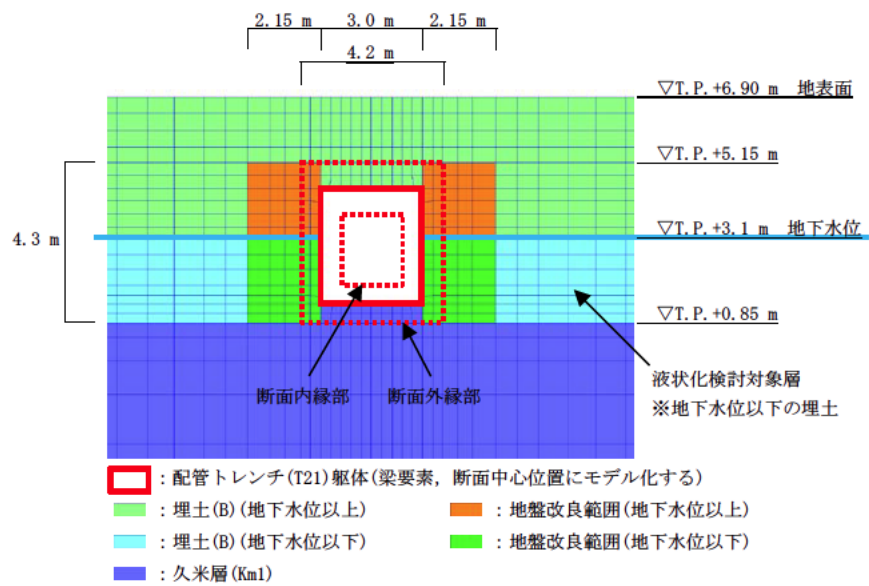
地盤は、マルチスプリング要素によりモデル化し、地盤の繰返しせん断応力-せん断ひずみ関係の骨格曲線は、地震時の有効応力の変化に応じた地震時挙動を表現できる双曲線モデル(H-D モデル)を設定する。地盤の要素は、地質断面図に基づき分割し、地盤の要素の高さは、JEAG4601 を参考に、最大周波数 20 Hz 及び地盤のせん断波速度 V_s により求まる要素高さ($=1/4 \times V_s/20$)を目安に設定し、浅くなるにつれて細かく分割する。地下水位は、地盤調査結果に基づき T.P.+3.1 m に設定する。配管トレンチ(T21)側面の地盤改良は、水平方向に広範囲で実施するが、解析では保守的な設定として、地盤改良範囲の幅は 2.15 m(構造物幅の約 1/2)とする。

(5) 減衰

構造物の減衰は剛性比例型減衰とし、減衰定数を 3 %とする。地盤の減衰はレーリー減衰とし、減衰定数を 1 %とする。



(a) 全体図



(b) 配管トレンチ (T21) 周辺拡大図

図 3-8 配管トレンチ (T21) の地震応答解析モデル

3.4.2 材料の物性値

配管トレンチ (T21) の地震応答解析に用いる材料の物性値は、土木学会マニュアルに基づき設定する。材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-2 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.5	2.43×10 ⁴	0.2

3.4.3 地盤の物性値

地震応答解析に用いる地盤の物性値を表 3-3 に、設定根拠を表 3-4 に示す。物性値は、敷地内における各種の地盤調査及び地盤材料試験に基づき設定する。

液状化検討対象層とする埋土に設定する液状化パラメータは、液状化試験（繰返し非排水三軸試験）結果から得られる液状化強度特性に基づき設定する。液状化強度特性は、保守的に（液状化しやすく）評価されるよう、原地盤の液状化試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差 σ を用いて、平均-1 σ となる曲線を設定する。

液状化試験結果から得られた液状化強度特性及び FLIP による再現結果を図 3-9 に示す。平均-1 σ の液状化強度曲線を再現するよう設定した FLIP の液状化パラメータを表 3-5 に示す。

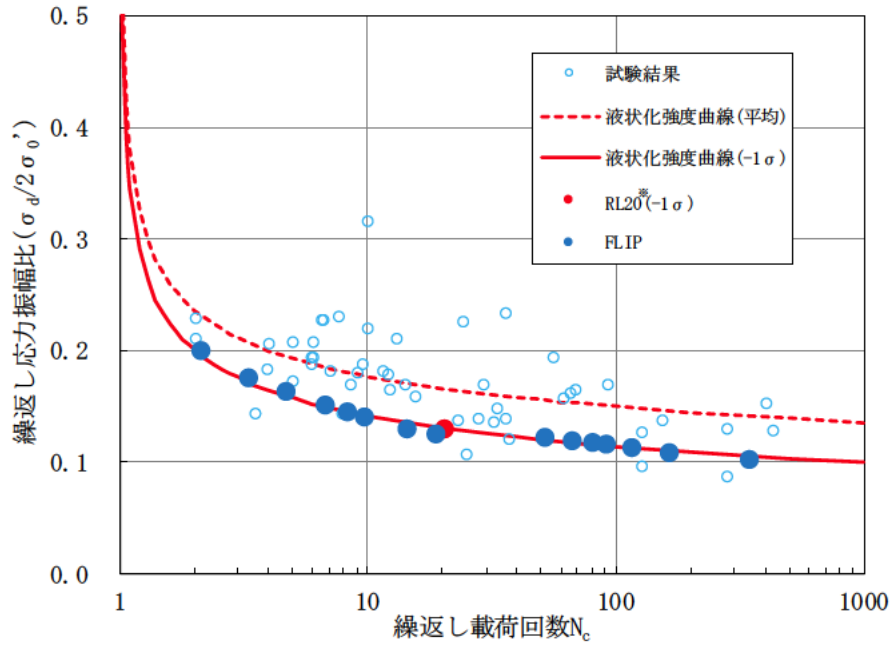
地盤改良に用いる置換コンクリートの物性値を表 3-6 に示す。地盤改良範囲の要素は、久米層 (Km1) 以上のせん断弾性係数を持つコンクリートで地盤を改良するため、当該要素を久米層 (Km1) でモデル化している。

表 3-3 地盤の物性値(地震応答解析モデル)

	記号	単位	埋土 B	久米層 Km1	久米層 Km2
密度	ρ	g/cm ³	1.76	1.77	1.77
間隙率	n	—	0.418	0.519	0.519
ポアソン比	ν	—	0.22	0.46	0.46
基準平均有効主応力	σ_{ma}'	kN/m ²	61.83	1	1
基準せん断弾性係数	G_{ma}	kN/m ²	75300	428000	466000
最大減衰定数	h_{max}	—	0.2507	0.1406	0.1406
粘着力	C	kN/m ²	0	1030	1120
内部摩擦角	ϕ	°	40	0	0
せん断波速度	Vs	m/s	143	492	513

表 3-4 物性値の設定根拠(地震応答解析モデル)

	記号	単位	埋土 B	久米層 Km1	久米層 Km2
密度	ρ	g/cm ³	室内物理試験	室内物理試験	室内物理試験
間隙率	n	—			
ポアソン比	ν	—	三軸圧縮試験	PS 検層から 算定	PS 検層から 算定
基準平均有効主応力	σ_{ma}'	kN/m ²	動的変形試験 に基づき設定	動的変形試験 に基づき設定	動的変形試験 に基づき設定
基準せん断弾性係数	G_{ma}	kN/m ²			
最大減衰定数	h_{max}	—			
粘着力	C	kN/m ²	三軸圧縮試験	三軸圧縮試験 及び引張強さ 試験	三軸圧縮試験 及び引張強さ 試験
内部摩擦角	ϕ	°			
せん断波速度	Vs	m/s	PS 検層	PS 検層	PS 検層



※RL20：液状化強度比 ($N_c=20$ 回で液状化に至る繰返し応力振幅比)

図 3-9 液状化強度特性及び FLIP による再現結果(埋土)

表 3-5 FLIP の液状化パラメータ

	変相角 $\phi_p(^{\circ})$	液状化の終局状態を規定するパラメータ S_1	液状化特性全体を規定するパラメータ W_1	液状化特性の前半を規定するパラメータ P_1	液状化特性の後半を規定するパラメータ P_2	液状化発生の下限值を規定するパラメータ C_1
埋土 B(-1σ)	28	0.005	1.267	0.355	1.2	1.59

表 3-6 置換コンクリートの物性値

材料	設計基準 強度 (N/mm ²)	単位体積 重量 (kN/m ³)	ヤング 係数 (N/mm ²)	ポアソン 比	せん断 弾性係数 (kN/m ²)
置換コンクリート	18	23	2.06×10 ⁴	0.2	8580000

3.5 荷重及び荷重の組合せ

3.5.1 荷重

配管トレンチ(T21)の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重(G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重(P)

積載荷重として機器・配管荷重、土圧及び水圧による荷重を考慮する。

(3) 地震荷重(Ks)

廃止措置計画用設計地震動(Ss)による荷重を考慮する。

3.5.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-7 に示す。

表 3-7 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時(Ss)	G+P+Ks

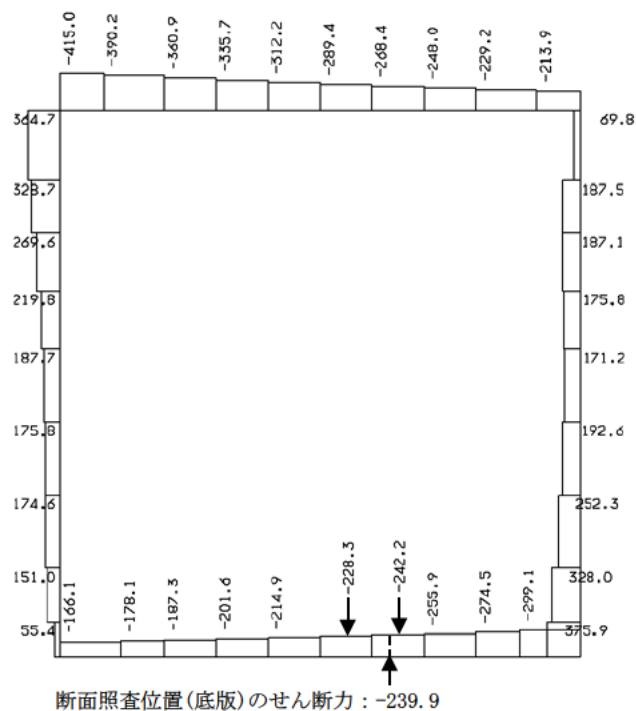
G：固定荷重

P：積載荷重

Ks：地震荷重

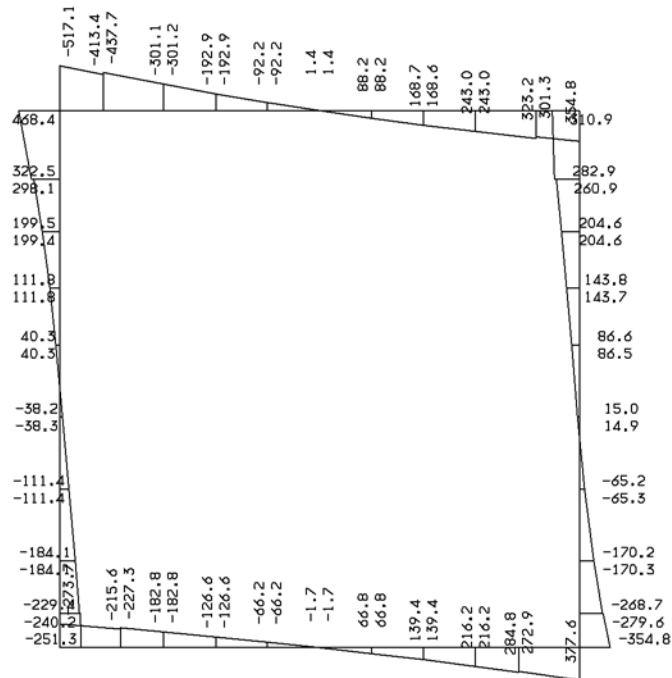
4. 地震応答解析結果

地震応答解析結果のうち、最大の応答値が発生する Ss-D を入力地震動とするケースについて、配管トレンチ (T21) 躯体のせん断力、曲げモーメント、軸力分布及び最大層間変位を図 4-1 から図 4-4 に示す。なお、液状化検討対象層とした地下水位以下の埋土は、地震応答解析において過剰間隙水圧比が 0.95 を超えることから、液状化が生じる結果となっており、解析結果には液状化による地盤時挙動の影響が含まれている。



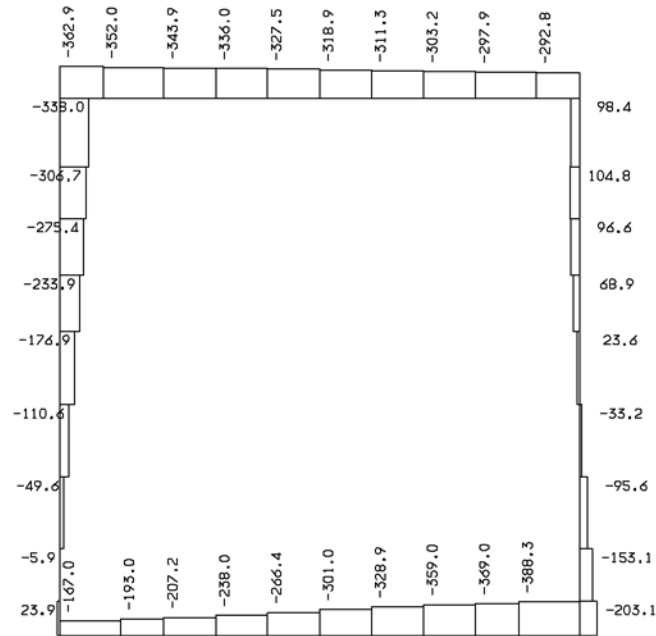
(単位：kN)

図 4-1 せん断力分布図 (Ss-D, 時刻 t=15.81 s)



(単位 : kN・m)

図 4-2 曲げモーメント分布図(Ss-D, 時刻 t=15.81 s)



(単位 : kN)

図 4-3 軸力分布図(Ss-D, 時刻 t=15.81 s)

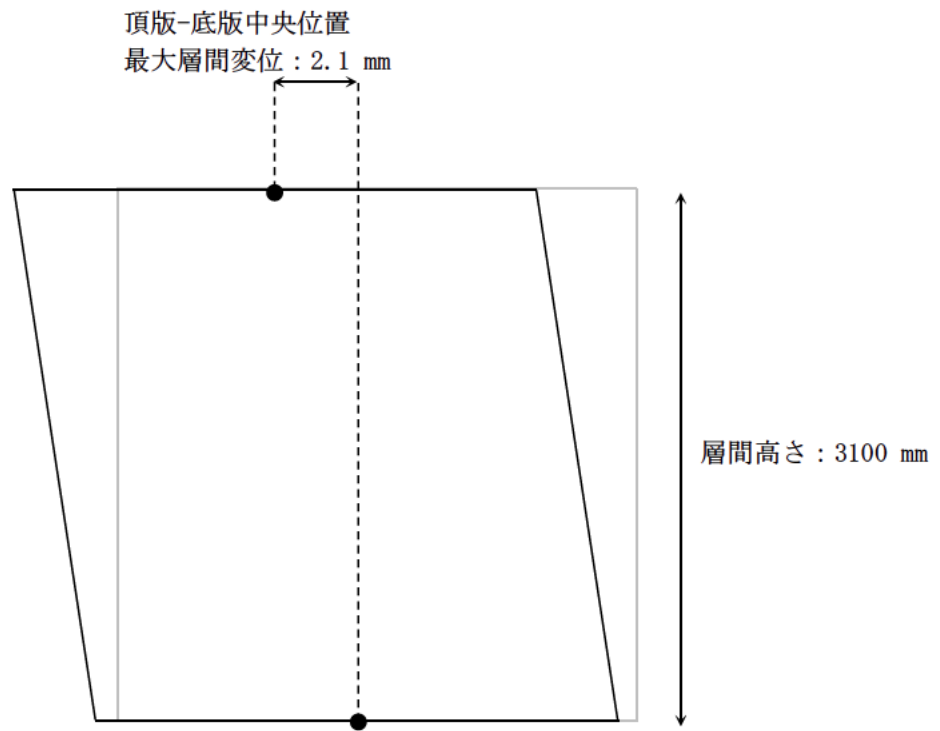


図 4-4 最大層間変位 (Ss-D, 時刻 $t=22.31$ s)

5. 耐震性評価

5.1 評価方針

配管トレンチ(T21)の耐震性評価は、地震応答解析結果に基づき、表 5-1 に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行うことで、構造強度を有すること及びSクラスの設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、構造部材の層間変形角及びせん断力が許容限界以下であることを確認する。基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に生じ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。

配管トレンチ(T21)の耐震性評価フローを図 5-1 に示す。

表 5-1 配管トレンチ(T21)の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	層間変形角，せん断力が許容限界以下であることを確認	限界層間変形角
				せん断耐力
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力
Sクラスの設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	層間変形角，せん断力が許容限界以下であることを確認	限界層間変形角
				せん断耐力

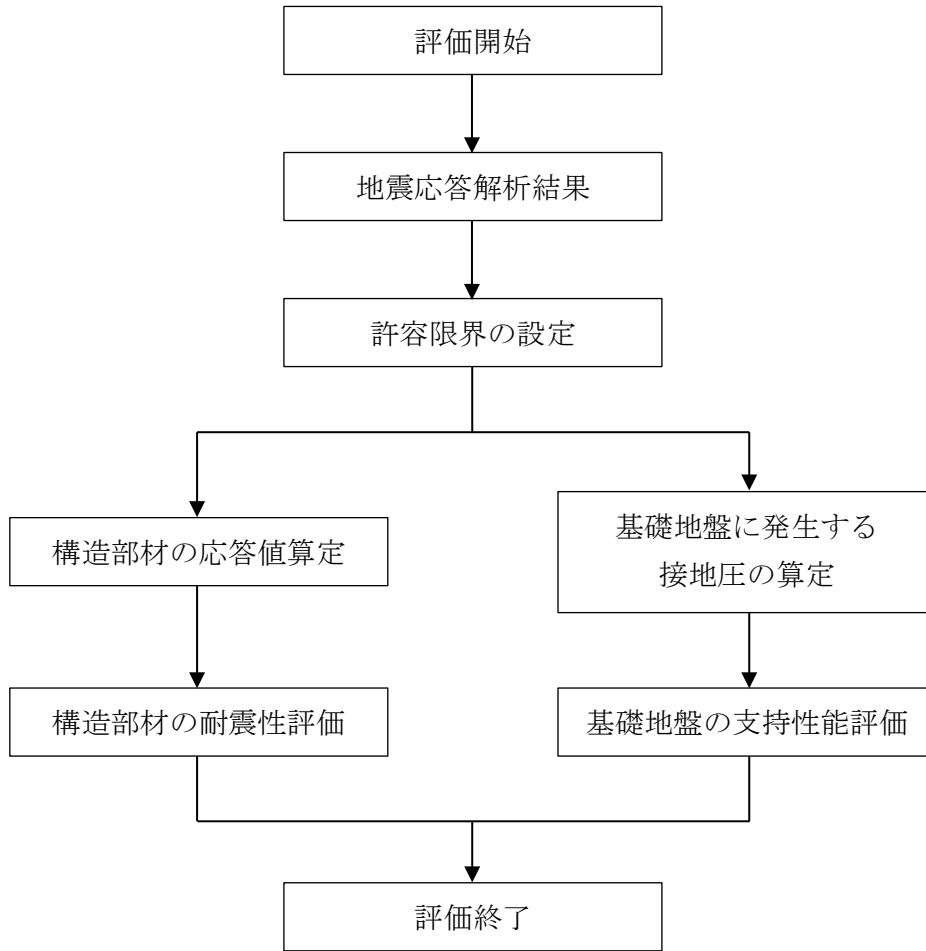


図 5-1 配管トレンチ (T21) の耐震性評価フロー

5.2 許容限界

5.2.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げに対する許容限界

構造部材の曲げに対する照査は、土木学会マニュアルに基づき、層間変形角 1/100(以下「限界層間変形角」という。)を許容限界とする。

土木学会マニュアルでは、曲げ系の破壊に対する限界状態は、圧縮縁コンクリートひずみが 1.0 %に至った状態とされており、層間変形角が 1/100 以下であれば、限界状態に至らないことを保証したものとみなされる。

(2) せん断に対する許容限界

構造部材のせん断力に対する照査は、土木学会マニュアルに基づき、以下のせん断耐力評価式からせん断耐力を算出し、棒部材式とディープビーム式で求まるせん断耐力のうち、いずれか大きい方を許容限界とする。

(a) 棒部材式

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$$

ここで、 V_{cd} ：コンクリートが分担するせん断耐力

V_{sd} ：せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{bc}$$

$$f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{cd}}$$

ただし、 $f_{vcd} > 0.72$ (N/mm^2)となる場合は $f_{vcd} = 0.72$ (N/mm^2)

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d \text{ [m]}) \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は} \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は} \beta_p = 1.5$$

$$\beta_n = 1 + M_0/M_d \quad (N'_d \geq 0) \quad \text{ただし、} \beta_n > 2.0 \text{ となる場合は} \beta_n = 2.0$$

$$= 1 + 2M_0/M_d \quad (N'_d < 0) \quad \text{ただし、} \beta_n < 0 \text{ となる場合は} \beta_n = 0$$

$$\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{a/d} \quad \text{ただし、} \beta_a < 1.0 \text{ となる場合は} \beta_a = 1.0$$

f'_{cd} ：コンクリート圧縮強度の設計用値 (N/mm^2) で設計基準強度 f'_{ck} を材料係数 γ_{mc} (=1.3) で除したもの

$p_v = A_s / (b_w \cdot d)$ ：引張鉄筋比

A_s ：引張側鋼材の断面積

b_w ：部材の有効幅

N'_d ：設計軸圧縮力

M_d ：設計曲げモーメント

$M_0 = N'_d \cdot D/6$ ： M_d に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力

を打ち消すために必要なモーメント(デコンプレッションモーメント)

D : 断面高さ

a/d : せん断スパン比

γ_{bc} : 部材係数(=1.3)

$$V_{sd} = \{A_w f_{wyd} (\sin \alpha + \cos \alpha) / s\} z / \gamma_{bs}$$

A_w : 区間 s におけるせん断補強鉄筋の総断面積

f_{wyd} : せん断補強鉄筋の降伏強度で、400 (N/mm²) 以下とする。ただし、コンクリート圧縮強度の特性値 f'_{ck} が 60 (N/mm²) 以上の時は、800 (N/mm²) 以下とする。

α : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度

s : せん断補強鉄筋の配置間隔

z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で、一般に $d/1.15$ としてよい。

γ_{bs} : 部材係数(=1.1)

(b) ディープビーム式

$$V_{ydd} = V_{cdd} + V_{sdd}$$

ここで、 V_{cdd} : コンクリートが分担するせん断耐力

V_{sdd} : せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{bc}$$

$$f_{dd} = 0.19 \sqrt{f'_{cd}}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d \text{ [m]})$$

ただし、 $\beta_d > 1.5$ となる場合は $\beta_d = 1.5$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p_v}$$

ただし、 $\beta_p > 1.5$ となる場合は $\beta_p = 1.5$

$$\beta_a = \frac{5}{1+(a/d)^2}$$

γ_{bc} : 部材係数(=1.3)

$$V_{sdd} = \varphi \cdot V_{sd}$$

$$\varphi = -0.17 + 0.3a/d + 0.33/p_{wb} \quad \text{ただし、} 0 \leq \varphi \leq 1$$

p_{wb} : せん断補強鉄筋比(%)

5.2.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に生じる接地圧に対する許容限界は、基礎地盤における平板載荷試験の結果から設定した極限支持力度とする。

表 5-2 に極限支持力度を示す。

表 5-2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

	極限支持力度 (kN/m ²)
基礎地盤(久米層)	2350

5.3 評価方法

配管トレンチ(T21)の耐震性評価は、地震応答解析により算定した照査用応答値が「5.2 許容限界」において設定した許容限界以下であることを確認する。

5.3.1 構造部材の健全性評価

構造部材の曲げに対する照査は、地震応答解析により算定した照査用層間変形角が許容限界以下であることを確認する。照査用層間変形角は、土木学会マニュアルに基づき、以下の式により算出する。

$$R_d = \gamma_a \cdot \frac{\Delta}{H}$$

ここで、 γ_a ：構造解析係数(=1.20)、 Δ ：最大層間変位(mm)、 H ：層間高さ(mm)

構造部材のせん断に対する照査は、地震応答解析により算定した照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。照査用せん断力は、土木学会マニュアルに基づき、図5-2に示す断面の照査位置における数値を以下の式により算出する。

$$V_d = \gamma_a \cdot V$$

ここで、 γ_a ：構造解析係数(=1.05)、 V ：発生せん断力(kN)

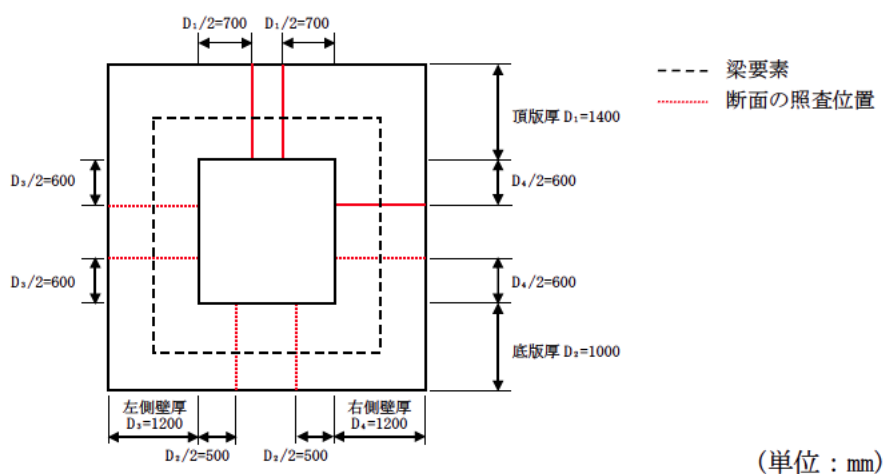


図 5-2 断面の照査位置

5.3.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、地震応答解析により基礎地盤に生じ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。

6. 耐震性評価結果

6.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げに対する照査の最大照査値を表 6-1 に示す。構造部材のせん断に対する照査の最大照査値を表 6-2 に示す。

配管トレンチ(T21)の構造部材の層間変形角及びせん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 6-1 曲げに対する照査の最大照査値

地震動	頂版-底版 中央位置 最大層間変位 (mm)	照査用 層間変形角 R_d	限界 層間変形角 R_U	R_d/R_U
Ss-D	2.1	0.00081	0.01	0.09

表 6-2 せん断に対する照査の最大照査値

地震動	照査位置	照査用せん 断力 V_d (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	V_d/V_{yd}
Ss-D	頂版	332	1215	0.28
Ss-D	左側壁	186	640	0.30
Ss-D	右側壁	229	721	0.32
Ss-D	底版	252	669	0.38

6.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能照査結果を表 6-3 に、最大接地圧分布図を図 6-1 に示す。

配管トレンチ (T21) の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 6-3 基礎地盤の支持性能照査結果

地震動	最大接地圧 (kN/m^2)	極限支持力度 (kN/m^2)
Ss-D	161	2350

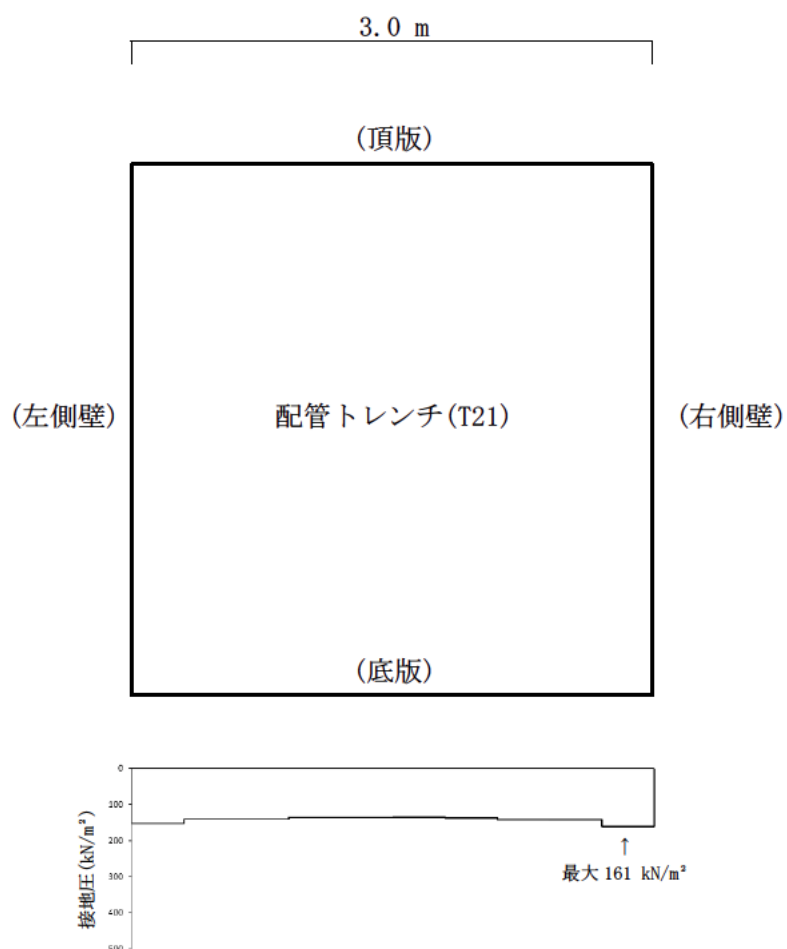


図 6-1 最大接地圧分布図

建物・構築物及び機器・配管系の構造（耐震性）の
評価で使用了た計算機プログラム（解析コード）の概要

1. 概要

別添 6-1-2-3「建物・構築物及び機器・配管系の構造（耐震性）に関する説明書」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のうち、他の原子力施設の審査に用いられているものについては2章に実績例を明示する。一方、他の原子力施設の審査に用いられていないものについては、検証を行って妥当性を確認した上で使用していることから、3章に実施した検証の内容について示す。

2. 使用実績のある計算プログラム

項目 \ コード名	RESP-F3T
対象	高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 建家
使用目的	建家の地震応答解析
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. 1.5.3
コードの概要	時刻歴領域における 3 次元構造解析が可能な汎用解析プログラムである。部材の材料非線形性及び基礎浮き上がりの非線形性を考慮した地震応答解析を行うことができる。
使用実績	京都大学研究用原子炉 (KUR), 日本原子力研究開発機構 JRR-3 で使用実績あり。

項目 \ コード名	ADMITK
対象	高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 建家
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. 2.0
コードの概要	振動アドミッタンス理論に基づき水平, 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	京都大学研究用原子炉 (KUR) で使用実績あり。

項目	コード名 FLIP
対象	配管トレンチ (T21)
使用目的	2次元地盤・構築物の地震応答解析
開発機関	FLIP コンソーシアム
使用したバージョン	Ver. 7.3.0_2
コードの概要	1988年に運輸省港湾技術研究所(現：港湾航空技術研究所)において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく2次元地震応答解析プログラムである。
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 Soil Plus
対象	配管トレンチ (T21)
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. 16.0
コードの概要	時刻歴領域における地盤・構造物の3次元連成解析が可能な汎用解析プログラムである。1次元地盤の地震応答解析にも適用でき、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	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 FINAS
対象	機器・配管系
使用目的	機器の地震応答解析（静的解析，動的解析）
開発機関	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 株式会社伊藤忠テクノソリューションズ
使用したバージョン	Ver. 21.0
コードの概要	FINAS (Finite Element Nonlinear Structural Analysis System) は, 線形及び非線形の三次元有限要素法による汎用構造解析プログラムである。国産コードとしては初めての非弾性解析機能を備えた汎用コードとして開発されたもので, 固有値解析, 静的応力解析及び動的応答解析（スペクトルモーダル法, 時刻歴応答解析等）, 伝熱解析, 構造流体連成解析などが可能である。
使用実績	日本原子力研究開発機構 高速増殖原型炉もんじゅ九州電力株式会社 玄海原子力発電所で使用実績あり。

項目	コード名 MSC NASTRAN
対象	機器・配管系
使用目的	機器の地震応答解析（静的解析，動的解析）
開発機関	MSC Software Corporation
使用したバージョン	Ver. 2005r2
コードの概要	MSC NASTRAN は, 航空機設計のために NASA 向けに MSC 社が開発した三次元有限要素法による汎用構造解析プログラムである。静的応力解析及び動的応答解析（スペクトルモーダル法, 時刻歴応答解析等）, 伝熱解析, 構造流体連成解析などが可能である。
使用実績	日本原子力発電株式会社 東海第二発電所等発電炉で使用実績あり。日本原子力研究開発機構 高速増殖原型炉「もんじゅ」で使用実績あり。

3. 日本原子力研究開発機構において妥当性の検証を実施した計算プログラム

3.1 DYNEQ の検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

項目 \ コード名	DYNEQ
対象	高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 建家
開発機関	東北学院大学 吉田望教授
使用したバージョン	Ver. 3.34
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)
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。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>DYNEQ は、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 建家の地震応答解析における入力地震動の算定において、廃止措置計画用設計地震動及び津波に対する設計において想定する余震動に対する地盤の応答を評価するために使用している。</p> <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。 東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所で使用実績がある「D-PROP」(伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)によるサンプルデータの解析解と、本解析コードによる解析解がおおむね一致することを確認している。</p> <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"> 地盤のひずみ依存特性を用いた等価線形化法による 1次元地盤の地震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。

(1) 解析コードの特徴

本解析コードは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。

(2) 他コードとの比較による検証

1 次元地盤の等価線形解析コード「D-PROP (伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)」との比較を行う。なお、「D-PROP」は柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機で使用実績がある解析コードである。

検討地盤の物性値を表 3-1 に、ひずみ依存特性を図 3-1 及び図 3-2 に、検討に用いる入力地震動を図 3-3 に、解析結果の比較を図 3-4 に示す。

図より、DYNEQ の結果は D-PROP による結果とおおむね一致していることが確認できる。

表 3-1 地盤の物性値

深さ G. L. (m)	地層名	地層 分類	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	動ポア ソン比 ν_d	動せん断 弾性係数 G_0 (kN/m ²)
0.0	▽地表面				
-1.5	M1段丘堆積物	Lm	1.36	0.47	42,300
-8.5		Mu-S1	1.90	0.44	222,000
-11.3		Mu-C	1.75	0.46	150,000
-14.3		Mu-S2	1.90	0.41	354,000
-15.9		Mu-Sg	2.02	0.44	409,000
-21.3		Mu-S3	1.81	0.38	386,000
-26.3	東茨城層群	Mm-Sg	2.02	0.38	752,000
-38.5		Is-S1	1.87	0.46	359,000
-39.6		Is-C	1.88	0.47	275,000
-64.6		Is-S2	1.86	0.47	288,000
-73.3		Is-Sc	1.82	0.47	285,000
-84.4		Is-S2	1.86	0.47	288,000
-85.8		Is-Sg	1.98	0.44	714,000
-90.2	Is-S3	1.97	0.45	485,000	
-160.3	久米層	Km	1.79	0.45	464,000
-171.9	▽解放基盤表面	Ks	1.88	0.43	763,000
	解放基盤		1.98	0.36	2,020,000

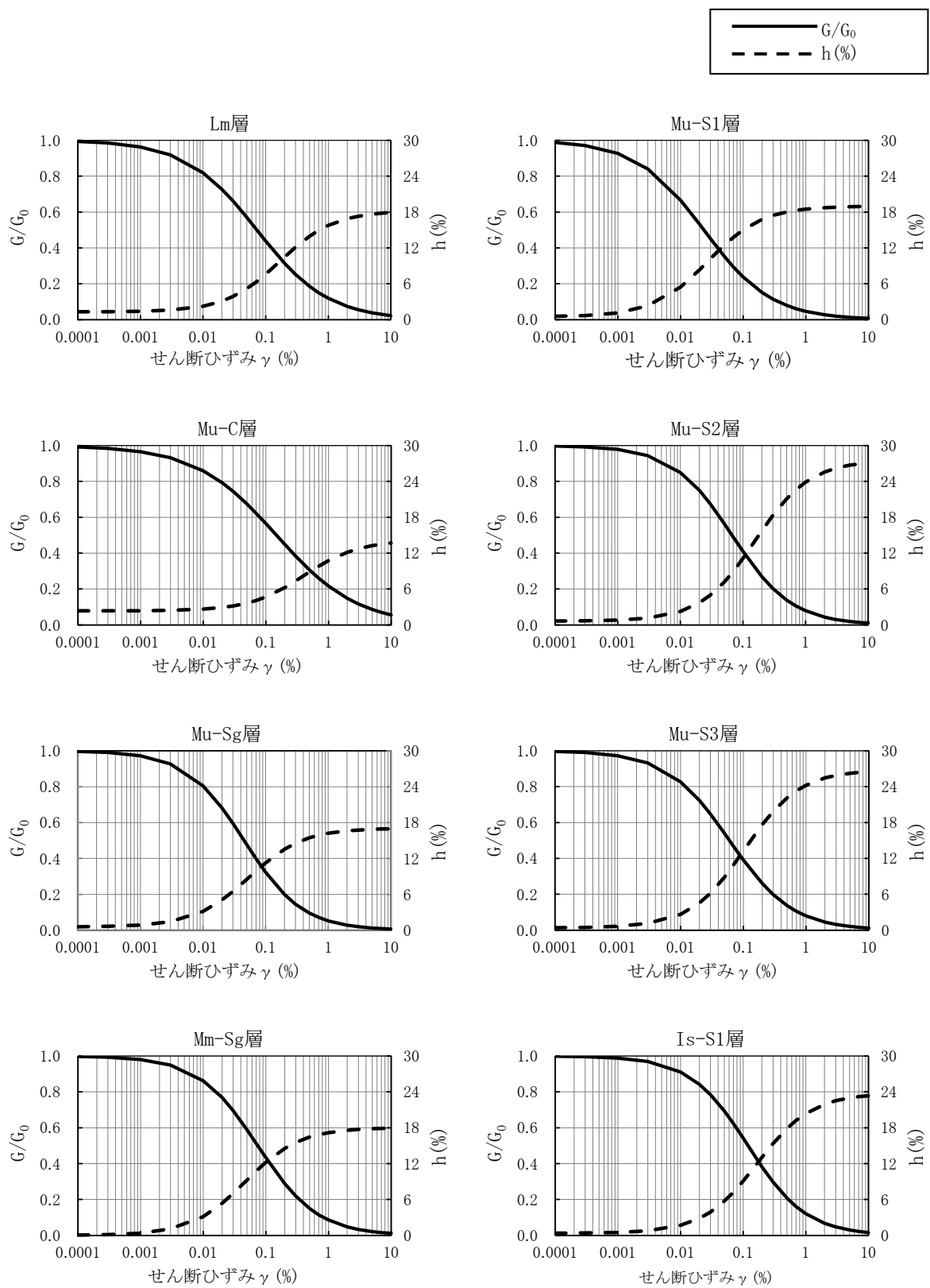


図 3-1 地盤のひずみ依存特性 (1/2)

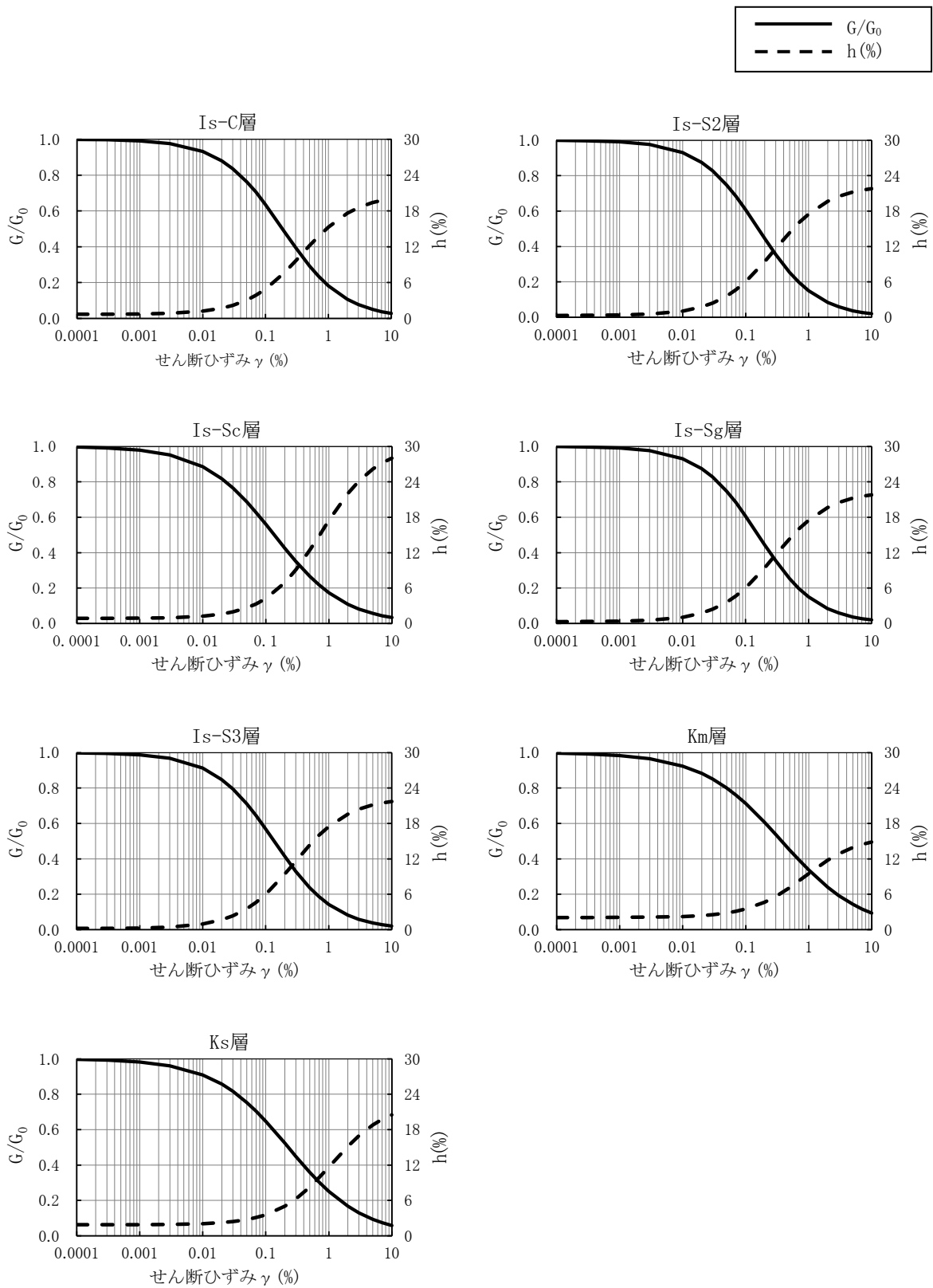


図 3-2 地盤のひずみ依存特性 (2/2)

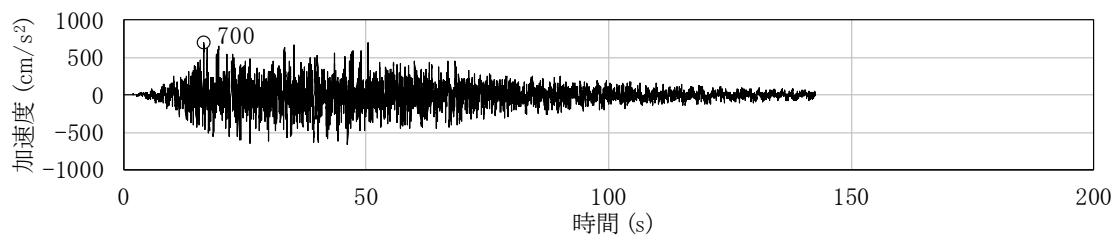


図 3-3 地盤の入力地震動の時刻歴波形 (Ss-D, 水平方向)

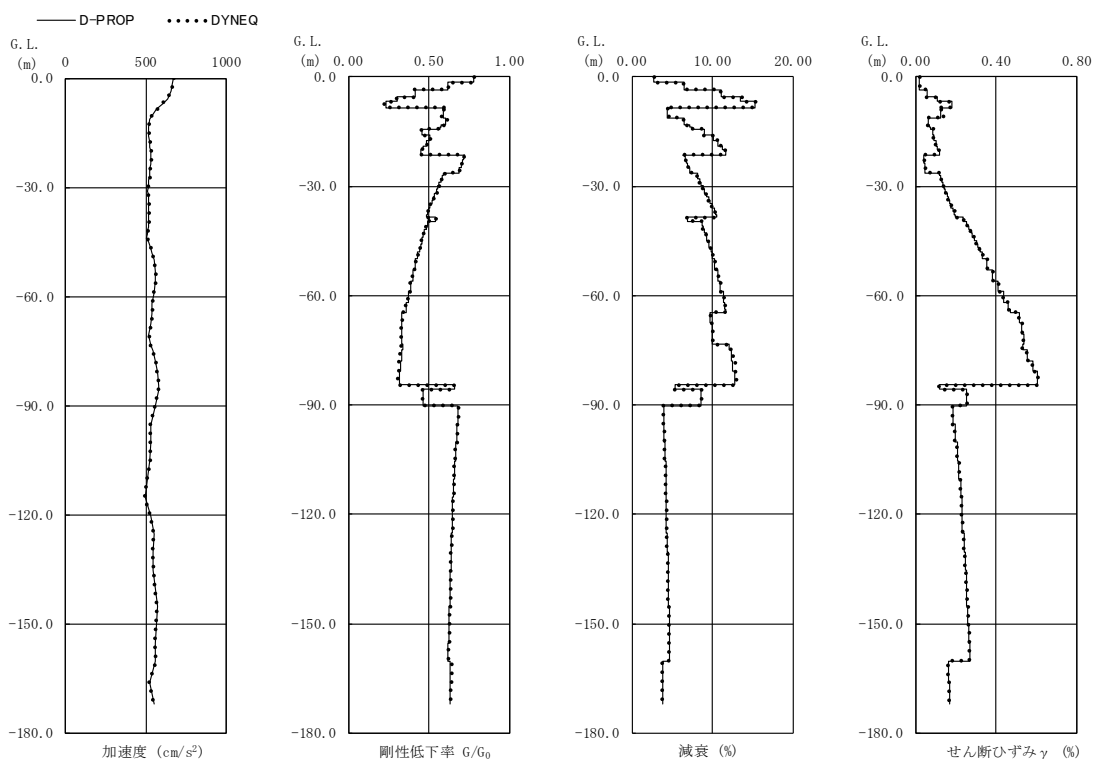


図 3-4 地盤の地震応答解析結果の比較 (Ss-D, 水平方向)

(3) 使用内容に対する妥当性

建家の地震応答解析の入力地震動の算定に DYNEQ 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しており、妥当である。

- 地盤のひずみ依存特性を用いた等価線形化法による 1 次元地盤の地震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。

3.2 K-NOVAK の検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

コード名 項目	K-NOVAK
対象	高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 建家
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. 2.0
使用目的	建家解析モデルに用いる側面地盤ばねの算定
コードの概要	Novak らの論文「Dynamic Soil Reactions for Plane Strain Case, 1978」に基づき水平, 鉛直, 回転に対する側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。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>K-NOVAK は, 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の地震応答解析における水平方向の地震応答解析モデルにおける建家埋め込み部分の基礎側面地盤ばね (水平・回転) 算定に使用している。</p> <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。 東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所、関西電力株式会社 美浜発電所で使用実績がある「NOVAK」(株式会社竹中工務店) の比較検証に用いられた解析コード*によるサンプルデータの解析解と、本解析コードによる解析解がおおむね一致することを確認している。</p> <p>※「建物と地盤の相互作用を考慮した応答解析と耐震設計」(日本建築学会, 2006 年)に添付されている Novak の方法に基づく解析コード</p> <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"> ・ 周辺を地盤に埋め込まれた基礎側面の水平及び回転ばねを対象とし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。

(1) 解析コードの特徴

Novak らの論文「Dynamic Soil Reactions for Plane Strain Case, 1978」に基づき水平、鉛直、回転に対する側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。(以下 Novak らの論文に基づく地盤ばねの計算方法を「Novak の方法」という。) 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 建家の地震応答解析において Novak の方法による建家埋め込み部分の側面地盤ばねの評価に使用している。

(2) 他コードとの比較による検証

K-NOVAK と建築学会「建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計」に添付されている解析コード*による計算結果との比較を行う。

※ 関西電力株式会社 美浜発電所で使用実績がある「NOVAK」(株式会社竹中工務店)の比較検証に用いられた解析コード
設定した計算条件を以下に示す。

- 基礎半径：1 m (正方形基礎の矩形置換時の 1 辺の長さ：1.77245 m)
- 地盤物性
S 波速度：400 m/s, ポアソン比：0.40, 単位体積重量：18 kN/m³,
- 減衰定数：0, 層厚：1 m

水平ばねの比較結果を図 3-5 に、回転ばねの比較結果を図 3-6 に示す。K-NOVAK と建築学会のプログラムによる結果はおおむね一致していることが確認できる。

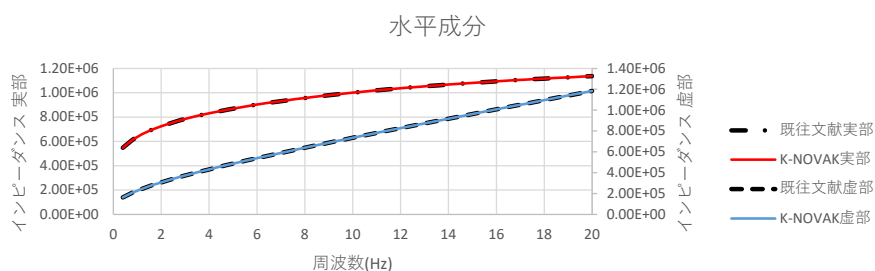


図 3-5 計算結果比較 (水平ばね)

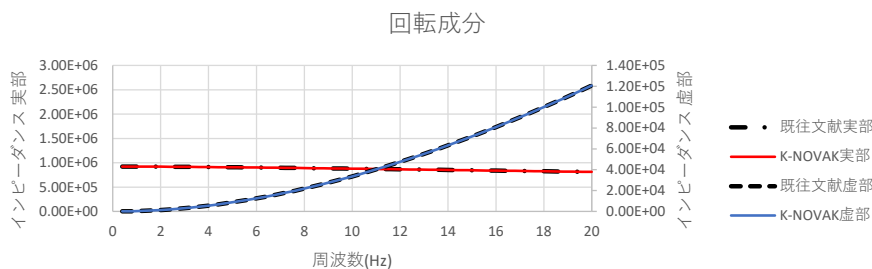


図 3-6 計算結果比較 (回転ばね)

(3) 使用内容に対する妥当性

高放射性廃液貯蔵場（HAW）建家の地震応答解析における側面地盤ばねの算定に K-NOVAK 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しており、妥当である。

- ・周辺を地盤に埋め込まれた基礎側面の水平及び回転ばねを対象とし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。

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」

I 耐津波設計の基本方針

1. 基本方針

本来、一般的に再処理施設は、平面的に広く多数の施設にリスクが分散しており、守るべき性能や施設が多岐にわたるため、津波による敷地への浸水は合理的でなく、ドライサイトにより安全を確保することが求められていると認識している。

廃止措置段階にある再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中しており、高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場(HAW)と、これに付随して廃止措置全体の長期間ではないものの分離精製工場(MP)等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理も含めて一定期間使用するガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟については、令和20年頃までの維持期間を想定し、廃止措置計画用設計津波^{※1}(以下「設計津波」という。)に対して対策を講じる^{※2}こととする。具体的には、設計津波の敷地への浸入が想定されるものの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建家内へは浸入させない措置を講じるとともに、有効性を確認した上で事故対処設備として配備する設備等^{※3}が使用できるよう必要な対策を実施する。

上記以外の施設については、今後とも安全かつ継続して施設を運用し計画的に廃止措置を進めることができるよう、リスクに応じた対策を講じることとする。

※1 廃止措置計画用設計津波は、令和2年2月10日付け原規規発第2002103号をもって認可された「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」において策定した敷地に最も影響を及ぼす津波波源をいう。

※2 津波対策にあたっては、設計津波に対する津波荷重を保守的に評価するため、水深係数 $\alpha = 3$ としして設備設計を実施する。

※3 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全交流電源喪失時に備えて高台のプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場(T.P.+18 m)及び南東地区(T.P.+27 m)に分散配置している緊急安全対策関連の設備等(恒設の電源を代替する移動式発電機及び移動式発電機から施設へ給電するための緊急用電源接続系統、恒設の給水設備を代替する専用ポンプ車及び補給水貯槽を含む緊急用給水系統、恒設の蒸気供給設備を代替する可搬型ボイラ及び緊急用蒸気接続系統、地震及び津波発生後のアクセスルート確保に必要な重機、車両等への燃料供給設備等)を重大事故対処設備として位置づけ、これらを用いて必要な安全機能の維持を図る。また、これらの有効性の確保に必要な対策(主要な保管場所としてのプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場の地盤補強、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へのアクセスルートの整備、訓練、人員の確保)を行う。

2. 基本事項

2.1 核燃料サイクル工学研究所の位置及び周辺の地形, 標高, 河川の存在

再処理施設の高放射性廃液貯蔵場(HAW)が位置する核燃料サイクル工学研究所の敷地は、関東平野の北東端に位置し、北側は新川(二級河川)に接しており、核燃料サイクル工学研究所敷地の東側は常陸那珂火力発電所を隔てて太平洋が広がる。核燃料サイクル工学研究所敷地は、T.P.約+30 mの台地及びT.P.約+6 mの沖積低地からなる。核燃料サイクル工学研究所敷地及び再処理施設の位置等を図2-1に示す。

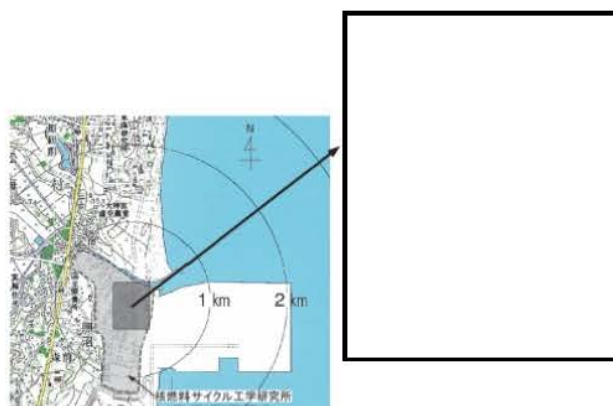


図 2-1 核燃料サイクル工学研究所敷地及び東海再処理施設の位置

2.2 核燃料サイクル工学研究所敷地周辺の人工構造物の位置, 形状等

港湾施設として、核燃料サイクル工学研究所敷地外北方約5 kmに茨城港日立港区、南方約1 kmに茨城港常陸那珂港区がある。これらの港区には防波堤が設置されている。また、港湾には船舶等が係留されている。

核燃料サイクル工学研究所敷地周辺には、民家、商業施設、倉庫等がある他、核燃料サイクル工学研究所敷地北方には原子力発電所、茨城港日立港区の液化天然ガス基地、核燃料サイクル工学研究所敷地南方の茨城港常陸那珂港区には火力発電所、工場、倉庫等の施設がある。

核燃料サイクル工学研究所敷地東方の海域には、再処理施設沖合12 kmに常陸那珂ー苫小牧、松山等を結ぶ定期航路がある。

2.3 核燃料サイクル工学研究所敷地における高放射性廃液貯蔵場(HAW)の位置, 形状

核燃料サイクル工学研究所敷地内の建物・構築物等として約50の施設がある。高放射性廃液の貯蔵に係る重要な安全機能である放射性物質の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を有する設備(設計津波防護対象設備)を持つ建家として、T.P.+6.00 mの核燃料サイクル工学研究所の敷地に高放射性廃液貯蔵場(HAW)を設置しており、高放射性廃液貯蔵場(HAW)周辺には、東側(海側)にプルトニウム転換技術開発施設、北側(新川側)に分離精製工場(MP)、西側にガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟、南側(高台側)にリサイクル機器試験施設(RETF)が位置している(図2-2)。

基本方針に基づき、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の建家内への浸水を防止するため、設計津波の津波防護施設として高放射性廃液貯蔵場(HAW)の建家外壁等を、設計津波の浸水防止設備として建家開口部に浸水防止扉を、それぞれ設置している。なお、浸水防止扉と建家との接続部、電線管路等の建家貫通部、放射性廃液を移送する配管を内包するトレンチ等の建家との接続部には止水処置を施している。また、設計津波遡上状況等監視設備として、分離精製工場(MP)屋上 T.P.約+33 m に屋外監視カメラを設置している。



図 2-2 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の位置及び周辺建家

II 廃止措置計画用設計津波の概要

1. 概要

廃止措置計画用設計津波は、研究用原子炉施設(JRR-3)の申請書に記載の原子力科学研究所における津波評価を踏まえ、敷地に最も影響を及ぼす波源として、茨城県沖から房総沖に想定する津波波源を選定し、不確かさを考慮した上で策定した令和2年2月10日付 原規規発第2002103号をもって認可された「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」に基づくものを用いる。

2. 廃止措置計画用設計津波

敷地に大きな影響を及ぼすおそれがある津波として、茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震による津波を選定し、廃止措置計画用設計津波としている。また、敷地において海からの取水がないことから、水位上昇側のみ評価している。当該津波の津波波源を図2-1に示す。

廃止措置計画用設計津波は、時刻歴波形に対して敷地からの反射波の影響が微小となるよう、敷地前面の沖合約19 km(水深100 m 地点)の位置で策定している。廃止措置計画用設計津波策定位置における最高水位は T.P.+7.9 m である。廃止措置計画用設計津波策定位置及び水位の時刻歴波形を図2-2に示す。

パラメータ	設定値
断層面積:S	53684 km ²
平均応力降下量: $\Delta\sigma$	3.0 MPa
剛性率: μ	4.7×10^{10} N/m ²
モーメントマグニチュード: Mw	8.7
平均すべり量: D	6.1 m
地震モーメント: M ₀	1.5×10^{22} N m

パラメータ		設定値
超巨大すべり域	すべり量	24.3 m
	面積比率 (断層面積)	全体面積の5% (2659 km ²)※
巨大すべり域	すべり量	12.1 m
	面積比率 (断層面積)	全体面積の15% (8231 km ²)※
背景領域	すべり量	3.8 m
	面積比率 (断層面積)	全体面積の80% (42794 km ²)※

※ 断層面積は、右図の波源モデル値
超巨大すべり域、巨大すべり域の位置により若干変動する

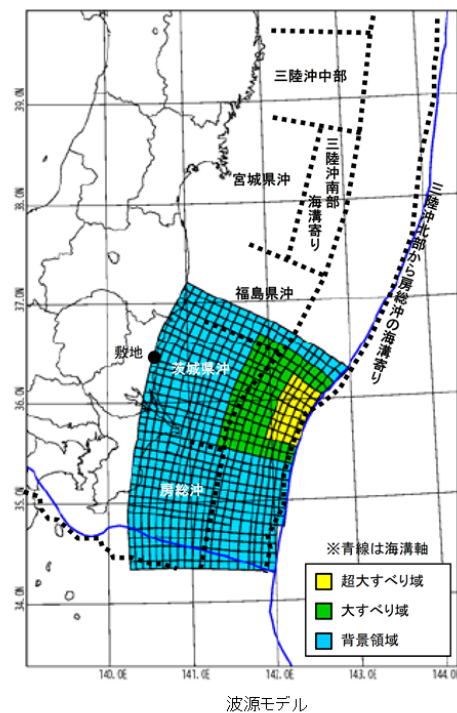
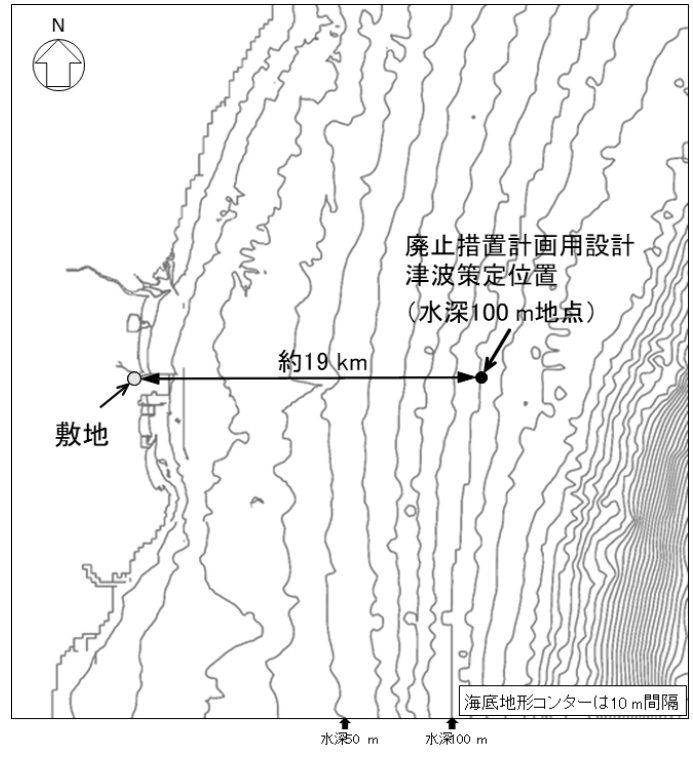
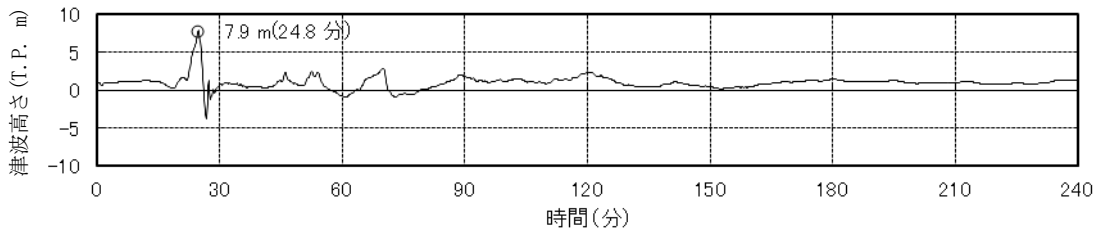


図 2-1 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源



廃止措置計画用設計津波策定位置



廃止措置計画用設計津波策定位置における時刻歴波形

※破壊伝播速度 3.0 km/s, 立ち上がり時間 30 秒

図 2-2 廃止措置計画用設計津波策定位置及び水位の時刻歴波形

Ⅲ 入力津波の設定

1. 概要

入力津波の設定においては、敷地及び敷地周辺の地形、施設の位置等を把握し、遡上解析モデルを適切に設定した上で、遡上解析により、廃止措置計画用設計津波による敷地周辺の遡上・浸水域を評価し、評価対象施設設計又は評価に用いる入力津波を設定する。

また、評価対象施設において廃止措置計画用設計地震動 S_s との組合せの必要性を確認する。

2. 敷地の地形及び施設の位置

敷地は、久慈川と那珂川に挟まれた那珂台地東縁に位置し、北側は新川に接しており、東側は常陸那珂火力発電所を隔てて太平洋が広がっている。敷地は、主に T.P.約+30 m の台地及び T.P.約+6 m の沖積低地からなる。台地は敷地の南部に分布し、低地は新川の河口沿いに分布している。

評価対象施設は、新川河口から約 400 m、T.P.約+6 m に位置しており、その周囲には複数の建物・構築物等がある。

図 2-1 に敷地の位置及び標高を示す。図 2-2 に敷地内の施設位置を示す。

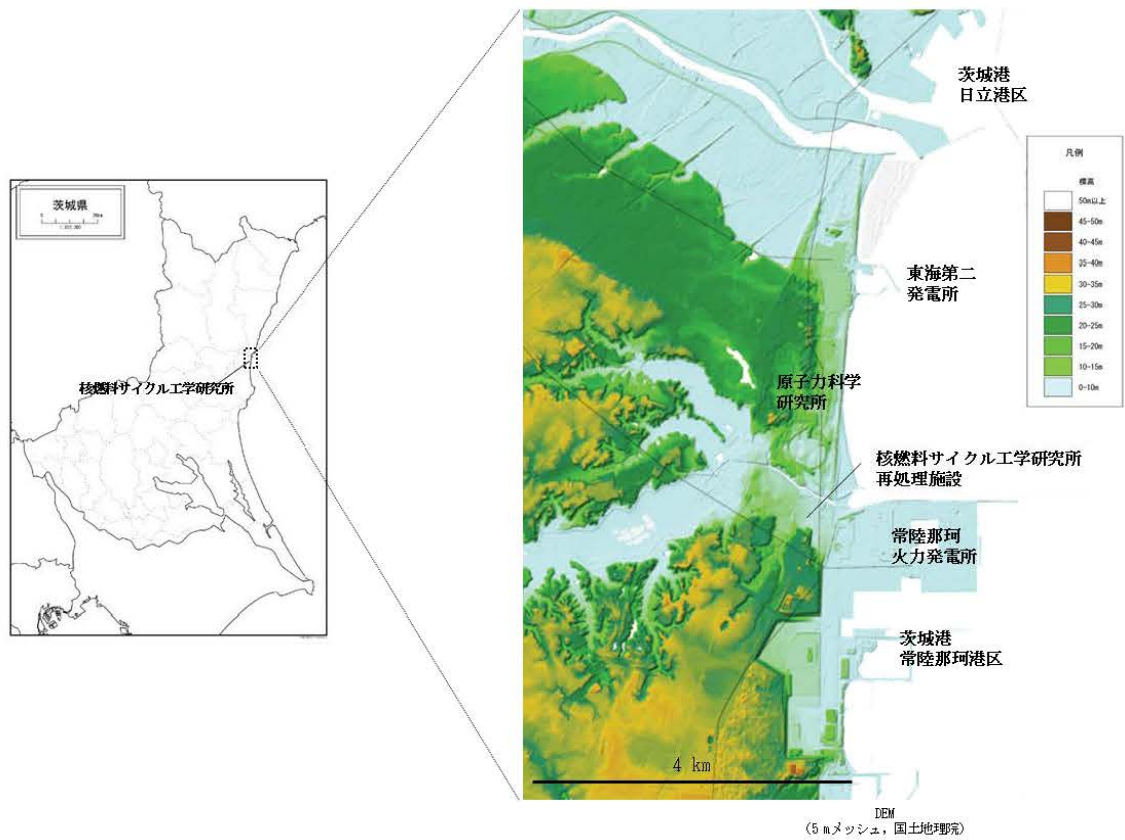


図 2-1 核燃料サイクル工学研究所の位置及び標高

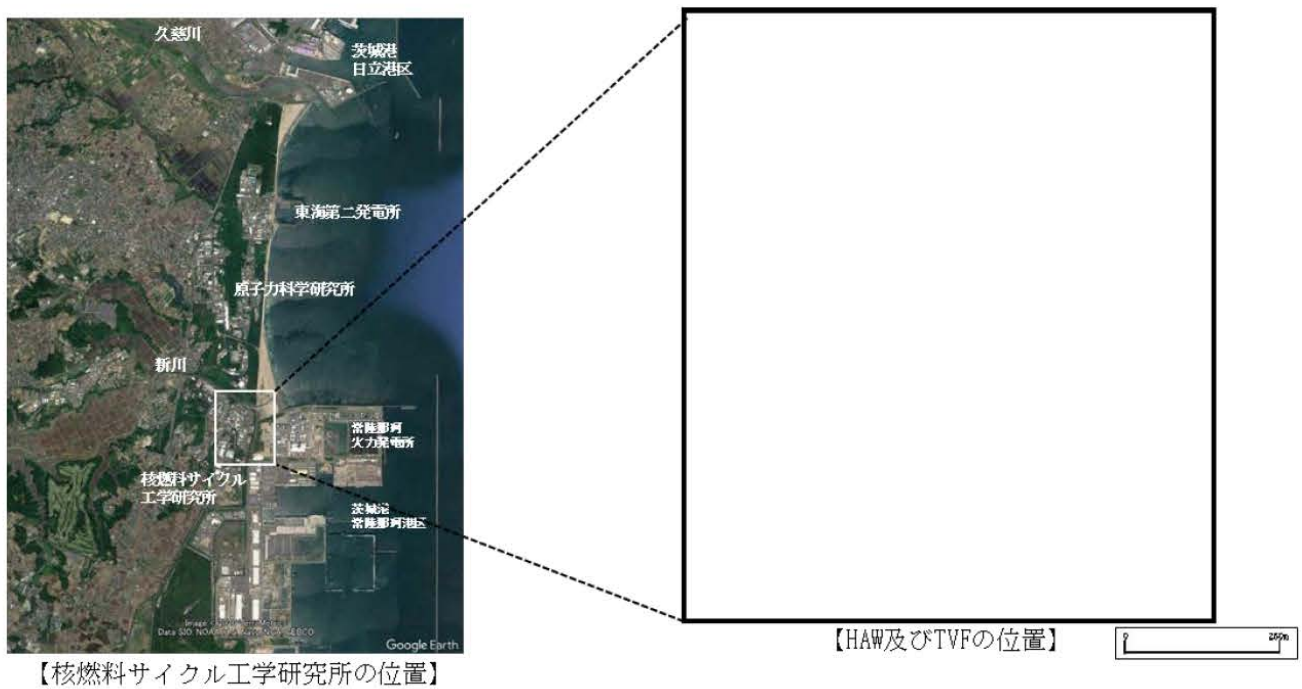


図 2-2 核燃料サイクル工学研究所の施設位置

3. 廃止措置計画用設計津波による敷地周辺の遡上・浸水域

3.1 考慮事項

廃止措置計画用設計津波の遡上解析においては、地震・津波による地形変化等として以下の事項を考慮し、保守的に入力津波を設定する。

敷地内外の人工構造物として、再処理施設内の建家(以下「周辺建家」という。)、港湾部には茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤(以下「港湾構造物」という。)があり、これらの地震による影響を考慮した遡上解析を実施する。

敷地の北側は、新川に接するため、新川からの流入を考慮して適切に評価する。なお、新川の河岸は敷地より低く、堤防等はないことから、地震・津波の地形変化等が遡上波に影響することはないと考える。

津波に伴う洗掘・堆積による地形変化については、文献^{(1),(2)}によるとアスファルト部で 8.0 m/s、植生部で 1.5 m/s～2.7 m/s の流速に対して、洗掘への耐性があるとされている。遡上解析結果から施設周辺の流速は約 5 m/s であり、施設周辺は地盤補強等を行うため、入力津波に影響を与えるような地形変化は生じないと考える。

初期潮位は、「3.1.1 潮位変動」及び「3.1.2 地殻変動」を考慮する。

3.1.1 潮位変動

潮位変動としては、朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを考慮する。

朔望平均満潮位は、敷地周辺の観測地点「茨城港日立港区」(茨城県茨城港湾事務所日立港区事業所所管)における昭和 59 年～平成 21 年の潮位観測記録に基づき、T.P.+0.61 m と評価する。また、最新の潮位観測記録(平成 18 年～平成 22 年)を用いた朔望平均満潮位は T.P.+0.65 m、標準偏差として 0.14 m と評価される。潮位のばらつきの設定にあたっては、津波計算で用いた朔望平均満潮位と比較して、最新の潮位観測記録データの方が 0.04 m 高いため、この差分を考慮して安全側に潮位のばらつきを+0.18 m に設定する。表 3-1 に考慮する潮位変動を示す。

なお、朔望平均満潮位は初期潮位として考慮して解析を実施し、潮位のばらつきについては、遡上解析により求めた津波水位に加えることにより考慮する。

表 3-1 考慮する潮位変動範囲

朔望平均満潮位	潮位のばらつき
T.P.+0.61 m	+0.18 m

3.1.2 地殻変動

地震による地殻変動については、廃止措置計画用設計津波の波源である茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震による広域的な地殻変動及び広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動を考慮する。

茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震による広域的な地殻変動については、廃止措置計画用設計津波の波源モデルを踏まえて、Mansinha and Smylie(1971)⁽³⁾の方法により算定

し、敷地地盤の地殻変動量は、0.27 m の沈降となる。広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動について、実施した測量結果から敷地周辺の地殻変動量は 0.44 m 程度の沈降となる。なお、2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻の沈降については、測量実施以降、余効変動により回復傾向にあるが、保守的に考慮しない。表 3-2 に評価に考慮する地殻変動量を示す。

なお、地殻変動量は初期潮位として考慮する。

表 3-2 評価に考慮する地殻変動量

茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震による広域的な地殻変動量	広域的な余効変動を含む 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量
0.27 m の沈降	0.44 m の沈降

3.2 遡上解析モデル

廃止措置計画用設計津波による敷地周辺の遡上、浸水域の評価に用いる遡上解析モデルについては、遡上解析に影響を及ぼす斜面や道路及び伝播経路上の人工構造物の設置状況を考慮し、遡上域の格子サイズに合わせた形状にモデル化する。

敷地沿岸域及び海底地形は、廃止措置計画用設計津波を策定した計算格子を用い、施設の北側に接している新川については、新川流域の標高をモデル化している。

入力津波高さの算定にあたっては、地震による影響を考慮し、人工構造物がない場合（「港湾構造物なし、周辺建家なし」）を基本解析モデルとし、周辺建家がある場合（「周辺建家あり」）、港湾構造物がある場合（「港湾構造物あり」）について、それぞれの津波遡上への影響を確認する。津波高さは、建家外周で最も高い位置で評価する。

波力は進行波の最大浸水深さを用いることとし、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人工構造物がないものとする（「構造物なし」）。津波高さは、建家中心位置で評価する。

漂流物荷重算定に用いる津波流速は「構造物なし」を基本とし、周辺建家による津波流速への影響を確認する。評価は、津波高さ評価位置と同様とする。

遡上解析モデルを図 3-1～図 3-3 に示す。

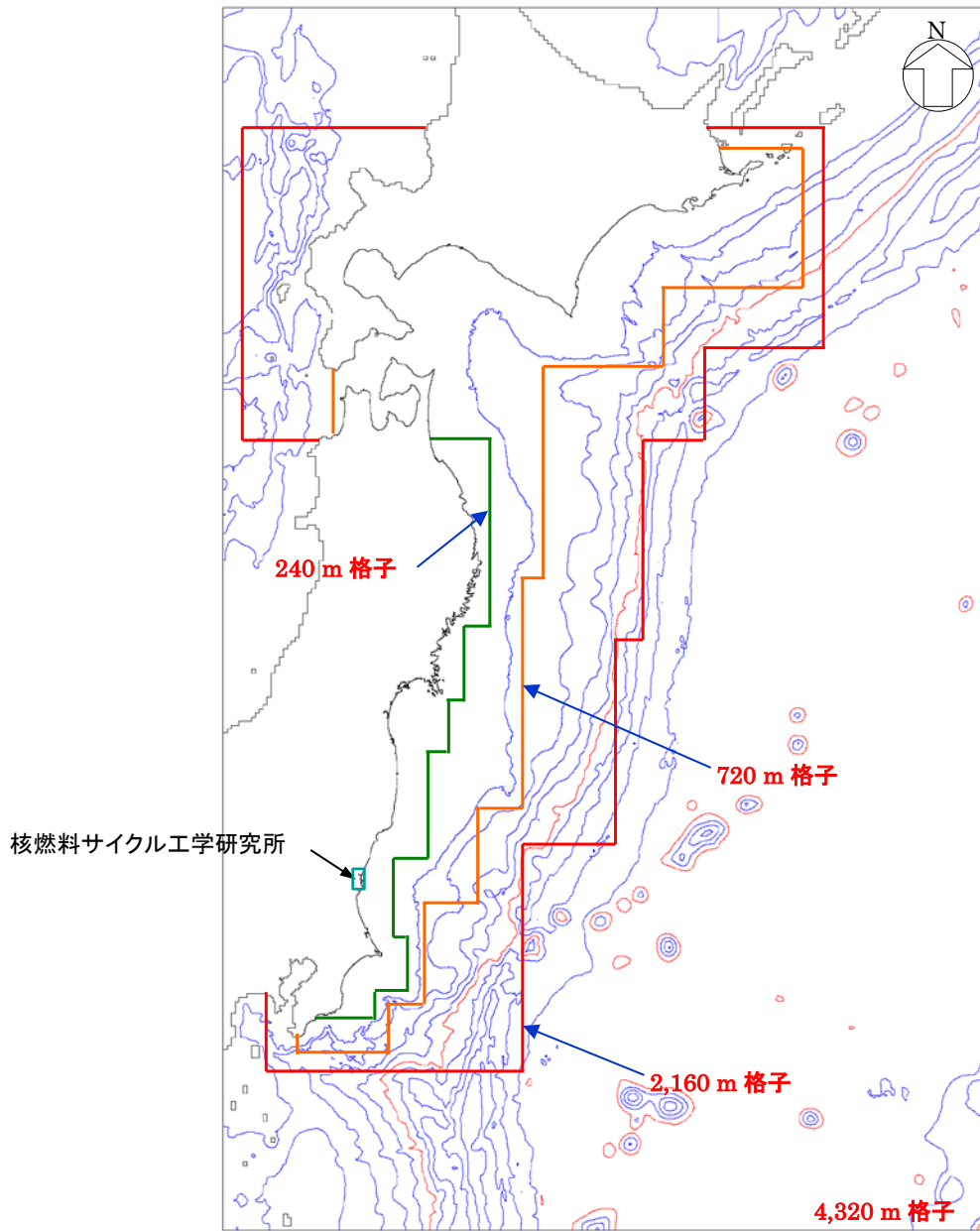
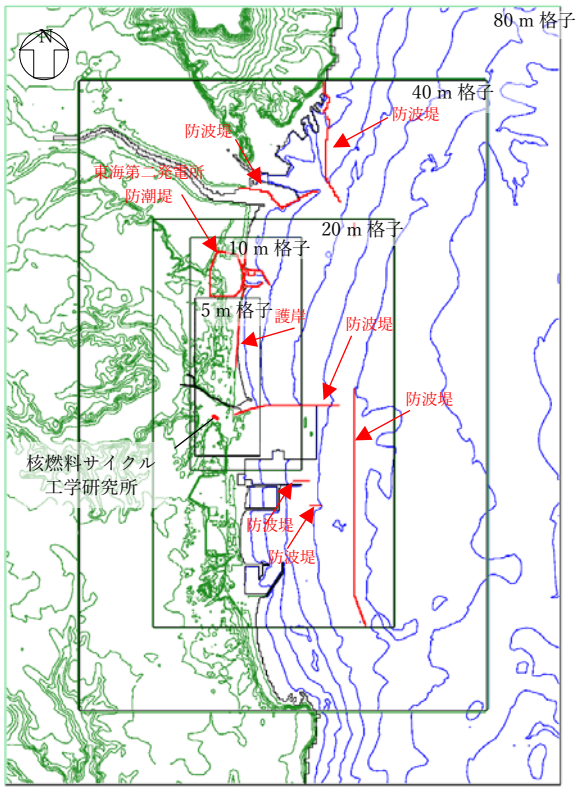
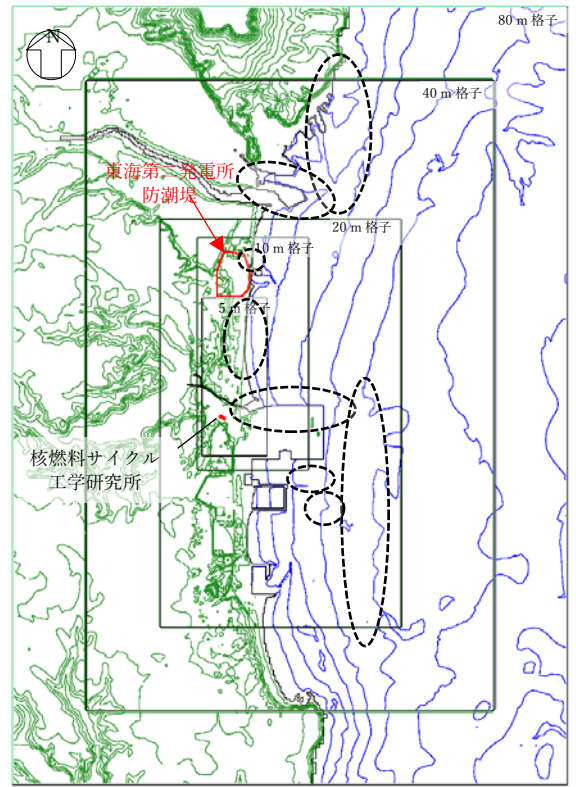


図 3-1 遡上解析モデル図(沖合域)



港湾構造物あり



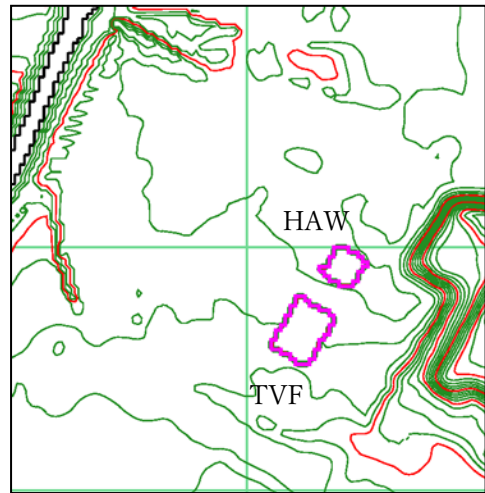
港湾構造物なし

○ 港湾構造物
設置位置

図 3-2 遡上解析モデル図(沿岸域)



周辺建家あり



周辺建家なし

図 3-3 遡上解析モデル図(敷地内)

3.3 敷地の遡上・浸水域の評価

廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果について、表 3-3、図 3-4～図 3-6 に示す。津波の最大水位は「港湾構造物なし、周辺建家なし」の場合で、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) で T.P.+13.4 m、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟で T.P.+12.0 m となる。津波高さが最大となる「港湾構造物なし、周辺建家なし」の水位・流向・流速の経時変化を図 3-7、図 3-8 に、時刻歴波形を図 3-9 に示す。津波の敷地への侵入角度は北東方向及び南東方向であり、敷地に遡上後 2 方向の津波が合流し、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。両施設に津波到達後、流向はほぼ西方向となり、津波高さが最大となる。最大水位到達以降は、津波水位は低下する。

波力算定に用いる進行波について、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) で T.P.+11.9 m、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟で T.P.+12.1 m となる。時刻歴波形を図 3-10 に示す。

漂流物荷重算定に用いる津波流速の評価結果を表 3-4 に、時刻歴波形を図 3-11 及び図 3-12 に示す。最大流速は「構造物なし」の場合で、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) で 5.2 m/s、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟で 4.0 m/s となる。

表 3-3 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果（津波高さ）

高放射性廃液貯蔵場 (HAW)

	周辺建家なし	周辺建家あり
港湾構造物なし	T.P.+13.4 m	T.P.+12.9 m
港湾構造物あり	T.P.+10.4 m	—

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟

	周辺建家なし	周辺建家あり
港湾構造物なし	T.P.+12.0 m	T.P.+10.1 m
港湾構造物あり	T.P.+10.6 m	—

表 3-4 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果（津波流速）

高放射性廃液貯蔵場 (HAW)

	構造物なし	周辺建家あり
港湾構造物なし	5.2 m/s	4.9 m/s

ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟

	構造物なし	周辺建家あり
港湾構造物なし	4.0 m/s	4.0 m/s

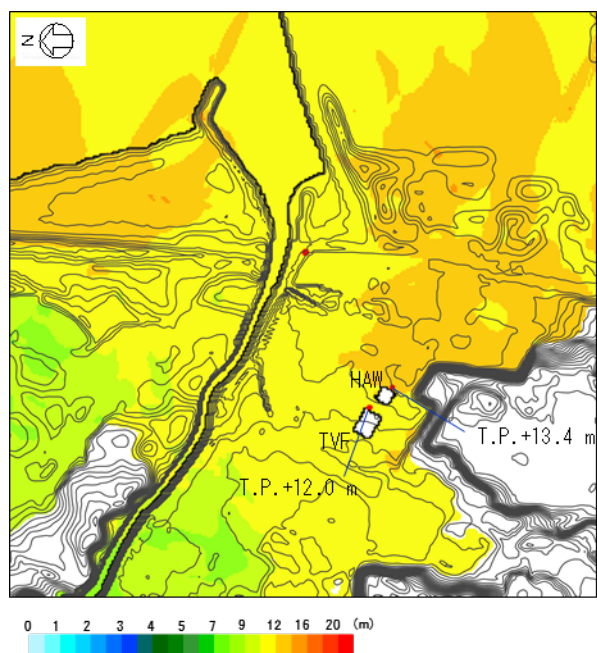


図 3-4 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果(最大水位上昇量分布)
(港湾構造物なし, 周辺建家なし)

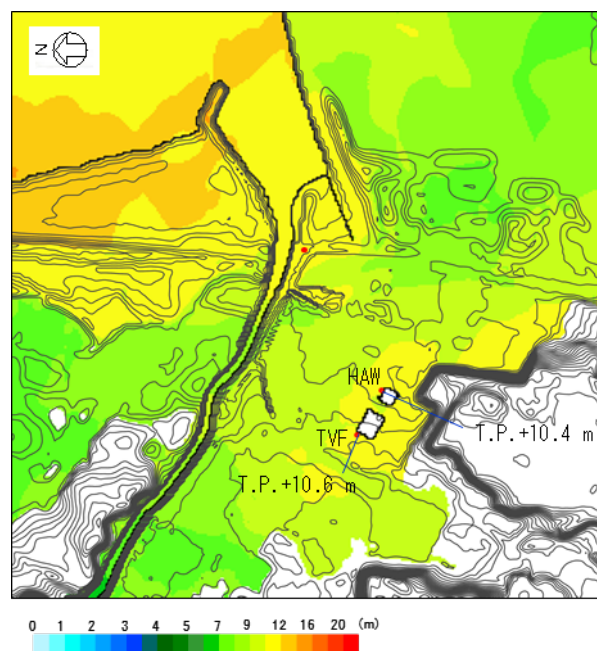


図 3-5 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果(最大水位上昇量分布)
(港湾構造物あり, 周辺建家なし)

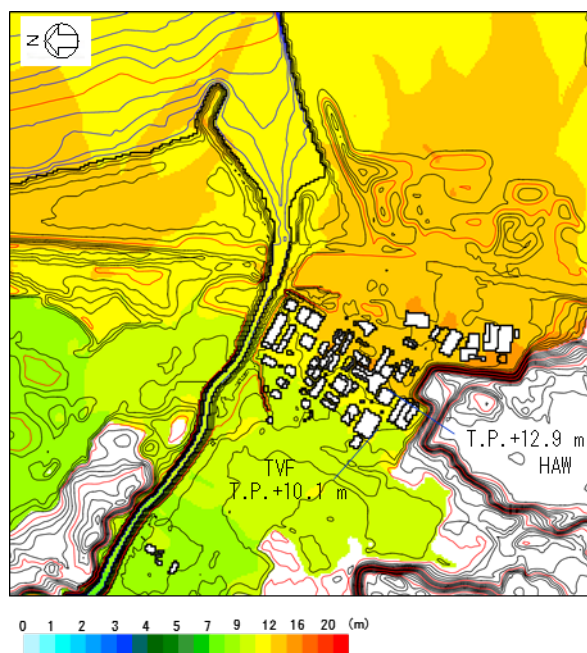


図 3-6 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果(最大水位上昇量分布)
(港湾構造物なし, 周辺建家あり)

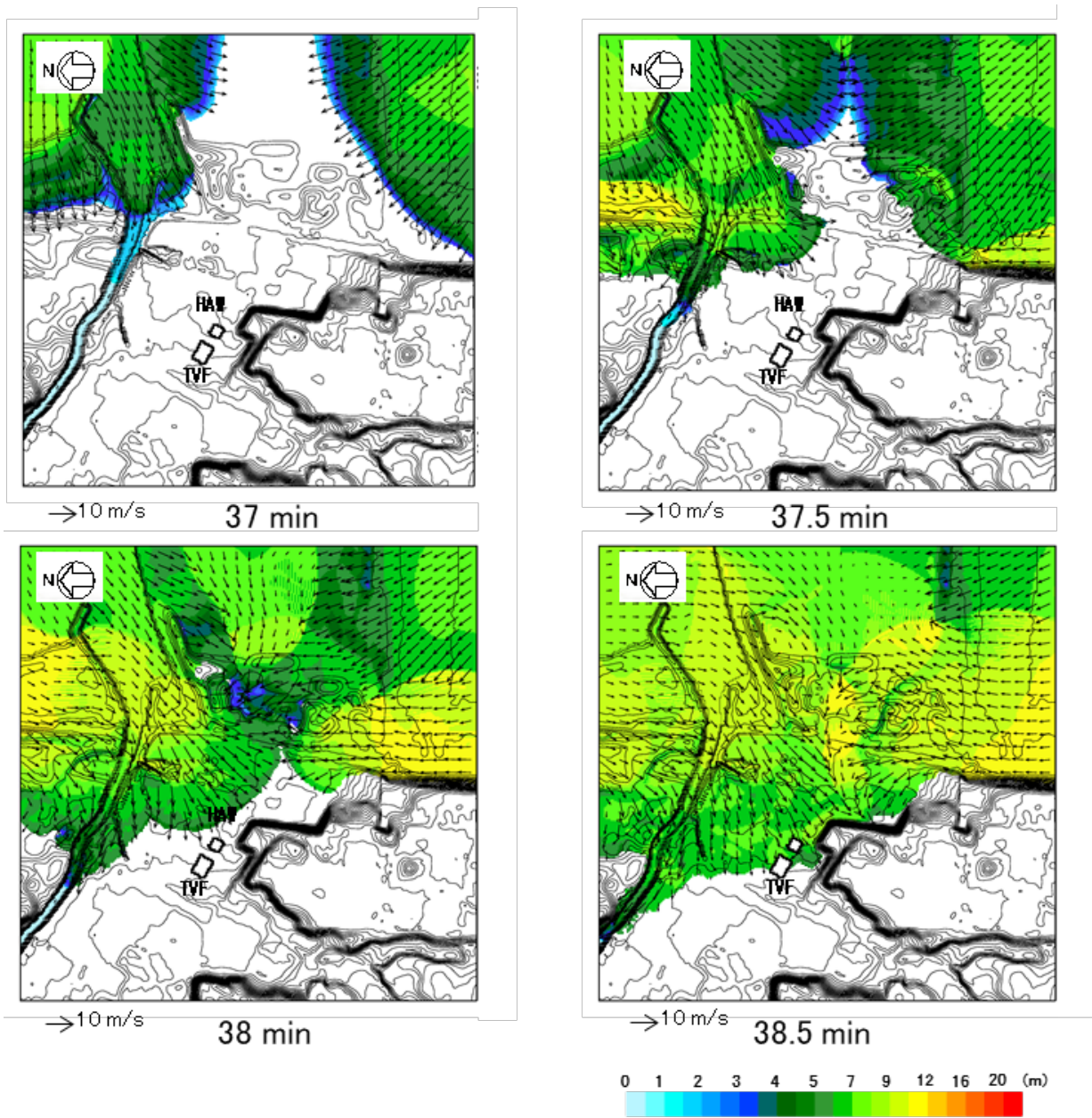


図 3-7 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果(港湾構造物なし, 周辺建家なし)
 (津波高さ・流向・流速の経時変化) (37 min~38.5 min)

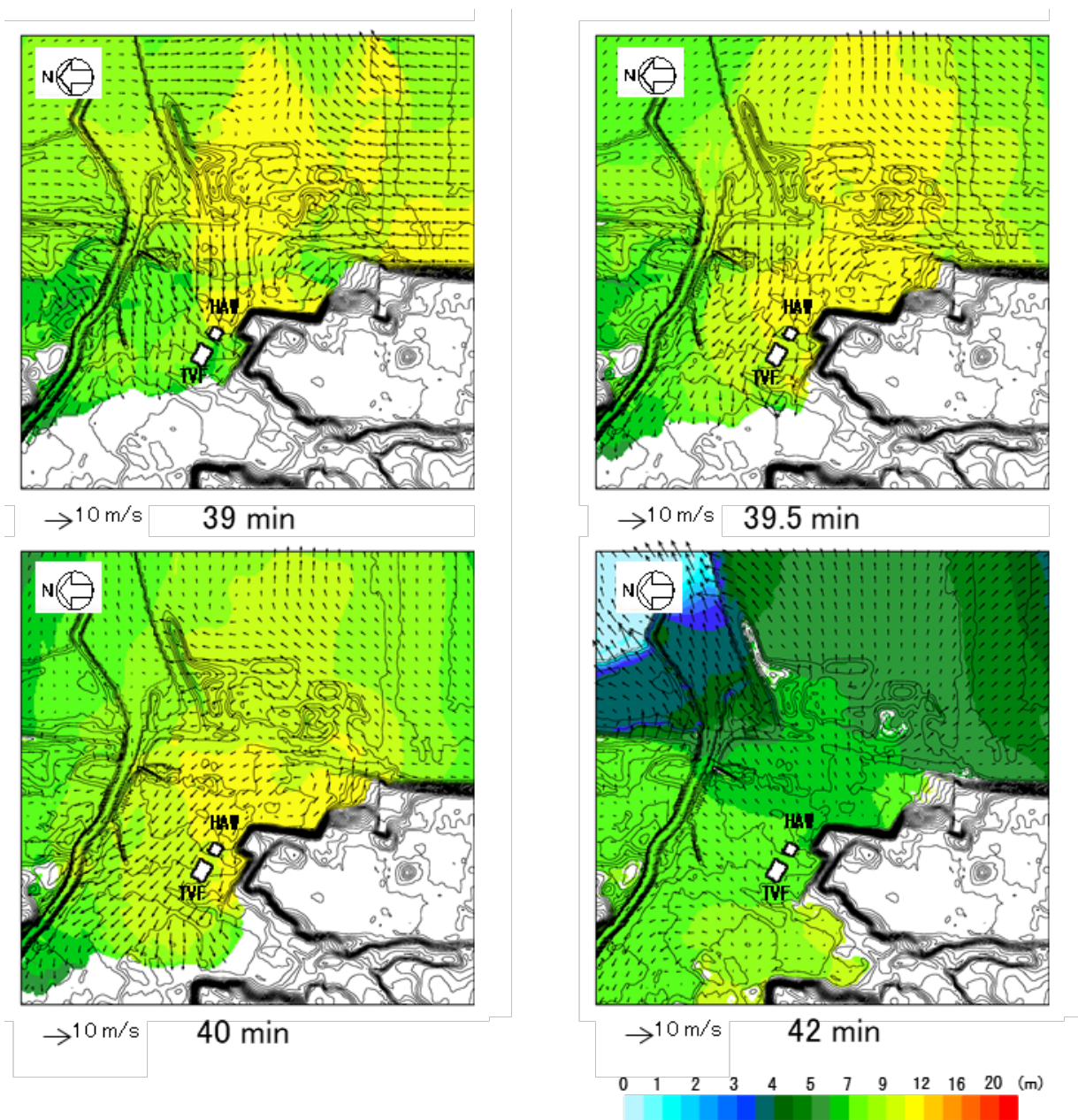
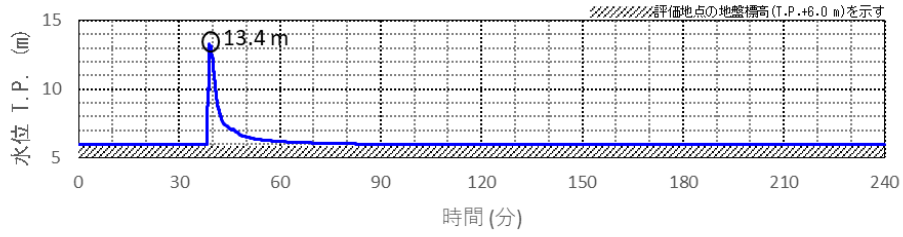
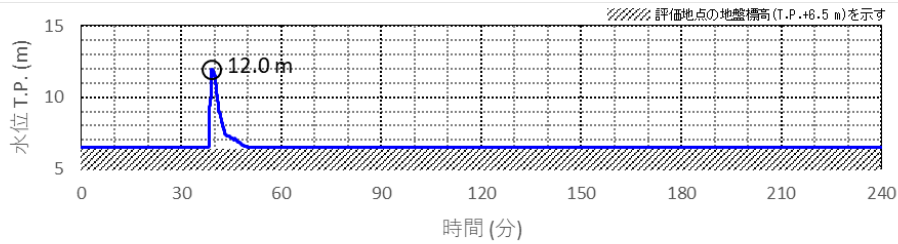


図 3-8 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果(港湾構造物なし, 周辺建家なし)
 (津波高さ・流向・流速の経時変化) (39 min~42 min)

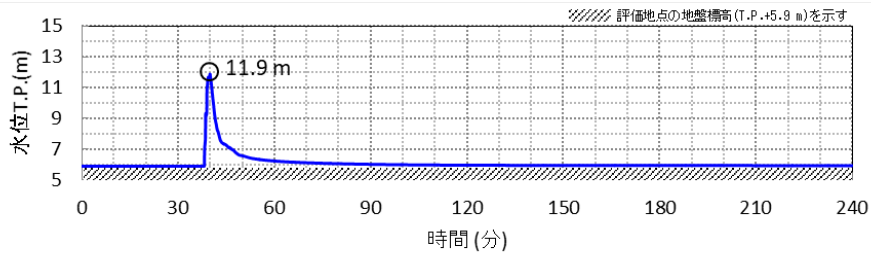


高放射性廃液貯蔵場 (HAW)

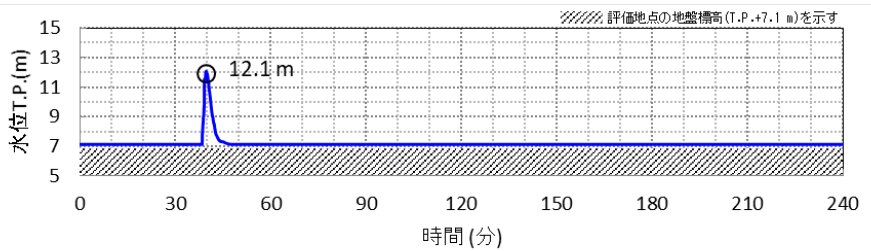


ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟

図 3-9 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果 (津波高さの時刻歴波形)
(港湾構造物なし, 周辺建家なし)

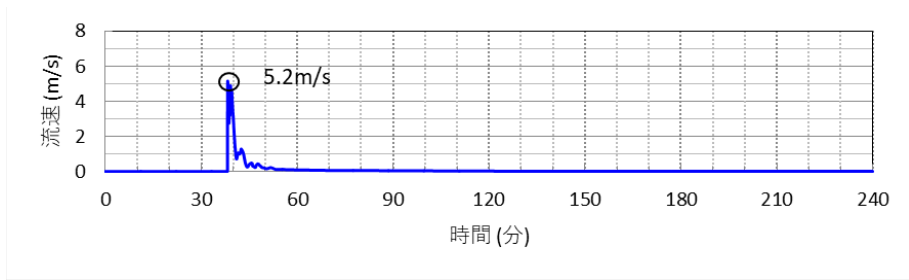


高放射性廃液貯蔵場 (HAW)

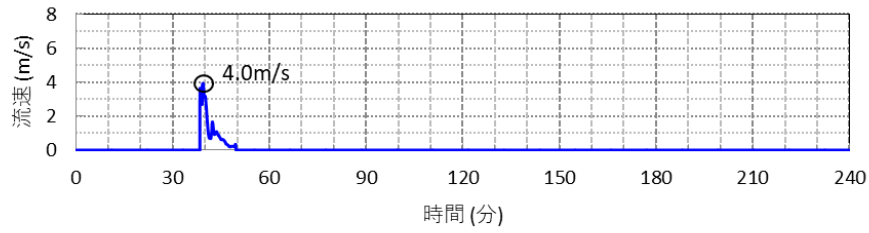


ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟

図 3-10 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果 (津波高さの時刻歴波形)
(構造物なし)

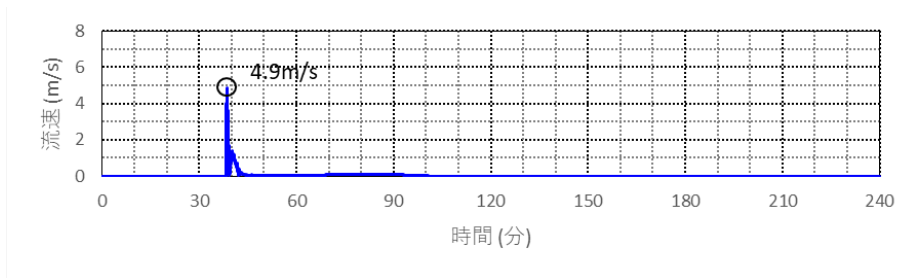


高放射性廃液貯蔵場(HAW)

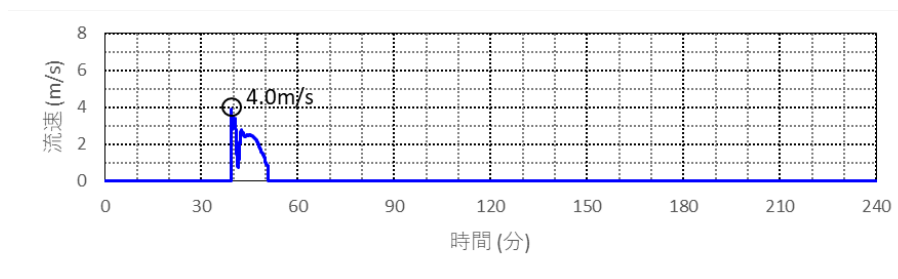


ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟

図 3-11 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果(津波流速の時刻歴波形)
(構造物なし)



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

図 3-12 廃止措置計画用設計津波による遡上解析結果(津波流速の時刻歴波形)
(港湾構造物なし, 周辺建家あり)

4. 入力津波の設定

入力津波の設定にあたっては、遡上解析の結果に基づき、津波の高さ、速度及び衝撃力に着目し、評価対象施設において津波高さに影響するパラメータを考慮して、安全側に評価した値を入力津波高さや速度として設定する。

入力津波高さは、「港湾構造物なし、周辺建家なし」の組合せで最高水位となり、「3.1.1 潮位変動」に基づき潮位のばらつきを考慮して、高放射性廃液貯蔵場(HAW)において T.P.+13.6 m、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟において T.P.+12.2 m と設定する。また、波力算定に用いる津波高さ(進行波)は、高放射性廃液貯蔵場(HAW)において T.P.+12.1 m、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟において T.P.+12.3 m と設定する。津波流速は、高放射性廃液貯蔵場(HAW)で 5.2 m/s、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟で 4.0 m/s と設定する。

5. 廃止措置計画用設計地震動 Ssと津波荷重の組合せの必要性

廃止措置計画用設計地震動 Ssとして選定している震源は、2011 年東北地方太平洋沖型地震及び F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層の連動による地震である。これらの震源については、地震波と津波の伝播速度が異なることを考慮すると、両者が同時に敷地に到達することはないことから、廃止措置計画用設計地震動 Ssによる地震力と津波荷重の組合せを考慮する必要はない。図 5-1 に F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層の位置を示す。

一方、廃止措置計画用設計地震動 Ssの震源と津波の波源が異なる場合については、F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層の連動による地震の活動に伴い、津波を起こす地震が誘発される可能性は低いと考えられるが、仮に誘発地震の発生を考慮した場合においても、上記と同様に伝播速度の違いから地震動が敷地に到達する前に津波が敷地に到達することはない。このため、廃止措置計画用設計地震動 Ssによる地震力と津波荷重の組合せを考慮する必要はない。また、2011 年東北地方太平洋沖型地震の活動に伴い、誘発地震の発生を考慮した場合においても、地震動が敷地に到達する前に津波が敷地に到達することはない。

以上のことから、廃止措置計画用設計地震動 Ssによる地震力と津波荷重の組合せを考慮する必要はない。

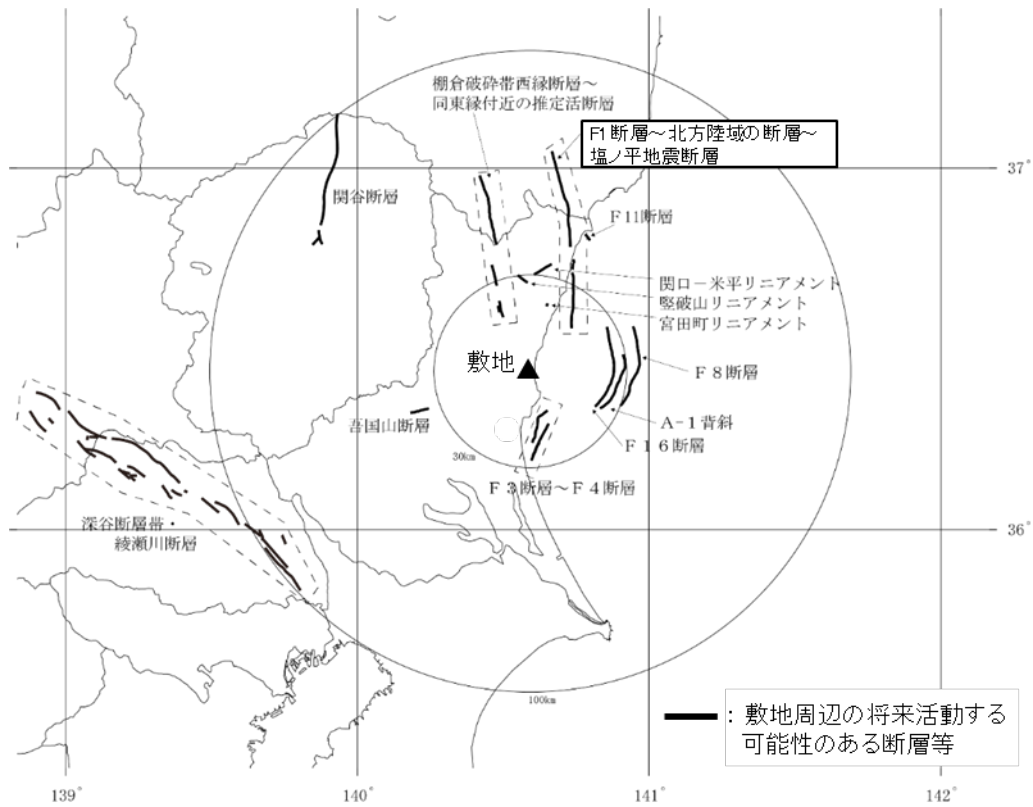


図 5-1 F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層の位置

6. 参考文献

- (1) 津波防災地域づくりに係る技術検討報告書, 津波防災地域づくりに係る技術検討会, p.33, 2012
- (2) 水理公式集[平成 11 年版], 土木学会, p.211, 2010
- (3) L. MANSINHA AND D. E. SMYLIE :THE DISPLACEMENT FIELDS OF INCLINED FAULTS, Bulletin of the Seismological Society of America.Vol.61, No5, pp.1433-1440, 1971

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

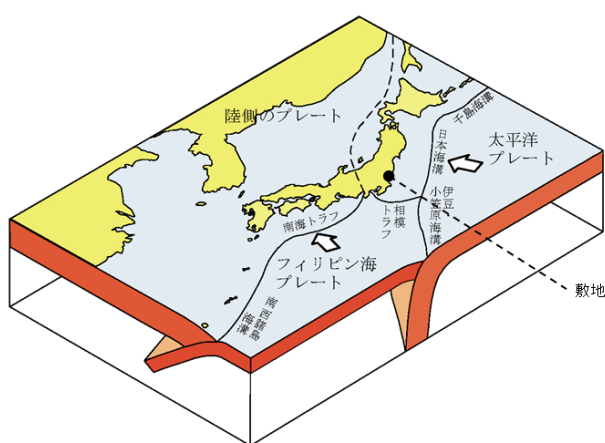
1. 概要

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ついては、敷地の地学的背景を踏まえ、余震の発生の可能性を検討する。

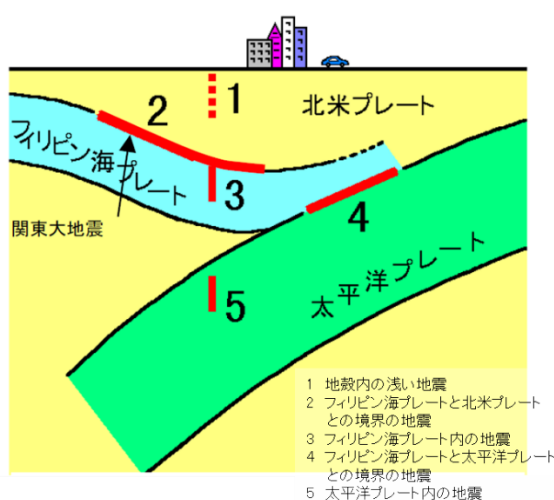
検討結果に基づき、余震発生の可能性に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組み合わせを考慮する。

2. 敷地周辺のプレートテクトニクス

敷地周辺は、陸側のプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートの3つのプレートが接触する場所であり、その状況について模式的に示したものを図2-1に示す。関東地方においては南方からフィリピン海プレートが沈み込み、そのフィリピン海プレートは敷地のほぼ直下まで及んでいる(図2-2)。

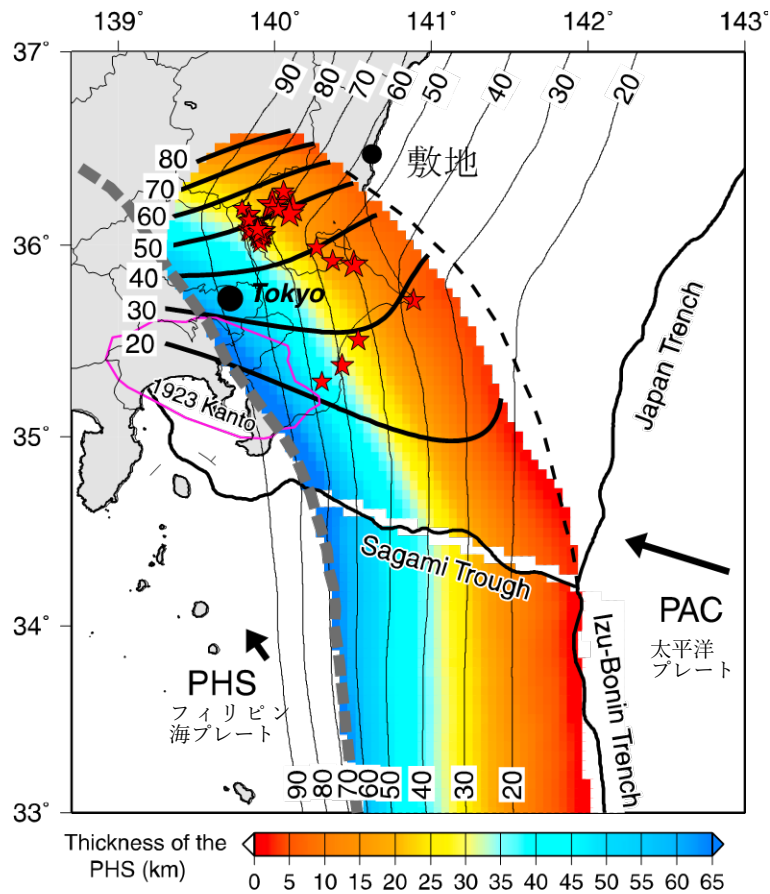


(防災科学研究所 HP 日本のプレートテクトニクスモデル概念図に一部加筆)



(中央防災会議 HP 南関東地域で発生する地震のタイプ図に一部加筆)

図 2-1 敷地周辺におけるプレートの沈み込みの状況



図中のカラーコンターはフィリピン海プレートの厚さを示している。

(Uchida et al.(2010)⁽¹⁾に一部加筆)

図 2-2 フィリピン海プレートの沈み込み

3. 廃止措置計画用設計津波の波源

廃止措置計画用設計津波は、茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震に起因する波源として設定し、その規模はMw8.7である。津波波源モデルを図2-3に示す。

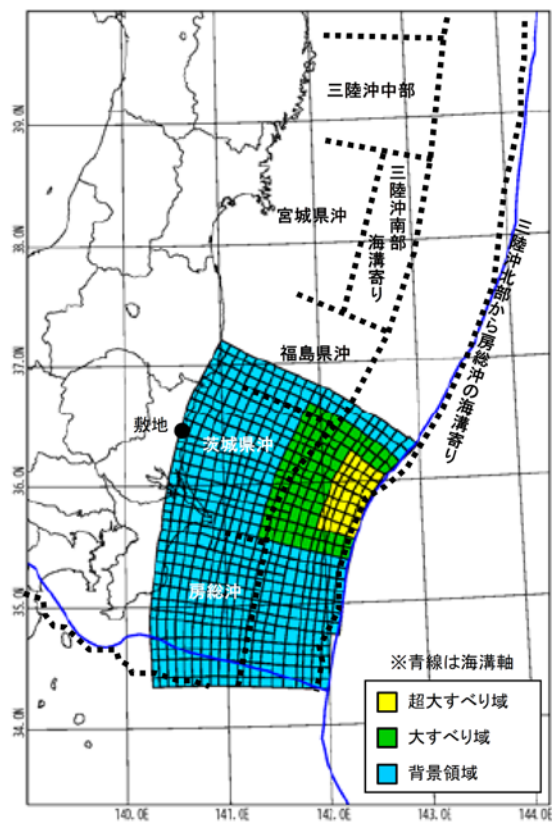
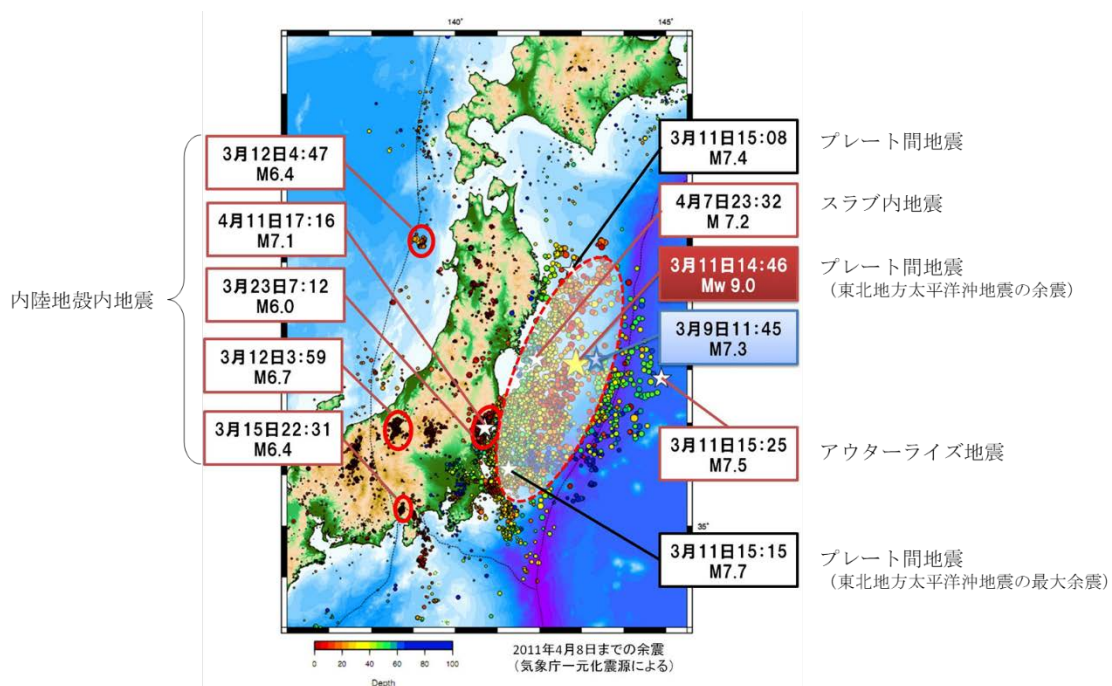


図 2-3 津波波源モデル

4. 検討方針

敷地周辺のプレートテクトニクス的背景や廃止措置計画用設計津波と同じ地震発生様式(プレート間地震)である2011年東北地方太平洋沖地震の余震・誘発地震の発生状況(図4-1)を踏まえ、廃止措置計画用設計津波の波源の活動(本震)に伴い発生する可能性のある余震を設定する。設定した余震とSd-D(廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトルとの比率を0.5倍として設定)の比較を行い、耐津波設計において津波荷重と組み合わせる余震荷重を保守的に設定する。

なお、本検討では、日本地震工学会の「東日本大震災合同調査報告書」(2014)⁽²⁾を参考に、本震の震源域とその周辺において発生する地震(アウターライズの地震及び破壊域内のスラブ内地震を含む)を余震とし、この余震発生域外において、本震がトリガーとなって発生する地震を誘発地震として整理した。余震荷重の検討フローを図4-2に示す。



(東京大学地震研究所 HP に地震発生様式を加筆)

図 4-1 東北地方太平洋沖地震の余震・誘発地震の発生状況

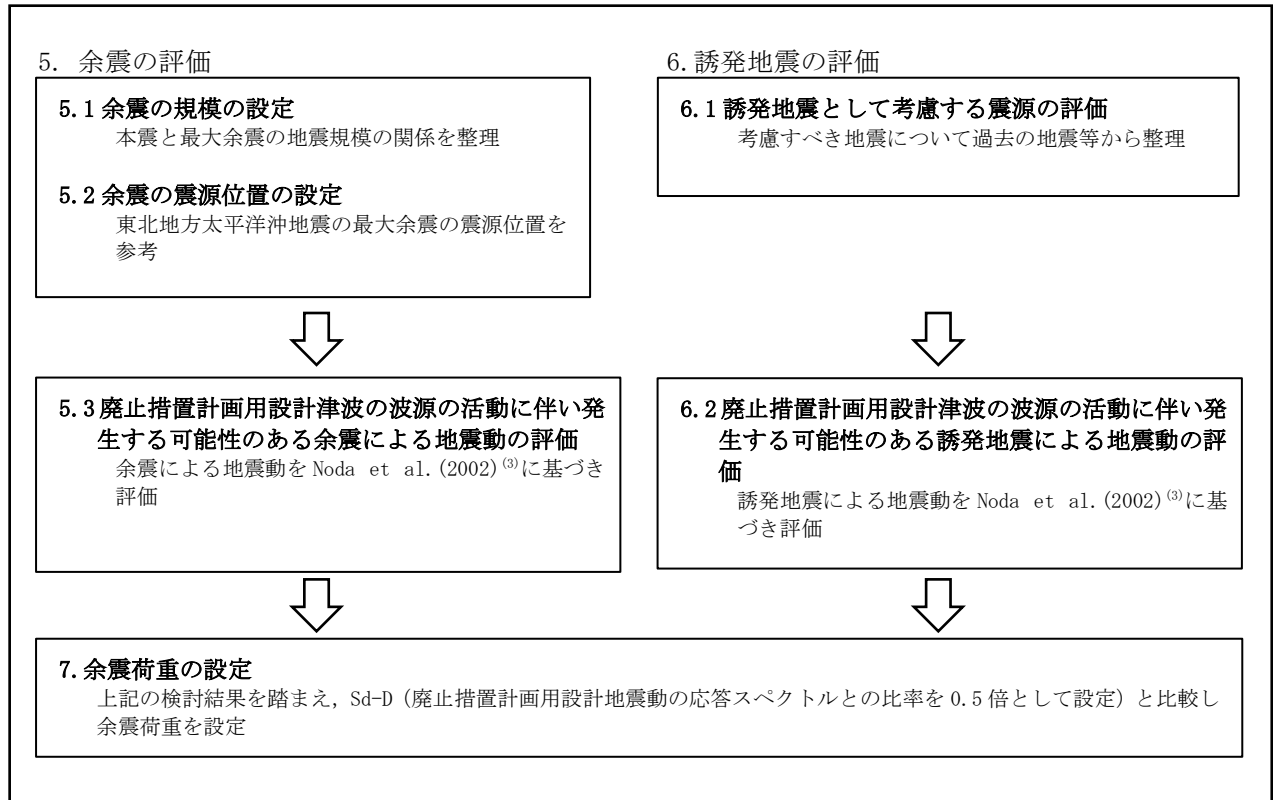


図 4-2 余震荷重の検討フロー

5. 余震の評価

5.1 余震の規模の設定

余震の規模は、過去の地震データにおける本震規模と最大余震の規模の関係を整理することにより想定する。検討対象とした地震は、津波荷重と組み合わせる余震荷重を評価するという観点から、地震調査研究推進本部⁽⁴⁾の地震データによる本震のマグニチュード M7.0 以上とし、かつ、廃止措置計画用設計津波の波源の活動に伴い発生する津波の最大水位を生起する時間帯が地震発生から約 40 分後(図 5-1)であることを考慮し、本震と最大余震との時間間隔が 12 時間以内の地震とする。表 5-1 に、対象とした地震の諸元を示す。また、検討対象とした地震の震央分布を図 5-2 に示す。

地震調査研究推進本部の地震データを整理し、本震のマグニチュード M_0 と最大余震のマグニチュード M_1 の関係から本震と余震のマグニチュードの差 D_1 を求めると、図 5-3 の通り、 $D_1=M_0-M_1=1.3$ として評価できる。余震の規模を想定する際は、データ数が少ないことから、保守的に標準偏差を考慮し $D_1=0.8$ として余震の規模を想定する。従って、余震の地震規模は $Mw8.7-0.8$ より $M7.9$ ($Mw=M$ とする) と設定する。

5.2 余震の震源位置の設定

廃止措置計画用設計津波 ($Mw8.7$) の波源域と廃止措置計画用設計地震動の一つとして設定した 2011 年東北地方太平洋沖型地震 ($Mw9.0$) の震源域は茨城県沖で重なっており、その重なっている領域において 2011 年東北地方太平洋沖地震 ($Mw9.0$) の最大余震 ($M7.6$) が発生している。この最大余震の地震発生様式は廃止措置計画用設計津波と同じプレート間地震である。これら波源域、震源域等の位置関係を図 5-4 に示す。

一般に規模の大きなプレート間地震は、過去に発生した規模の大きなプレート間地震の震源域で繰り返し発生する。また、2011 年東北地方太平洋沖地震の強震動生成域も過去に発生した規模の大きなプレート間地震の発生位置と対応していることが指摘されている(例えば入倉(2012)⁽⁵⁾)。従って、廃止措置計画用設計津波の波源域が活動した場合の強震動生成域や規模の大きな余震の発生位置は 2011 年東北地方太平洋沖地震における茨城県沖の例と類似すると考えられる。以上のことから、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は 2011 年東北地方太平洋沖地震 ($Mw9.0$) の最大余震 ($M7.6$) の震源位置に設定する(図 5-4)。

なお、茨城県南部から房総沖にかけては図 2-2 で示したとおり、陸のプレートと太平洋プレートの間にフィリピン海プレートが潜り込んでおり、Uchida et al.(2009)⁽⁶⁾によれば、この領域ではプレート間結合度が低いことが示されている。従って、図 2-2 に示したフィリピン海プレートの北東端より南側において規模の大きな地震は発生しにくいと考えられる。

5.3 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による地震動の評価

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による地震動を評価する。余震の地震規模は「5.1 余震の規模の設定」のとおり $M7.9$ 、震源位置は「5.2 余震の震源位置の設定」のとおり 2011 年東北地方太平洋沖地震の最大余震発生位置とする。設定した余震の地震諸元を表 5-2 に示す。

上記に基づき、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による地

震動評価を Noda et al.(2002)⁽³⁾により行う。その際、廃止措置計画用設計地震動策定におけるプレート間地震の評価と同様、鹿島灘付近の地震を除く太平洋プレートと陸のプレート境界で発生した地震の観測記録による補正係数を考慮する。観測記録による補正係数を図 5-5 に、評価結果と Sd-D の比較を図 5-6 に示す。

同図より、評価結果は、Sd-D を下回ることが確認できる。

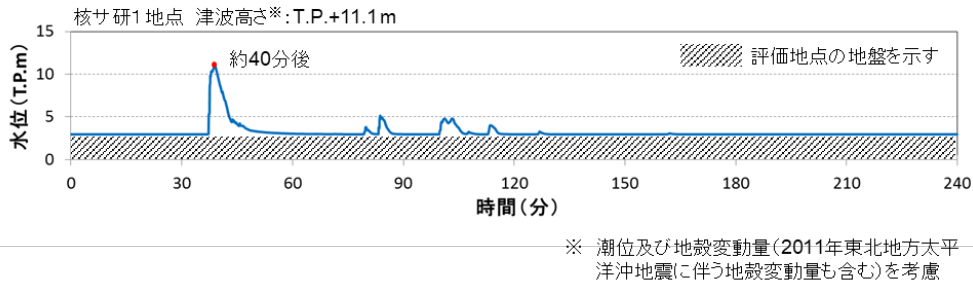


図 5-1 核燃料サイクル工学研究所 1 地点における時刻歴波形

表 5-1 過去の地震における本震と最大余震の関係

No	発生年月日	震源	本震	最大余震	
			マグニチュード M ₀	マグニチュード M ₁	本震との 時間間隔
1	1933/3/3	昭和三陸地震	8.1	6.7	0.038日
2	1937/2/21	択捉島南東沖の地震	7.6	7.2	0.017日
3	1948/6/28	福井地震	7.1	5.8	0.004日
4	1961/8/19	北美濃地震	7.0	5.2	0.107日
5	1964/6/16	新潟地震	7.5	6.1	0.134日
6	1968/4/1	日向灘地震	7.5	6.4	0.272日
7	1968/5/16	十勝沖地震	7.9	7.5	0.410日
8	1969/8/12	北海道東方沖の地震	7.8	6.2	0.317日
9	1995/1/17	兵庫県南部地震	7.3	5.4	0.078日
10	2003/5/26	宮城県沖	7.1	4.9	0.264日
11	2003/9/26	十勝沖地震	8.0	7.1	0.054日
12	2008/6/14	岩手・宮城内陸地震	7.2	5.7	0.025日
13	2008/9/11	十勝沖	7.1	5.7	0.008日
14	2011/3/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	7.6	0.020日
15	2016/4/16	熊本地震	7.3	5.9	0.014日

気象庁⁽⁷⁾による最新の震源情報を参照

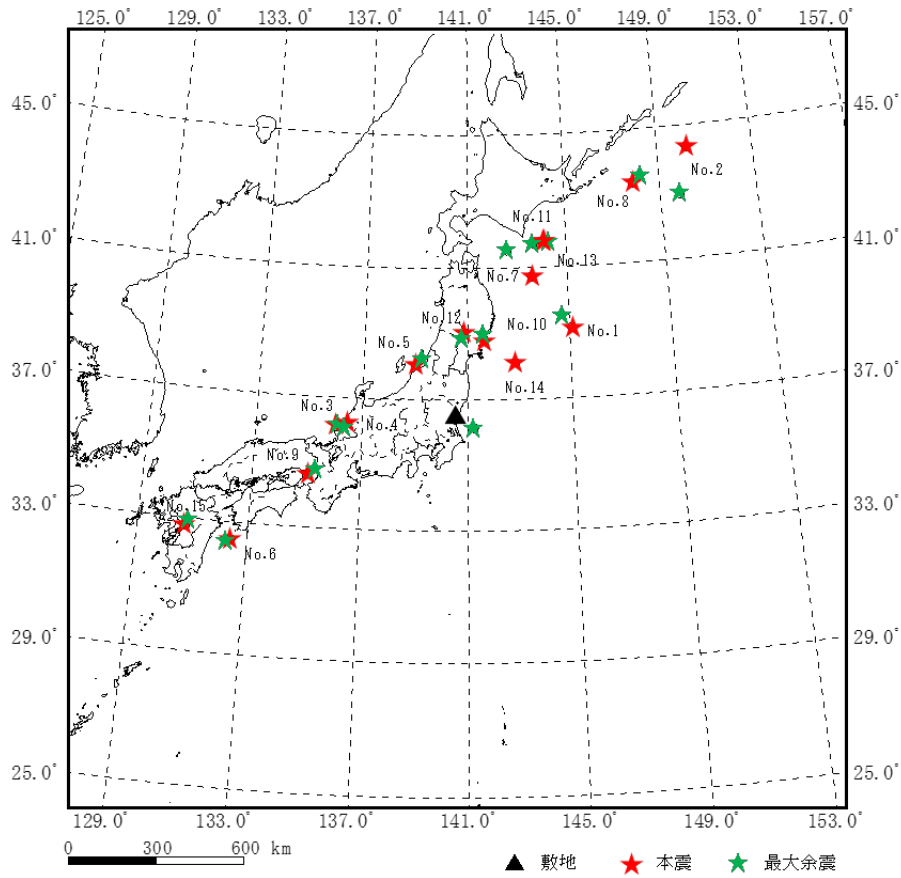


図 5-2 余震の最大規模の評価に用いた地震の震央分布

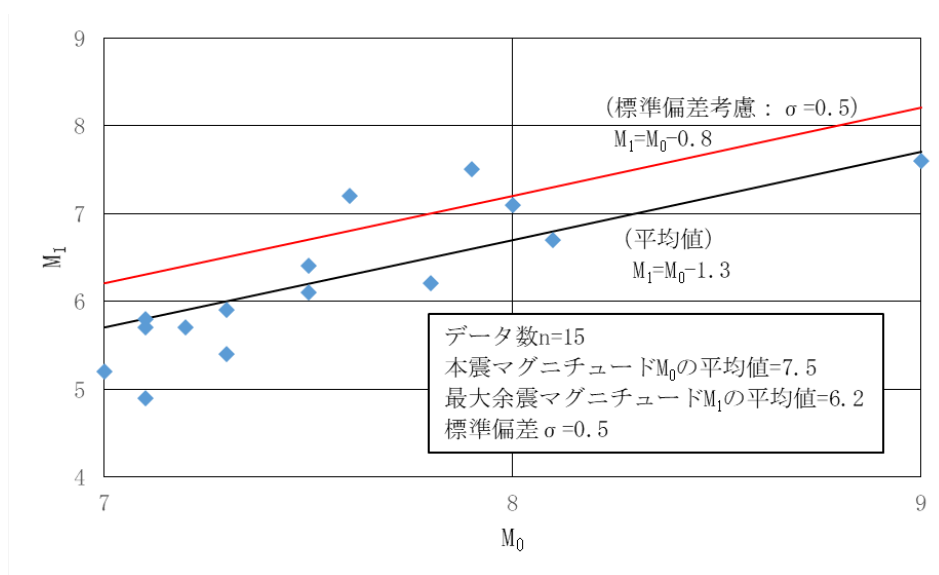


図 5-3 本震と最大余震の関係 (M_0 以上)

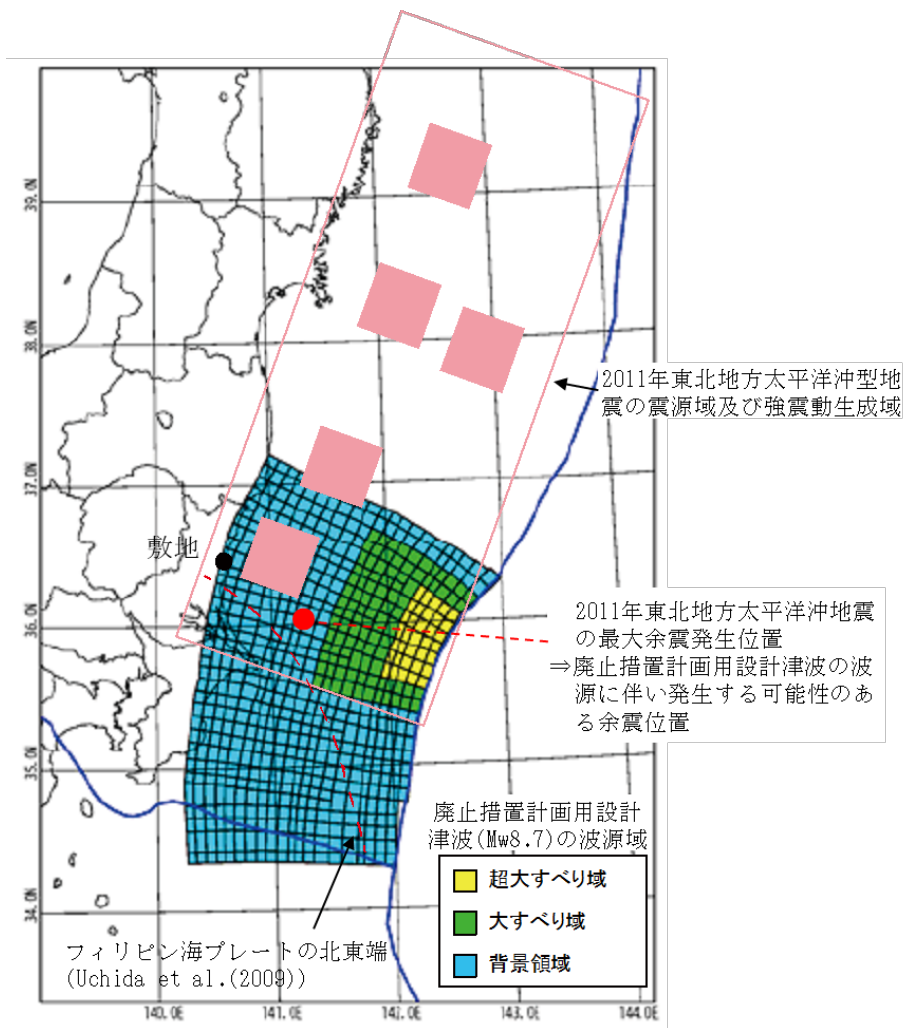
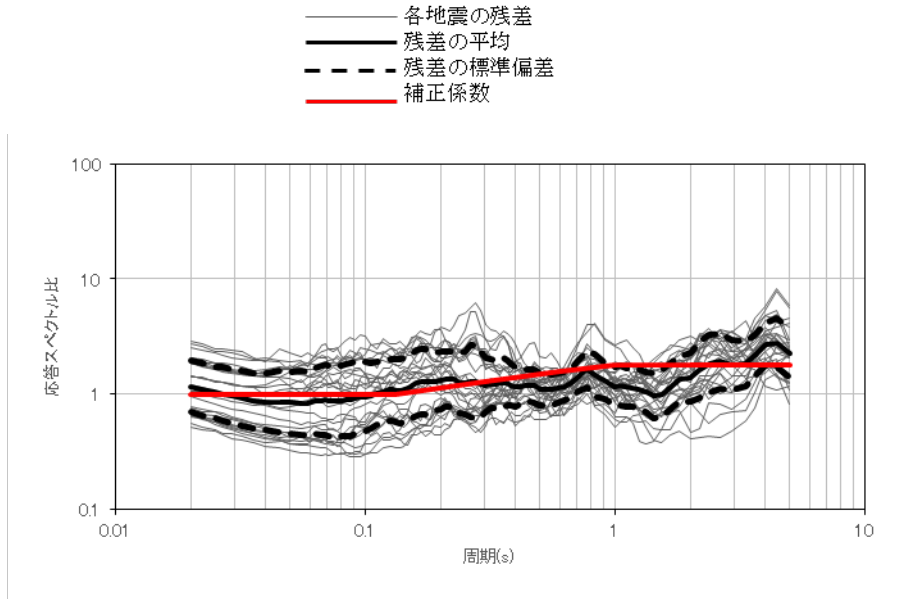


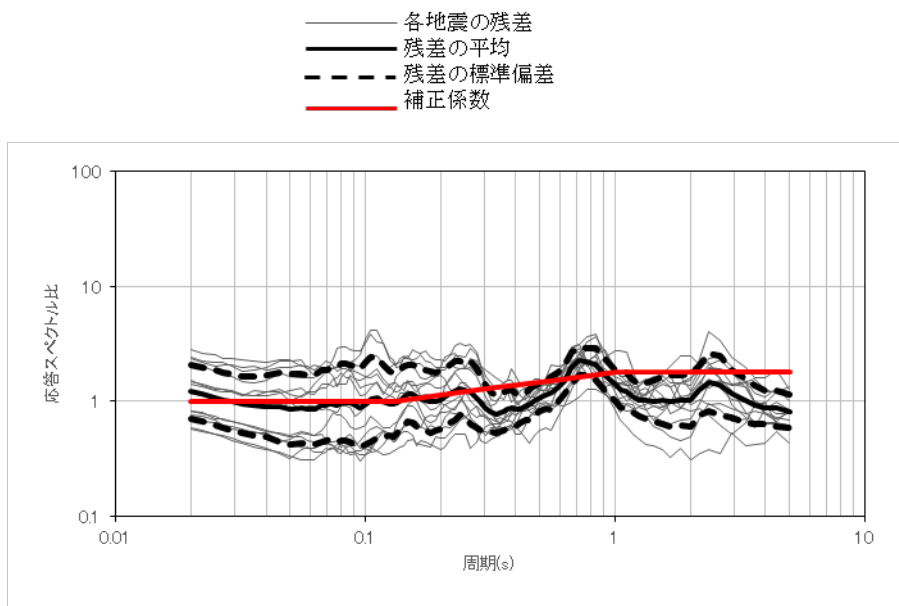
図 5-4 廃止措置計画用設計津波の波源域と 2011 年東北地方太平洋沖型地震の震源域及び最大余震発生位置図

表 5-2 設定した余震の震源諸元

項目	設定値
本震の地震規模 (Mw)	8.7
余震の地震規模 (M)	7.9
等価震源距離 (km)	86



(水平成分)



(鉛直成分)

図 5-5 鹿島灘付近の地震を除く太平洋プレート間地震による補正係数

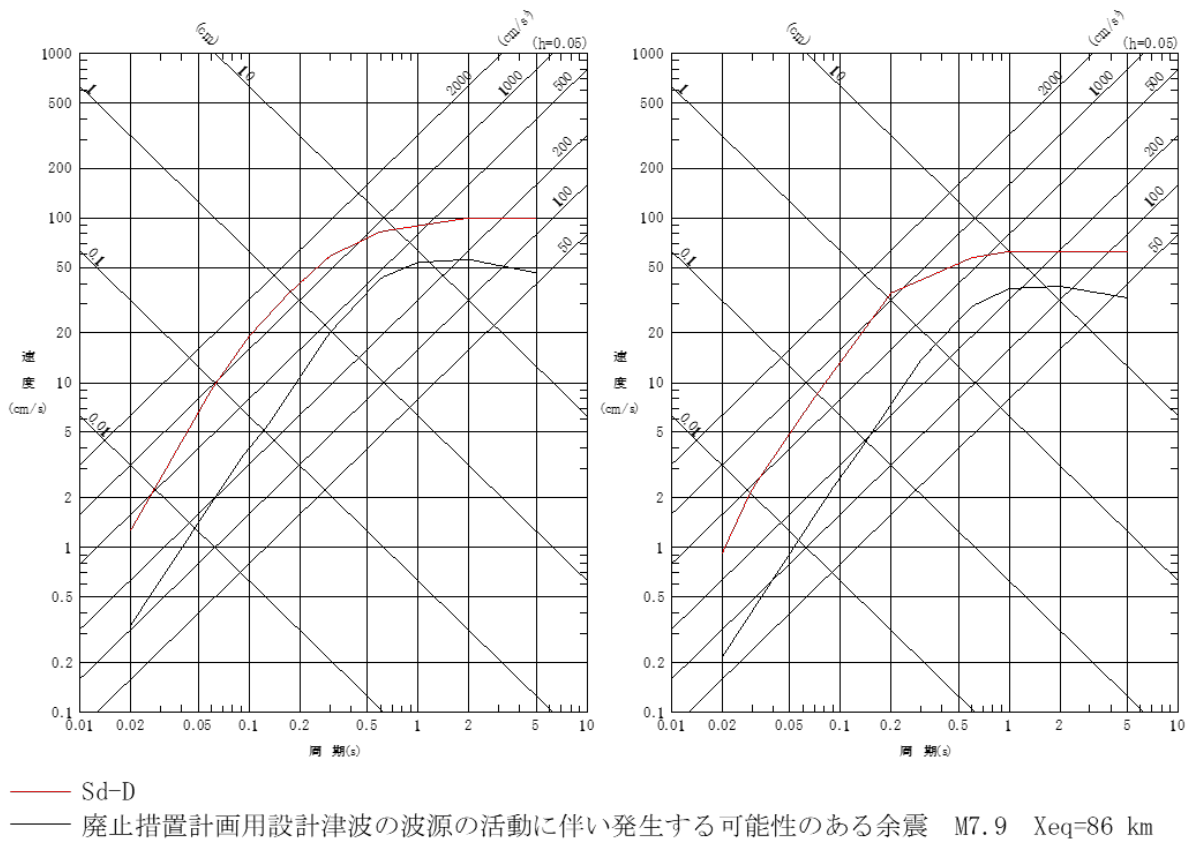


図 5-6 設定した余震と Sd-D との比較
 (左:水平成分, 右:鉛直成分)

6. 誘発地震の評価

6.1 誘発地震として考慮する震源の評価

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誘発地震として考慮する震源を評価する。

評価に際しては、「4.検討方針」のとおり、廃止措置計画用設計津波と同じ地震発生様式である2011年東北地方太平洋沖地震の事例を参考に地震規模、発生位置を検討する。図4-1に示す2011年東北地方太平洋沖地震の発生による誘発地震である内陸地殻内地震のうち、本震発生からもっとも早く発生した誘発地震は3月12日長野県北部の地震(M6.7)であり、本震発生から13時間後である。

一方、敷地の廃止措置計画用設計津波の到達時間は図5-1に示すとおり、地震発生から約40分後である。

このことから、廃止措置計画用設計津波の到達時間帯において規模の大きな誘発地震が発生する可能性は低いと考えられる。

しかしながら、規模の小さな誘発地震は2011年東北地方太平洋沖地震発生直後から発生していることを踏まえ、廃止措置計画用設計地震動の評価において検討用地震の候補として考慮していた規模の小さな短い活断層による地震を保守的に考慮する。

6.2 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誘発地震による地震動の評価

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誘発地震による地震動を評価する。誘発地震として考慮する規模の小さな短い活断層の分布及び地震諸元をそれぞれ図6-1及び表6-1に示す。地震動評価はNoda et al.(2002)⁽³⁾により行う。その際、廃止措置計画用設計地震動策定における内陸地殻内地震の評価と同様、福島県と茨城県の県境付近で発生した地震の観測記録による補正係数を考慮する。観測記録による補正係数を図6-2に、評価結果とSd-Dの比較を図6-3に示す。

同図より、評価結果は、Sd-Dを下回ることが確認できる。

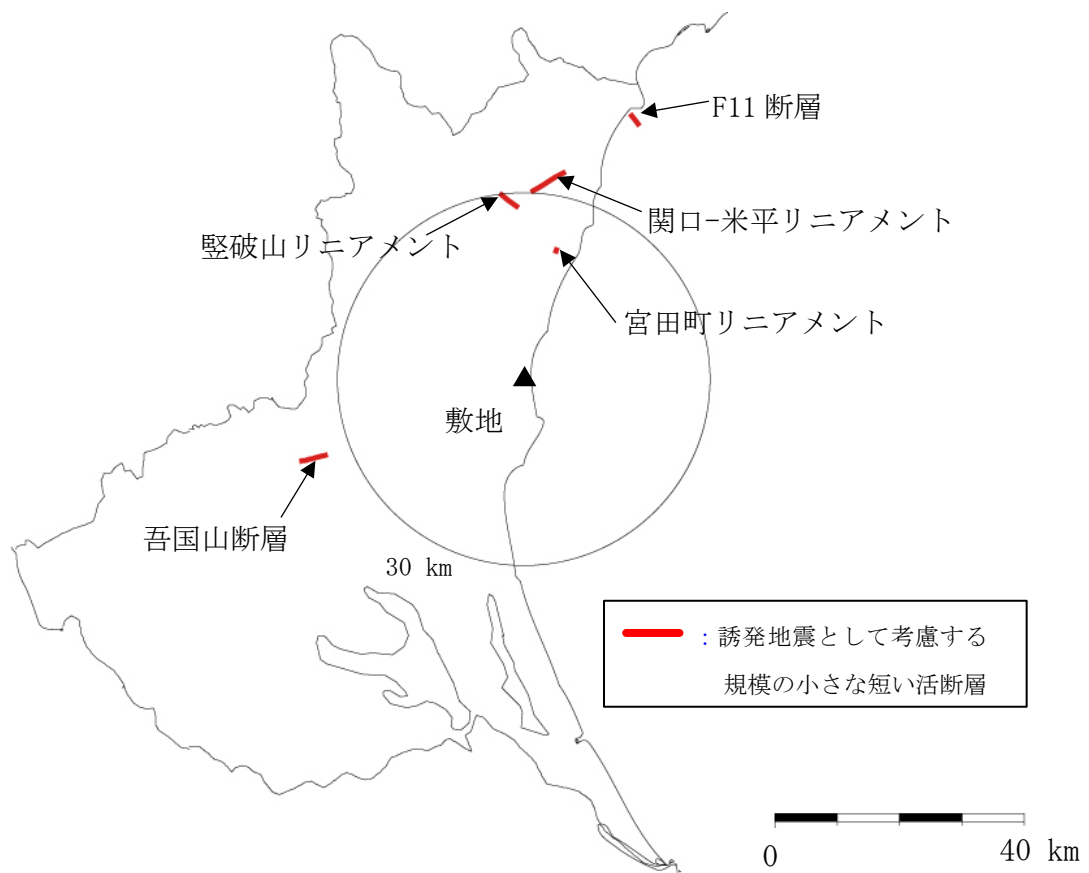
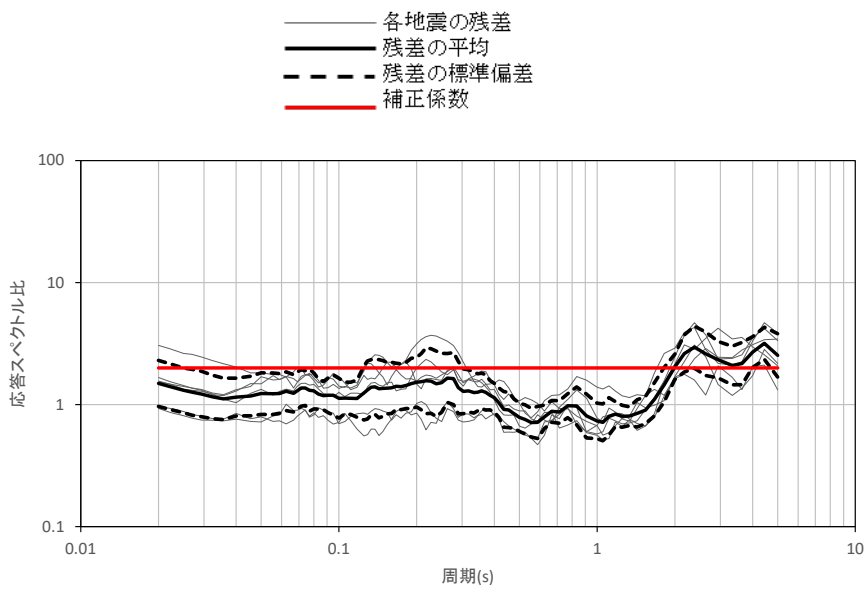


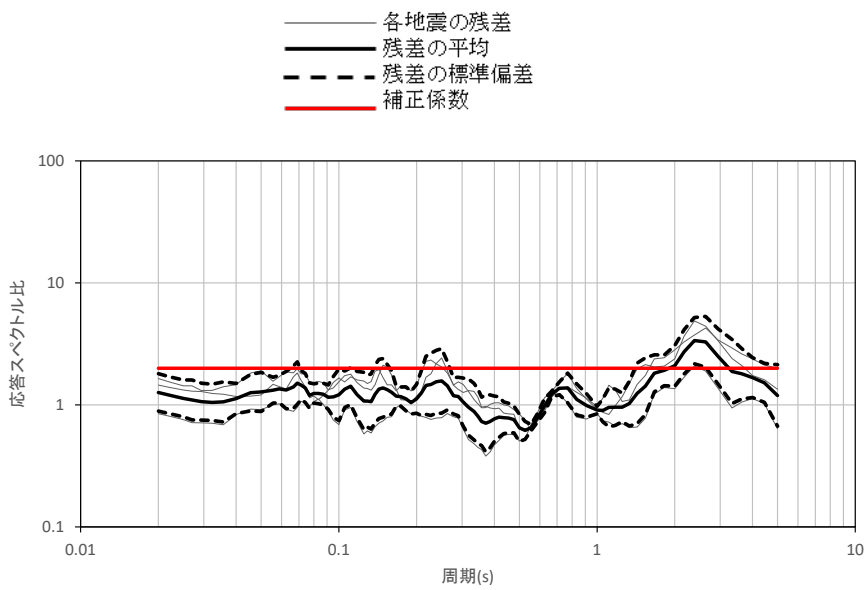
図 6-1 誘発地震として考慮する規模の小さな短い活断層の分布

表 6-1 設定した誘発地震の諸元

地震名	地震規模M	等価震源距離 (km)
宮田町リニアメント	6.8	23
関口-米平リニアメント	6.8	30
豎破山リニアメント	6.8	28
F 1 1 断層	6.8	41
吾国山断層	6.8	37

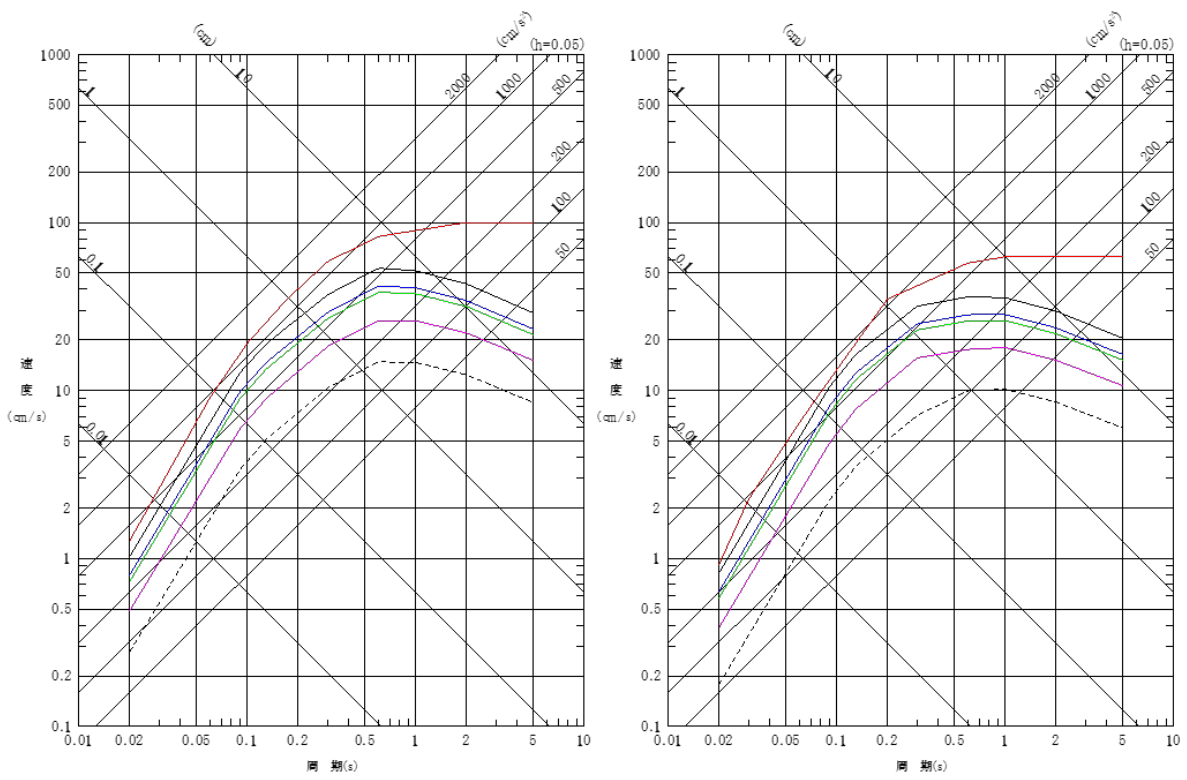


(水平成分)



(鉛直成分)

図 6-2 福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震の補正係数



- Sd-D
- 宮田町リニアメントによる地震 M6.8 $X_{eq}=23$ km
- 関口-米平リニアメントによる地震 M6.8 $X_{eq}=30$ km
- 堅破山リニアメントによる地震 M6.8 $X_{eq}=28$ km
- F11断層による地震 M6.8 $X_{eq}=41$ km
- - - 吾国山断層による地震 M6.8 $X_{eq}=37$ km

図 6-3 規模の小さな短い活断層による地震と Sd-D との比較
(左:水平成分, 右:鉛直成分)

7. 余震荷重の設定

以上の検討結果から、Sd-D を津波荷重に組み合わせる余震荷重として考慮する。

8. 参考文献

- (1) Naoki Uchida, Toru Matsuzawa, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa. Subduction of a wedged shaped Philippine Sea plate beneath Kanto, central Japan, estimated from converted waves and small repeating earthquakes. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH. vol.115, 2010, B07309.
- (2) 日本地震工学会, 東日本大震災合同調査報告, 共通編 1, 地震・地震動, 2014.
- (3) Shizuo Noda, Kazuhiko Yashiro, Katsuya Takahashi, Masayuki Takemura, Susumu Ohno, Masanobu Tohdo, Takahide Watanabe (2002). RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD. NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Oct.16-18, Istanbul, 2002.
- (4) 地震調査研究推進本部. 「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」報告書. 地震調査推進本部地震調査委員会, 2016, 平成 28 年 8 月 19 日.
- (5) 入倉考次郎, 海溝型巨大地震の強震動予測のための震源モデルの構築, 第 40 回地盤振動シンポジウム, 2012.
- (6) Naoki Uchida, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa, Toru Matsuzawa. What controls interpolate coupling?: Evidence for abrupt change in coupling across a border between two overlying plates in the NE Japan subduction zone. Earth and Planetary Science Letters. vol.283,2009, pp.111-121.
- (7) 気象庁, 地震月報(カタログ編), 2020-03-31 時点, ほか

V 漂流可能性のある漂流物の選定

1. 概要

本資料は、廃止措置計画用設計津波により、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影響を与える可能性のある漂流物を選定するものである。

2. 基本方針

再処理施設では、廃止措置計画用設計津波が敷地内に流入することを想定しており、高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場(HAW)とこれに付随するガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟については、廃止措置計画用設計津波に対し、建家内へ浸水しないよう個別に対策し、安全を確保する方針である。

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建家外壁においては、波力及び余震との重量に対して増し打ちなどの対策により防護するが、漂流物については、漂流物の種類や大きさによっては建家外壁だけで防護することは困難となるため、津波漂流物防護柵の設置等の対策により、建家外壁への漂流物の衝突を軽減又は防止する。

船舶や車両等の大型の漂流物に対しては、津波漂流物防護柵の設置等の対策により捕捉し、建家外壁への到達を防止し、津波漂流物防護柵をすり抜けて遡上する流木や瓦礫等の比較的小型の漂流物は、建家外壁に到達することを考慮した防護方針とし、津波漂流物防護柵と建家外壁により多重に防護する。

2.1 漂流物の判定

廃止措置計画用設計津波の遡上経路を調査範囲として設定し、調査範囲に存在する建物・設備等の漂流物となる可能性のあるものを重量、形状に関係なく洗い出した後、建物・設備、流木、船舶、車両に分類し、スクリーニングにより漂流物となるかどうかを判定する。

判定では、保守的に、廃止措置計画用設計津波の流況、漂流物の軌跡解析及び再処理施設周辺の障害物等の存在を考慮せず、漂流物としたものは再処理施設に到達するものとする。

2.2 代表漂流物の選定

漂流物として作用する荷重は、その重量に大きく影響を受けることから、判定した漂流物について、分類ごとに最も重量の大きい漂流物を代表漂流物として選定し、建家外壁である設計津波の津波防護施設、津波漂流物防護柵で構成する漂流物の影響防止施設、それぞれの設計において考慮すべき代表漂流物を定める。

3. 代表漂流物の選定

3.1 漂流物分類ごとの代表漂流物の選定

漂流物分類ごとの代表漂流物の選定について添付資料 6-1-3-1-1「再処理施設における代表漂流物の選定について」に纏める。

3.2 津波防護施設において考慮すべき代表漂流物

重量の大きい、水素タンク、小型船舶、中型バスは、津波漂流物防護柵で構成する漂流物の影響防止施設にて捕捉し、津波漂流物防護柵をすり抜ける可能性がある防砂林(流木)は、建家外壁である設計津波の津波防護施設で防護することとし、それぞれの設計において考慮すべき代表漂流物とする。

漂流物の影響防止施設の設計においては、津波漂流物防護柵に作用する荷重を「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」に基づき算定し、設計条件とする。

津波防護施設においては、津波漂流物防護柵により、定められた代表漂流物の流速が軽減することが見込まれ、建家外壁に作用する荷重を「道路橋示方書」に基づき算出し、別添 6-1-3-2「Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」の設計条件とする。

なお、防砂林を超える重量を持つ漂流物は、津波漂流物防護柵で捕捉できるように設計に反映する。

4. 今後の対応

津波漂流物防護柵で構成する漂流物の影響防止施設においては、代表漂流物の妥当性を令和 2 年 10 月末までに検証する。検証の結果、代表漂流物に変更が生じた場合は津波防護対策の設計に反映する。

再処理施設における代表漂流物の選定について

再処理施設における代表漂流物の選定について

1. はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所の再処理施設に廃止措置計画用設計津波(以下「設計津波」という。)が襲来した際に、漂流物と成り得る可能性のある建物・設備等について調査し、再処理施設の津波防護対策の設計に用いる代表漂流物を選定した。

2. 調査

(1)考え方

日本原子力発電株式会社東海第二原子力発電所(以下「TK2」という。)の津波漂流物調査要領の調査範囲、調査方法を参考に、再処理施設周辺が設計津波により浸水することを考慮して、核燃料サイクル工学研究所内外の調査範囲を決定し、調査範囲に存在する建物・設備等を重量、形状に関係なく洗い出す。核燃料サイクル工学研究所内における洗い出しはウォークダウン及び設計図書、製作図書等の図書類により行い、屋内から流出する可能性のある容器も対象とする。核燃料サイクル工学研究所外における洗い出しはウォークダウンにより行う。

洗い出した対象物は、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」(財)沿岸技術研究センター、(社)寒地港湾技術研究センター(平成 26 年 3 月)に示す漂流物の衝突エネルギーの算出に係る評価条件を考慮し、コンテナ(建物・設備)、流木、船舶、車両に分類した後(参考資料参照)、スクリーニングにより漂流物となるか判定する。

漂流物の衝突エネルギーの算出においては、衝突形態(建物等への接触の仕方)が横方向、縦方向、斜め方向で異なることを考慮する。同じ漂流物では重量が支配的となる。従って、衝突エネルギーを最も厳しく評価できるように、代表漂流物はスクリーニングで判定した各分類の漂流物の中から最も重いものを選定する。

今回の調査では保守的に、設計津波の流況、漂流物の軌跡解析及び再処理施設周辺の障害物等によらず、判定した漂流物は再処理施設に到達するものとする。

(2)範囲

調査範囲は、TK2 の漂流物の移動量の設定値(5 km)を参考に、再処理施設(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)から半径 5 km 以内で設計津波が遡上するエリア(図 1 参照)とした。

(3)スクリーニング

洗い出した対象物は、図 2 に示す判定フロー、表 1 に示す判定基準及び考え方に従ってスクリーニングを実施し、漂流物となるか判定した。

スクリーニングでは、再処理施設周辺が設計津波により浸水することを考慮して、設備等の固定ボルトの損傷の可能性、屋内にある容器については屋外への流出の可能性も考慮して漂流物となるか判定した。

(4)代表漂流物の選定

スクリーニングで判定した漂流物については、各分類(建物・設備、流木、船舶、車両)におい

て、最も重い漂流物を代表漂流物として選定した。

3. 調査結果

(1)核燃料サイクル工学研究所内

核燃料サイクル工学研究所内で洗い出した対象物の代表例を建物・設備、流木、船舶、車両に分類し、それらの設置状況、主要構造/材質、形状、寸法、重量の調査結果及びスクリーニング結果を取りまとめたものを表 2 に示す。各分類の種類及び数量が多いものについては、種類毎にグループ化したものを名称として整理した。それぞれの名称の代表例は、衝突エネルギーに寄与する重量の重い順に整理した。また、スクリーニングの判定結果として、表 1 に示したスクリーニングの判定番号と漂流物の判定結果を記載した。

表 2 に整理した対象物のスクリーニングの判定結果と写真を別紙 6-1-3 1 1 1 に、それらの配置を別紙 6 1 3 1 1 2 に示す。

(2)核燃料サイクル工学研究所外(常陸那珂火力発電所、茨城港常陸那珂港区及びその南側)

核燃料サイクル工学研究所外については、株式会社 JERA 常陸那珂火力発電所、茨城港常陸那珂港区及びその南側の調査を実施し、核燃料サイクル工学研究所内と同様に整理した調査結果を表 3, 4 に示す。各分類の種類及び数量が多いものについては、核燃料サイクル工学研究所内と同様に整理し、表 1 に示したスクリーニングの判定番号と漂流物の判定結果を記載した。

表 3 に整理した対象物のスクリーニングの判定結果と写真及びそれらの配置を別紙 6-1-3-1-1-3, 別紙 6-1-3-1-1-4 に、表 4 に整理した対象物のスクリーニングの判定結果と写真及びそれらの配置を別紙 6-1-3-1-1-5, 別紙 6-1-3-1-1-6 に示す。

上記(1), (2)のスクリーニングにおいて、スクリーニング項目②の固定ボルト等の損傷の判定に係る評価結果を別紙 6-1-3-1-1-7 に示す。また、スクリーニング項目⑤の気密性を有する設備等の浮遊の判定に係る評価結果を別紙 6-1-3-1-1-8 に示す。なお、スクリーニング項目③については、固縛等がされている容器はなかったため、評価は行わなかった。

4. 代表漂流物

表 2~4 に取りまとめた核燃料サイクル工学研究所内外の漂流物のうち、各分類において最も重い漂流物から代表漂流物を以下のように選定した。選定結果を表 5 に示す。

(1) 建物・設備

漂流物と判定したものは、簡易建物、タンク・槽、容器等があり、重量順に水素タンク:約 30 t, 窒素タンク:約 28 t, 硝酸タンク:約 22 t, 還水タンク:約 14 t 等のタンク類であったことから、今後撤去予定ではあるものの、水素タンク:約 30 t を代表漂流物として選定した。

(2) 流木

流木は、核燃料サイクル工学研究所内外の防砂林の調査結果より、直径約 20~30 cm, 高さ約 4~10 m であったことから、直径最大約 30 cm, 高さ最高約 10 m から算出した約 0.55t の防砂林

を代表漂流物として選定した。

(3) 船舶

ウォークダウン時に茨城港常陸那珂港区に係留されていた小型船舶(小型船舶の登録等に関する法律に定められている総トン数 20 トン未満の船舶)は 23 隻であり, そのうち, 総トン数が大きいことが想定された最も大きい小型船舶の船名を確認した。その後, [] から当該小型船舶の総トン数が約 19.0 t であること, また聞き取りにより当該小型船舶の総トン数が最も大きいものであることを確認した。

茨城港常陸那珂港区における船舶の安全等の確保を図るための対応については, [] が策定した [] に, 総トン数 20 t 以上の大型船舶に係る津波警報発令時の対応として, 緊急退避等の措置を取ることが定められている。[] は, 茨城港常陸那珂港区に関係のある行政機関及び企業等から構成され, [] については [] 等を通して [] へ周知されていることを [] からの聞き取りにて確認した。また, 企業からの聞き取りにより, [] が周知されており, 緊急退避等の措置が [] 従って取られることを確認した。

このため, 大型船舶は漂流物にはならず, 当該小型船舶(総トン数約 19.0 t を排水トン数に換算した約 57.0 t)を代表漂流物として選定した(参考資料参照)。

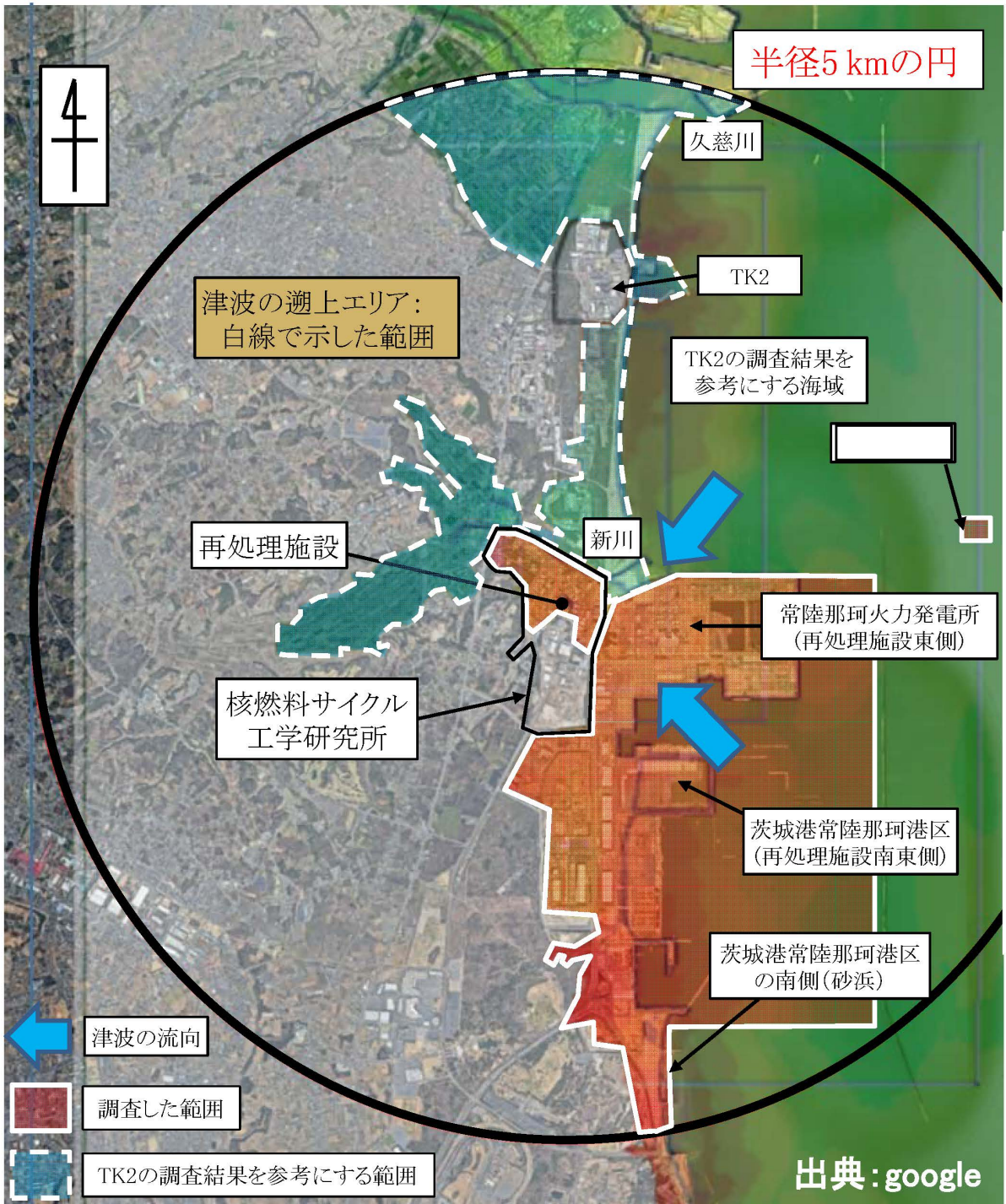
(4) 車両

漂流物と判定したものは, 中型車両と普通車両があり, それらのうち重いものは, 中型バス:約 9.7 t,トラック:約 5 t, 乗用車:約 3 t であったことから, 中型バス:約 9.7 t を代表漂流物として選定した。

5. 今後の予定

選定した代表漂流物を用いて, 津波防護対策の設計を開始する。具体的には, 代表漂流物の重量等から漂流物の衝突エネルギーを算出し, 津波防護対策への設計に反映する。

選定した代表漂流物については, 設計津波の流況及び漂流物の軌跡解析の結果を踏まえて, 再処理施設への漂流物の到達の有無を明らかにし, 代表漂流物の妥当性を令和 2 年 10 月末までに検証する。検証の結果, 代表漂流物に変更が生じた場合は津波防護対策の設計へ反映する。



漂流物の調査範囲
 (再処理施設(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)から半径5 km^{※1}以内で、津波が遡上するエリア)

※1 立地が近いTK2が、漂流物の最大移動量3.6 kmに保守性をもって設定した値を踏まえ、同じ調査範囲(半径5 km)とした。

図 1 漂流物の調査範囲

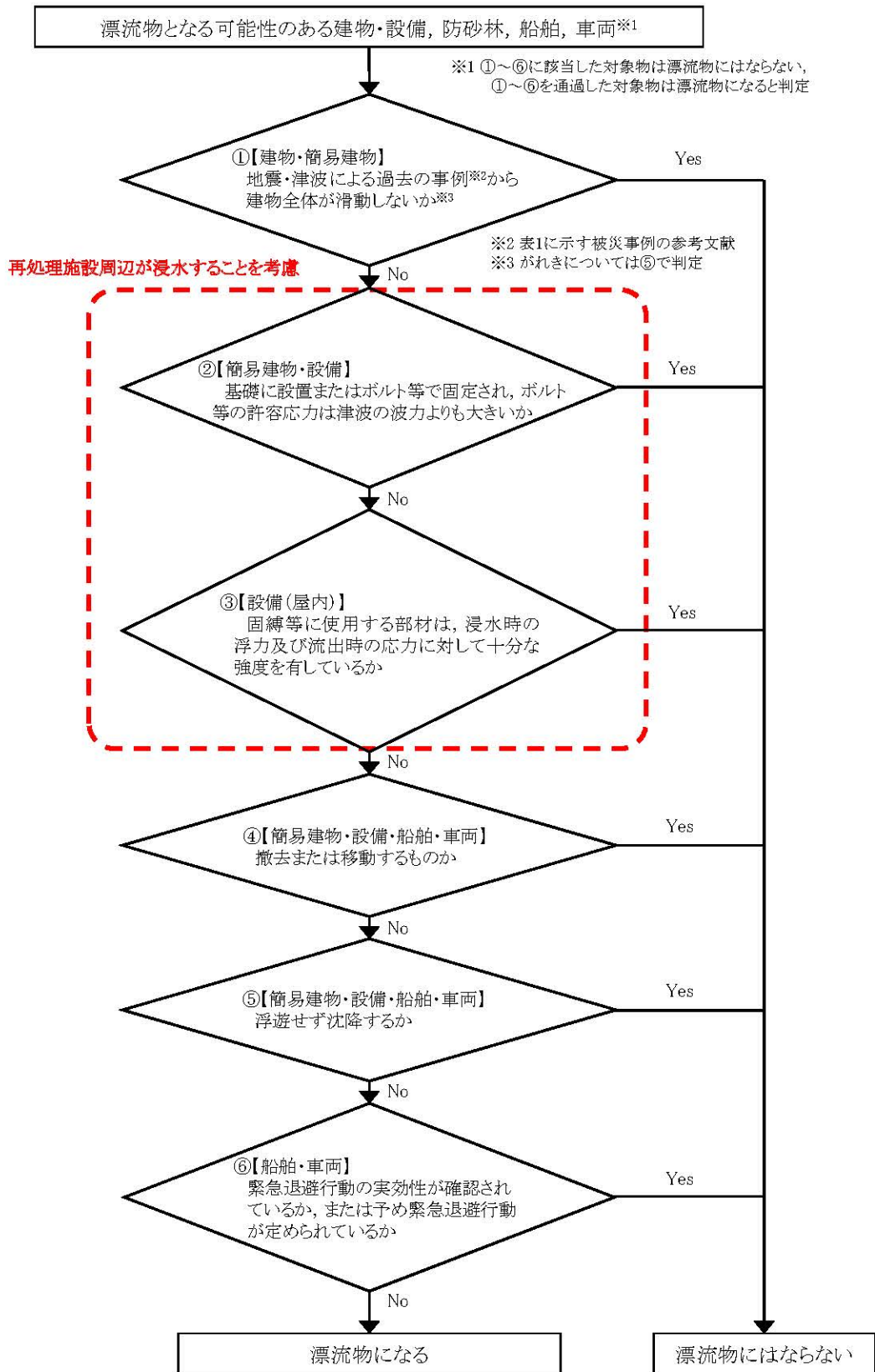


図2 スクリーニングの方法(判定フロー)

表 1 スクリーニングの判定基準と考え方

判定番号	スクリーニング項目	判定基準と考え方
①	【建物・簡易建物】 地震・津波による過去の事例から建物全体が滑動しないか	東日本大震災においては、鉄筋コンクリート造、鉄骨造の建物は、地震、津波により壁面や窓等の損傷が確認されているものの、本来の形状を維持したまま滑動し漂流を続ける事例は確認されていないため、本来の形状を維持したまま漂流物にはならない(別紙 6-1-3-1-1-9 参照)。地震、津波による建物の損壊で発生したコンクリート、鉄骨等の構成部材はがれきとなる。がれきの判定は、判定番号⑤のスクリーニングに従い、漂流物になるか判定する。
②	【簡易建物・設備】 基礎に設置またはボルト等で固定され、ボルト等の許容応力は津波の波力よりも大きいのか	津波波力(高放射性廃液貯蔵場(HAW)における津波高さ T.P.12.1 m を想定した波力)により、設備等の固定ボルト等に発生する応力を求め、固定ボルト等の許容応力と比較する。固定ボルトの許容応力が津波波力による応力よりも大きい場合には、固定ボルト等が損傷しないことから、固定ボルト等に錆の発生等がなく健全であることを確認した上で、漂流物にはならないものと判定する(別紙 6-1-3-1-1-7 参照)。
③	【設備(屋内)】 固縛等に使用する部材は、浸水時の浮力及び流出時の応力に対して十分な強度を有しているか	固縛部材の強度を求め、浸水時の浮力及び津波の流出時の応力と比較する。固縛部材の強度が、浸水時の浮力及び津波の流出時の応力に対して大きい場合は屋外へ流出しないことから、漂流物にはならないものと判定する。
④	【簡易建物・設備・船舶・車両】 撤去または移動するものか	津波の遡上エリアから撤去または移動する場合は、漂流物にはならないものと判定する。
⑤	【簡易建物・設備・船舶・車両】 浮遊せず沈降するか	・気密性を有しているもの(気密性を有しているか疑わしいものは保守的に気密性を有しているものとする)は、算出した浮力を重量と比較する。重量が浮力より大きい場合は、沈降することから漂流物にはならないものと判定する(別紙 6-1-3-1-1-8, 別紙 6-1-3-1-1-9 参照)。 ・気密性がないもの(空気溜まりがないもの、開口部等があるもの)は、材質の比重と海水の比重を比較する。材質の比重が海水の比重より大きい場合は、沈降することから漂流物にはならないものと判定する。
⑥	【船舶・車両】 緊急退避行動の実効性が確認されているか、または予め緊急退避行動が定められているか	船舶等で津波警報発令時に緊急退避または係留避泊が定められている等、津波の影響を受けない場合は、漂流物にはならないものと判定する(別紙 6-1-3-1-1-9 参照)。

【図 2 に記載した鉄筋コンクリート造建物、鉄骨造建物の被災事例に関する参考文献(別紙 6-1-3-1-1-9 参照)】

- ・国土交通省 国土技術政策総合研究所: “2011 年東日本大震災に対する国土技術政策総合研究所の取り組み—緊急対応及び復旧・復興への技術支援に関する活動記録—”, ISSN1346-7301 国総研研究報告第 52 号, 平成 25 年 1 月。
- ・田村修次: “東日本大震災の津波による建築被害”, 京都大学防災研究所年報, Vol.55, 181 (2012)。
- ・浜口耕平, 原野崇, 二階堂竜司, 中園大介, 原宏, 諏訪義雄: “東日本大震災における津波漂流物の範囲と量の推定”, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.72, L193 (2016)。
- ・加藤博人: “鉄筋コンクリート造建築物の津波被害と津波避難ビルに係る検討”, コンクリート工学, Vol.50, 82 (2012)。

表2 対象物(代表例)の調査結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設内)) (1/3)

分類	名称	総数	代表例※1	設置状況※2	主要構造/材質	形状	寸法※3 (m)	重量※3 (t)	スクリーニングの結果※4		備考※5					
									スクリーニングの判定番号	漂流物に成り得るか						
建物	鉄筋コンクリート造建物	71	1. 建物	固定あり	RC造	直方体			①、⑤	×	地震又は津波により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流することはないと考えられる 地震又は津波による建物の部分的な損壊で発生したコンクリート片等をはがれきとなるが、気密性はなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない					
			2. 建物	固定あり	RC造	直方体										
	鉄骨造建物	20	3. 第二付属排気筒	固定あり	鉄骨造	円筒						①、⑤	×	地震又は津波により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流することはないと考えられる 地震又は津波による建物の部分的な損壊で発生した鉄骨片等をはがれきとなるが、気密性はなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない		
			4. 真砂橋	固定あり	鉄骨造	直方体						①、⑤	×			
	簡易建物	43	5. テントハウス	固定あり	鉄骨造	直方体						17×22×5	約7.2	⑤	×	津波によりテントが流され鉄骨片等をはがれきとなるが、気密性はなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない
			6. 倉庫	固定なし	鋼製	直方体						4.5×2.3×2.4	約0.53	①、②、④、⑤	○	対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする
設備 (屋外)	タンク・槽	16	7. 水素タンク	固定あり	鋼製	円筒	Φ3.6×16.6	約30	②、④、⑤	○	津波により固定ボルトが損傷するとともに、対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする 水素タンクは、令和2年9月までに撤去予定の不稼働品(内部は窒素で置換済み)であるものの、撤去までの期間を考慮し、漂流物とした					
			8. 窒素タンク	固定あり	鋼製	円筒	Φ2.8×8.9	約28		○						
			9. 硝酸タンク	固定あり	鋼製	円筒	Φ3.6×5.3	約22		○						
			10. 還水タンク	固定あり	鋼製	円筒	Φ2×4.5	約14		○						
	電気盤	31	11. キュービクル	固定あり	鋼製	直方体	2.7×2.5×2.4	約6.75	⑤	×	津波により固定ボルトは損傷するが、対象物は気密性がなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない					
			12. 受電盤	固定あり	鋼製	直方体	3.5×2.2×2.7	約4	⑤	×						
			13. 信号中継盤	固定あり	鋼製	直方体	1×0.8×2	約0.15	⑤	×						
	鉄製品、鋼材類	185	14. 鉄板	固定なし	鋼製	直方体	3.1×1.6×0.02	約0.2	⑤	×	対象物は気密性がなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない					
			15. 止水板	固定なし	鋼製	直方体	7×0.4×0.1	約0.05	⑤	×						
	プラスチック、樹脂製品	10	16. パレット	固定なし	樹脂製	直方体	1.3×1.3×0.2	約0.03	②、④、⑤	○	対象物は気密性がないが、比重が小さく浮遊することから漂流物とする					
ポンベ類	22	17. 消火器(200型)	固定なし	鋼製	円筒	Φ0.4×1.1	約0.25	⑤	×	対象物は気密性を有しているが、重量が浮力よりも大きく沈降することから漂流物にはならない						
コンクリート類	10	18. コンクリートブロック	固定なし	コンクリート	直方体	3.3×1.6×1.8	約20	⑤	×	対象物は気密性がなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない						

※1 代表例の番号は別紙 6-1-3-1-1-1、別紙 6-1-3-1-1-2の番号と対応
 ※2 固定あり: 土地に定着した基礎を有する施設・設備(例: 常設の基礎上に設置したプラント設備等)、固定なし: 簡易に固定又は置いてあるだけのもの(例: 地面や基礎に置いてあるだけの仮置き物品等)
 ※3 調査対象となる建物、設備、車両等の図面、図書類等から寸法と重量を確認し、最大重量のものを記載
 ※4 スクリーニングの判定番号は図2、表1の番号と対応、○は漂流物になる、×は漂流物にならない
 ※5 スクリーニング項目の評価結果は別紙 6-1-3-1-1-1に示す

表2 対象物(代表例)の調査結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設内)) (2/3)

分類	名称	総数	代表例※1	設置状況※2	主要構造/材質	形状	寸法※3 (m)	重量※3 (t)	スクリーニングの結果※4		備考※5
									スクリーニングの判定番号	漂流物に成り得るか	
設備 (屋外)	機器	124	19. チラーユニット	固定あり	鋼製	直方体	1.8×3.0×2.2	約2	⑤	×	津波により固定ボルトは損傷するが、対象物は気密性がなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない
			20. 冷却塔	固定あり	鋼製	円筒	Φ4×3	約1	⑤	×	
			21. 室外機	固定なし	鋼製	直方体	1.5×1.2×0.8	約0.25	⑤	×	
	浮標	4	22. 浮標(海域)	固定あり	鋼製	円筒	Φ2.5×9	約4.0	②	×	対象物は気密性がなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない
	自動販売機	1	23. 自動販売機	固定なし	鋼製	直方体	1×1×2	約0.5	②、④、⑤	○	対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする
設備 (屋内)	容器		24. ウランポット	固定なし	鋼製	円筒			⑤	×	対象物は気密性を有しているが、重量が浮力よりも大きく沈降することから漂流物にはならない
			25. ドラム缶	固定なし	鋼製	円筒			②、③、④、⑤	○	対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする
			26. コンテナ	固定なし	鋼製	直方体			②、③、④、⑤	○	屋内の容器等は流出防止の観点から固定・固縛等の措置をとる
流木											
船舶											
車両	特殊	11	27. クレーン車	固定なし	鋼製	直方体	2.5×12×3.3	約24	⑤	×	対象物は気密性を有しているが、重量が浮力よりも大きく沈降することから漂流物にはならない
	普通	4	28. トラック	固定なし	鋼製	直方体	1.7×4.7×2	約4.1	⑤	×	
		2	29. 乗用車	固定なし	鋼製	直方体	1.5×3.4×2	約1	④、⑤、⑥	○	対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする
	二輪車	43	30. 原動機付自転車	固定なし	鋼製	直方体	0.6×1.8×1.1	約0.04	⑤	×	対象物は気密性がなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない

※1 代表例の番号は別紙 6-1-3-1-1-1、別紙 6-1-3-1-1-2の番号と対応

※2 固定あり: 土地に定着した基礎を有する施設・設備(例: 常設の基礎上に設置したプラント設備等)、固定なし: 簡易に固定又は置いてあるだけのもの(例: 地面や基礎に置いてあるだけの仮置き物品等)

※3 調査対象となる建物、設備、車両等の図面、図書類等から寸法と重量を確認し、最大重量のものを記載

※4 スクリーニングの判定番号は図2、表1の番号と対応、○は漂流物になる、×は漂流物にならない

※5 スクリーニング項目の評価結果は別紙 6-1-3-1-1-1に示す

表2 対象物(代表例)の調査結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設外)) (3/3)

分類	名称	総数	代表例※1	設置状況※2	主要構造/材質	形状	寸法※3 (m)	重量※3 (t)	スクリーニングの結果※5		備考※6
									スクリーニングの判定番号	漂流物に成り得るか	
建物	鉄筋コンクリート造建物	132	1. 建物	固定あり	RC造	直方体			①、⑤	×	地震又は津波により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流することはないと考えられる。地震又は津波による建物の部分的な損壊で発生したコンクリート片等はがれきとなるが、気密性はなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない。
			2. 建物	固定あり	RC造	直方体			①、⑤	×	
	鉄骨造建物	1	3. 鉄塔	固定あり	鉄骨造	直方体	7×7×50	約90	①、⑤	×	
	簡易建物	98	4. プレハブ	固定あり	鉄骨造	直方体	10×5×8	約40	①、⑤	×	
36		5. 倉庫	固定なし	鋼製	直方体	3×2×2	約1	①、②、④、⑤	○	対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする	
設備	タンク・槽	26	6. タンク	固定あり	鋼製	円筒	Φ2.3×3.5	約7	②、④、⑤	○	津波により固定ボルトが損傷するとともに、対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする
	電気盤	60	7. 変電設備(工学試験種キュービクル)	固定あり	鋼製	直方体	10×2.5×2.5	約10	⑤	×	津波により固定ボルトは損傷するが、対象物は気密性がなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない
	鉄製品、鋼材類	494	8. フェンス	固定あり	鋼製	直方体	300×0.2×1.3	約6	⑤	×	
	プラスチック、樹脂製品	6	9. ゴミ箱	固定なし	樹脂製	直方体	1.5×0.7×1.1	約0.04	②、④、⑤	○	対象物は気密性がないが、比重が小さく浮遊することから漂流物とする
	ポンペ類	8	10. プロパンガスポンペ	固定なし	鋼製	円筒	Φ0.4×1.3	約0.09	②、④、⑤	○	対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする
	機器	426	11. 車両重量測定装置	固定あり	鋼製	直方体	11×3×0.5	約15	⑤	×	対象物は気密性がなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない
	浮標	2	12. 浮標(陸域)	固定なし	鋼製	円筒	Φ2.5×9	約4	②、④、⑤	○	対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする。漂流物とならないように固定・固縛等の措置をとる
		2	13. 浮標(海域)	固定あり	鋼製	円筒	Φ1.3×4.4	約0.5	②、④、⑤	○	津波が襲来した場合、固定部材であるチェーンの余長はなく、損傷することから漂流物とする
	コンクリート類	3	14. 旧本部門	固定あり	RC造	直方体	10×2×1	約48	⑤	×	津波により損壊し、コンクリート片、鉄骨等の構成部材ががれきとなるが、気密性はなく、比重が大きく沈降することから漂流物にはならない
	煙突	1	15. 煙突	固定あり	鋼製	円筒	Φ0.6×15	約2	⑤	×	
自動販売機	5	16. 自動販売機	固定なし	鋼製	直方体	1×0.5×2	約0.5	②、④、⑤	○	対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする	
流木	防砂林	1式	17. 防砂林	—	木	—	Φ0.3×10	約0.55 ※4	—	○	対象物は比重が小さく浮遊することから漂流物とする
船舶											
車両	特殊	4	18. 消防自動車	固定なし	鋼製	直方体	2.5×8×3	約13	⑤	×	対象物は気密性を有しているが、重量が浮力よりも大きく沈降することから漂流物にはならない
	大型	1	19. タンクローリ	固定なし	鋼製	直方体	2.5×7.8×3	約12.9	⑤	×	
	中型	7	20. 中型バス	固定なし	鋼製	直方体	2.3×9×3	約9.7	④、⑤、⑥	○	対象物は気密性を有しており、浮遊することから漂流物とする
	普通	約1,200	21. 乗用車	固定なし	鋼製	直方体	3×5×2	約3	④、⑤、⑥	○	
	二輪車	約150	22. バイク	固定なし	鋼製	直方体	0.8×2.4×1.2	約0.3	⑤	×	

※1 代表例の番号は別紙 6-1-3-1-1-1、別紙 6-1-3-1-1-2の番号と対応
 ※2 固定あり：土地に定着した基礎を有する施設・設備(例：常設の基礎上に設置したプラント設備等)、固定なし：簡易に固定又は置いてあるだけのもの(例：地面や基礎に置いてあるだけの仮置き物品等)
 ※3 調査対象となる建物、設備、車両等の図面、図書類等から寸法と重量を確認し、最大重量のものを記載
 ※4 TK2と同様に建築空間の緑化手法を参考に算出
 ※5 スクリーニングの判定番号は図2、表1の番号と対応、○は漂流物になる、×は漂流物にならない
 ※6 スクリーニング項目の評価結果は別紙 6-1-3-1-1-1に示す

表3 対象物(代表例)の調査結果(常陸那珂火力発電所)

分類	名称	総数	代表例※1	設置状況※2	主要構造/材質	形状	概算寸法※3 (m)	概算重量 (最大値) (t)	スクリーニングの結果※7		備考※8
									スクリーニング の判定番号	漂流物に 成り得るか	
建物											
設備											
流木											
船舶											
車両											

※1 代表例の番号は別紙 6-1-3-1-1-3、別紙 6-1-3-1-1-4の番号と対応
 ※2 固定あり: 土地に定着した基礎を有する施設・設備(例: 常設の基礎上に設置したプラント設備等)、固定なし: 簡易に固定又は置いてあるだけのもの(例: 地面や基礎に置いてあるだけの仮置き物品等)
 ※3 概算寸法は目視及び衛星写真にて確認したものを記載
 ※4 TK2と同様に建築空間の緑化手法を参考に重量を算出した
 ※5 タンクの重量は核燃料サイクル工学研究所再処理施設内にある水素タンクとの寸法比から算出した
 ※6 設備が地上面より下に設置されている
 ※7 スクリーニングの判定番号は図2、表1の番号と対応、○は漂流物になる、×は漂流物にならない
 ※8 スクリーニング項目の評価結果は別紙 6-1-3-1-1-3に示す

表4 対象物(代表例)の調査結果(茨城港常陸那珂港区及びその南側)(1/2)

分類	名称	総数	代表例※1	設置状況※2	主要構造/材質	形状	概算寸法※3 (m)	概算重量 (最大値) (t)	スクリーニングの結果※6		備考※7
									スクリーニング の判定番号	漂流物に 成り得るか	
建物											
設備											
流木											

※1 代表例の番号は別紙 6-1-3-1-1-5、別紙 6-1-3-1-1-6の番号と対応
 ※2 固定あり: 土地に定着した基礎を有する施設・設備(例: 常設の基礎上に設置したプラント設備等)、固定なし: 簡易に固定又は置いてあるだけのもの(例: 地面や基礎に置いてあるだけの仮置き物品等)
 ※3 概算寸法は目視及び衛星写真にて確認したものを記載
 ※4 TK2と同様に建築空間の緑化手法を参考に重量を算出した
 ※5 タンクの重量は核燃料サイクル工学研究所再処理施設内にある水素タンクとの寸法比から算出
 ※6 スクリーニングの判定番号は図2、表1の番号と対応、○は漂流物になる、×は漂流物にならない
 ※7 スクリーニング項目の評価結果は別紙 6-1-3-1-1-5に示す

表4 対象物(代表例)の調査結果(茨城港常陸那珂港区及びその南側)(2/2)

分類	名称	総数	代表例※1	設置状況※2	主要構造/材質	形状	概算寸法※3 (m)	概算重量 (最大値) (t)	スクリーニングの結果※5		備考※6
									スクリーニング の判定番号	漂流物に 成り得るか	
船舶											
車両											

※1 代表例の番号は別紙 6-1-3-1-1-5、別紙 6-1-3-1-1-6の番号と対応

※2 固定あり: 土地に定着した基礎を有する施設・設備(例: 常設の基礎上に設置したプラント設備等)、固定なし: 簡易に固定又は置いてあるだけのもの(例: 地面や基礎に置いてあるだけの仮置き物品等)

※3 概算寸法は目視及び衛星写真にて確認したものを記載

※4 重機の重量はカタログにて確認した値

※5 スクリーニングの判定番号は図2、表1の番号と対応、○は漂流物になる、×は漂流物にならない

※6 スクリーニング項目の評価結果は別紙 6-1-3-1-1-5に示す

表 5 代表漂流物

種類	代表漂流物	重量 (t)
建物・設備	水素タンク ^{※1}	約 30
流木	防砂林	約 0.55
船舶	小型船舶	約 57.0 ^{※2} (排水トン数)
車両	中型バス	約 9.7

※1 水素タンクは、令和 2 年 9 月までに撤去予定の不稼働品(内部は窒素で置換済み)であるものの、撤去までの期間を考慮し、漂流物とした。

※2 船舶の重量は「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」に基づき(参考資料参照)、総トン数(約 19.0 t)の 3 倍に相当する排水トン数(約 57.0 t)とした。

津波漂流物対策施設設計ガイドラインを参考にした漂流物調査の考え方

1. 津波漂流物対策施設設計ガイドラインについて

原子力規制委員会による耐津波設計に係る工認審査ガイド(平成 25 年 6 月 19 日 日本原子力規制委員会決定)は、発電用軽水炉型原子炉施設の工事計画認可に係る耐津波設計に関わる審査において、耐津波設計の妥当性を確認するために津波防護の基本方針、津波防護設計、津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備等に関する事項を取り纏めたものである。

耐津波設計に係る工認審査ガイドの津波防護施設に関する事項には、「漂流物による荷重(衝突力)は、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案)」等を参照し、対象漂流物や寸法、喫水(海水面から対象漂流物の下端までの深さ)を基にして算出されていることを確認する。」と記載(耐津波設計に係る工認審査ガイド 4. 津波防護施設に関する事項 4.3 荷重及び荷重の組合せの確認内容の中に記載)されている。このため、漂流物の調査は、津波漂流物対策施設設計ガイドライン(以下「漂流物設計ガイドライン」とする。)を参考にして、以下の 2 項及び 3 項に示す対象物の分類と船舶の重量の換算を行った。

2. 衝突エネルギーの算定式と対象物の分類

漂流物設計ガイドラインは、津波による漂流物の被害低減のため、津波漂流物対策施設の設計手法等を取り纏めたものであり、港湾周辺における一般的な津波対象漂流物として、コンテナ、流木、船舶、車両を対象とし、津波漂流物対策施設の設計に必要な津波流速・漂流物流速の算定方法、漂流物の衝突エネルギーの算定方法等が示されている。

衝突エネルギーの算定においては、参考資料表 1 に示すように、漂流物の分類、衝突形態(建物等への接触の仕方)に応じたものとなっており、コンテナ、流木、船舶、車両ごとに式中使用する重量等の定義が異なっている。

そこで、今回の漂流物調査においては、漂流物設計ガイドラインの衝突エネルギーの算定式に示す分類から、ウォークダウン等で洗い出した対象物をコンテナ(建物・設備)、流木、船舶、車両の 4 つに分類した。

3. 船舶の重量の換算

衝突エネルギーの算定には漂流物の重量を用いることになっているが、船舶の場合は排水トン数を船舶の重量と定義している。船舶の排水トン数については、「排水トン数は総トン数のほぼ 3 倍としてよい」と記載(漂流物設計ガイドライン 3.4.5 漂流物の衝突エネルギーの算定に示す船舶の衝突エネルギーの解説に記載)されていることから、代表漂流物である小型船舶の重量は、総トン数を排水トン数に換算した約 57.0 t とした。

参考資料表 1 漂流物の衝突エネルギーの算定式(「漂流物設計ガイドライン」3.4.5 漂流物の衝突エネルギーの算定「より抜粋」)

分類	衝突形態による 衝突エネルギーE	仮想重量 W	式中の記号の定義
コンテナ (建物・設備)			W ₀ :コンテナ重量 W':付加重量 D:コンテナの喫水 L:コンテナの長さあるいは幅 γ _w :海水の単位体積重量
防砂林	横方向, 縦方向 $E = E_0 = \frac{WV^2}{(2g)}$	$W = W_0 + W' = W_0 + \left(\frac{\pi}{4}\right)D^2L\gamma_w$	W ₀ :流木重量 W':付加重量 D:流木の喫水 L:流木の長さあるいは幅 γ _w :海水の単位体積重量
船舶	斜め方向 $E = E' = \frac{WV^2}{(4g)}$		W ₀ :排水トン数 W':付加重量 D:喫水 L:横方向の場合は船の長さ, 縦方向の場合は船の幅 γ _w :海水の単位体積重量
車両	g:重力加速度(m/s ²)		W ₀ :車両重量 W':付加重量 D:車両の喫水 L:車両の長さあるいは幅 γ _w :海水の単位体積重量



スクリーニングの判定結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設内))(1/5)

		スクリーニングの判定結果※						代表例の状況
名称 (代表例)	設置 状況	①	②	③	④	⑤	⑥	判定結果
鉄筋コンクリート造 建物 (1.建物) (構造:鉄筋コン クリート造)	固定あり	地震又は津波により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流することはない	該当しない	該当しない	該当しない	部分的に損壊したコンクリート片等のがれきは、比重(2.3 t/m ³)が海水の比重(1.03 t/m ³)より大きく沈降することから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない
鉄筋コンクリート造 建物 (2.建物) (構造:鉄筋コン クリート造)	固定あり	地震又は津波により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流することはない	該当しない	該当しない	該当しない	部分的に損壊したコンクリート片等のがれきは、比重(2.3 t/m ³)が海水の比重(1.03 t/m ³)より大きく沈降することから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない
鉄骨造建物 (3.第二付属排気 筒) (構造:鉄骨造)	固定あり	地震又は津波により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流することはない	該当しない	該当しない	該当しない	部分的に損壊した鉄骨片等のがれきは、比重(7.8 t/m ³)が海水の比重(1.03 t/m ³)より大きく沈降することから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない
鉄骨造建物 (4.真砂橋) (構造:鉄骨造)	固定あり	地震又は津波により部分的に損壊するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流することはない	該当しない	該当しない	該当しない	部分的に損壊した鉄骨片等のがれきは、比重(7.8 t/m ³)が海水の比重(1.03 t/m ³)より大きく沈降することから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない
簡易建物 (5.子ントハウス) (構造:鉄骨造に樹 脂製テントを被せ た構造)	固定あり	建物全体又は一部が滑動し漂流すると想定する。また、地震又は津波により部分的に損壊し、鉄骨片等のがれきが生じると想定する	○	○	○	津液波力によるボルト1本当たりでのせん断応力 \square が、ボルトの許容せん断応力 \square より大きい。ため、鉄骨構成部材が漂流する	該当しない	× 漂流物には ならない
簡易建物 (6.倉庫)	固定なし	固定されていないことから、津液により建物全体が滑動し漂流する	○	○	○	撤去又は移動しないことから、漂流する	該当しない	○ 漂流物 とする

※:表中の①～⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない






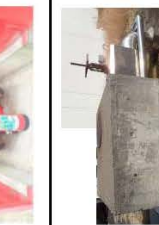


スクリーニングの判定結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設内))(2/5)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		
タンク・槽 (7.水素タンク) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波力によるボルト1本 当たりのせん断応力 <input type="text"/> が、 ボルトの許容せん断応力 <input type="text"/> より 大きいため、漂流する	該当しない	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	対象物は気密性があり、浮 力 <input type="text"/> は重量 <input type="text"/> (kN)より大きいことから、浮 遊し漂流する	該当しない	令和2年9月 までに撤去 予定 撤去までの 間を考慮し、 漂流物とする	
タンク・槽 (8.窒素タンク) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波力によるボルト1本 当たりのせん断応力 <input type="text"/> が、 ボルトの許容せん断応力 <input type="text"/> より 大きいため、漂流する	該当しない	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	対象物は気密性があり、浮 力 <input type="text"/> は重量 <input type="text"/> より大きいことから、浮遊し 漂流する	該当しない	○ 漂流物 とする	
タンク・槽 (9.硝酸タンク) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波力によるボルト1本 当たりのせん断応力 <input type="text"/> が、 ボルトの許容せん断応力 <input type="text"/> より 大きいため、漂流する	該当しない	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	対象物は気密性があり、浮 力 <input type="text"/> は重量 <input type="text"/> より大きいことから、浮遊し 漂流する	該当しない	○ 漂流物 とする	
タンク・槽 (10.還水タンク) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波力によるボルト1本 当たりのせん断応力 <input type="text"/> が、 ボルトの許容せん断応力 <input type="text"/> より 大きいため、漂流する	該当しない	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	対象物は気密性があり、浮 力 <input type="text"/> は重量 <input type="text"/> より大きいことから、浮遊し 漂流する	該当しない	○ 漂流物 とする	
電気盤 (11.キューベクル) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波力によるボルト1本 当たりのせん断応力 <input type="text"/> が、 ボルトの許容せん断応力 <input type="text"/> より 大きいため、漂流する	該当しない	○	×	該当しない	× 漂流物には ならない	
電気盤 (12.受電盤) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波力によるボルト1本 当たりのせん断応力 <input type="text"/> が、 ボルトの許容せん断応力 <input type="text"/> より 大きいため、漂流する	該当しない	○	×	該当しない	× 漂流物には ならない	






※:表中の①~⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設内))(3/5)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況		
		①	②	③	④	⑤	⑥				
電気盤 (13信号中継盤) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波波力によるボルト1本 当たりのせん断応力が が、ボルトの許容 せん断応力がより り大きいいため、漂流する	該当しない	○	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	対象物は気密性がなく、比 重(7.8 t/m ³)が海水の比重 (1.03 t/m ³)より大きく沈降 することから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
鉄製品、鋼材類 (14鉄板) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	○	該当しない	○	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	×	該当しない	× 漂流物には ならない	
鉄製品、鋼材類 (15止水板) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	○	該当しない	○	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	×	該当しない	× 漂流物には ならない	
プラスチック、 樹脂製品 (16パレット) (材質:ポリプロピレ ン)	固定なし	該当しない	○	該当しない	○	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	○	該当しない	○ 漂流物 とする	
ボンベ類 (17消火器(200型)) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	○	該当しない	○	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	×	該当しない	× 漂流物には ならない	
コンクリート類 (18コンクリートブ ロック) (材質:コンクリート)	固定なし	該当しない	○	該当しない	○	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	×	該当しない	× 漂流物には ならない	




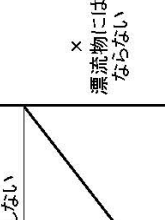


※:表中の①~⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設内))(4/5)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況	
		①	②	③	④	⑤	⑥			
機器 (19.チラーユニット) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波波力によるボルト1本 当たりのせん断応力□ が、ボルトの許容 せん断応力□より 大きい場合、漂流する	該当しない	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	対象物は気密性がなく、比 重(7.8 t/m ³)が海水の比重 (1.03 t/m ³)より大きく沈降 することから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
機器 (20.冷却塔) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波波力によるボルト1本 当たりのせん断応力□ が、ボルトの許容 せん断応力□より 大きい場合、漂流する	該当しない	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	対象物は気密性がなく、比 重(7.8 t/m ³)が海水の比重 (1.03 t/m ³)より大きく沈降 することから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
機器 (21.室外機) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	固定されていないことか ら、漂流する	該当しない	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	対象物は気密性がなく、比 重(7.8 t/m ³)が海水の比重 (1.03 t/m ³)より大きく沈降 することから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
浮標 (22.浮標(海域)) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	浮標を係留しているチェー ンは、津波波高□に対し 余長が□であることか ら、チェーンが損傷して漂 流することはない	該当しない	該当しない	×	該当しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
自動販売機 (23.自動販売機) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	固定されていないことか ら、漂流する	該当しない	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	対象物は気密性を有して おり、浮力□が重量□ より大きく浮遊すること から漂流する	該当しない	○ 漂流物 とする	
容器 (24.ウランポット) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	固定されていないことか ら、漂流する	該当せず、屋外 へ流出することから、漂流 する	撤去又は移動しないことか ら、漂流する	○	対象物は気密性を有して いるが、重量□が浮力 □より大きく沈降するこ とから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない	






※:表中の①~⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設内))(5/5)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況					
		①	②	③	④	⑤	⑥							
容器 (25ドラム缶) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	固定されていないことから、漂流する	回線等されておらず、屋外へ流出することから、漂流する	撤去又は移動しないことから、漂流する	○	○	○	○	○	漂流物とする 屋内の容器等は流出防止の観点から固定・固縛等の措置をとる			
容器 (26コンテナ) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	固定されていないことから、漂流する	回線等されておらず、屋外へ流出することから、漂流する	撤去又は移動しないことから、漂流する	○	○	○	○	○	○	漂流物とする 屋内の容器等は流出防止の観点から固定・固縛等の措置をとる		
特殊 (27クレーン車) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	該当しない	該当しない	撤去又は移動しないことから、漂流する	○	○	×	○	○	×	漂流物にはならない		
普通 (28トラック) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	該当しない	該当しない	撤去又は移動しないことから、漂流する	○	○	×	○	○	×	漂流物にはならない		
普通 (29乗用車) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	該当しない	該当しない	撤去又は移動しないことから、漂流する	○	○	○	○	○	○	○	漂流物とする 緊急退避行動が定められていないため、漂流する	
二輪車 (30.原動機付自転車) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	該当しない	該当しない	撤去又は移動しないことから、漂流する	○	○	×	○	○	×	漂流物にはならない		







※:表中の①～⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る。×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設外))(1/4)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		
鉄筋コンクリート造 建物 (1.建物) (構造:鉄筋コン クリート造)	固定あり	地震または津波により部 分的に損壊するおそれが あるが、建物の形状を維 持したまま漂流すること はない	該当しない	該当しない	該当しない	部分的に損壊したコンク リート片等のがれきは、 比重(2.3 t/m ³)が海水の 比重(1.03 t/m ³)より大き く沈降することから漂流 しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
鉄筋コンクリート造 建物 (2.建物) (構造:鉄筋コンク リート造)	固定あり	地震または津波により部 分的に損壊するおそれが あるが、建物の形状を維 持したまま漂流すること はない	該当しない	該当しない	該当しない	部分的に損壊したコンク リート片等のがれきは、 比重(2.3 t/m ³)が海水の 比重(1.03 t/m ³)より大き く沈降することから漂流 しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
鉄骨造建物 (3.鉄塔) (構造:鉄骨造)	固定あり	地震または津波により部 分的に損壊するおそれが あるが、建物の形状を維 持したまま漂流すること はない	該当しない	該当しない	該当しない	部分的に損壊した鉄骨片 等のがれきは、比重(7.8 t/m ³)が海水の比重(1.03 t/m ³)より大きく沈降する ことから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
簡易建物 (4.プレハブ) (構造:鉄骨造)	固定あり	地震または津波により部 分的に損壊するおそれが あるが、建物の形状を維 持したまま漂流すること はない	該当しない	該当しない	該当しない	部分的に損壊した鉄骨片 等のがれきは、比重(7.8 t/m ³)が海水の比重(1.03 t/m ³)より大きく沈降する ことから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
簡易建物 (5.倉庫) (材質:鉄)	固定なし	固定されていないことが ら、津波により建物全体 が滑動し漂流する	○	○	○	対象物は気密性があり、 浮力[]は重量[] より大きいことから、浮 遊し漂流する	該当しない	○ 漂流物とする	
タンク・槽 (6.タンク) (材質:鉄)	固定あり	津波波力によるボルト1本 あたりのせん断応力[] が、ボルトの許容 せん断応力[] より大きいため、漂流する	○	○	○	対象物は気密性があり、 浮力[]は重量[] より大きいことから、浮 遊し漂流する	該当しない	○ 漂流物とする	







※:表中の①~⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設外))(2/4)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況	
		①	②	③	④	⑤	⑥			
電気盤 (7.変電設備(工学 試験棟キュービク ル)) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波波力によるボルト1本 あたりのせん断応力 [] が、ボルトの許容 せん断応力 [] より大きいため、漂流する	該当しない	○	撤去または移動しないこ とから、漂流する	対象物は気密性がなく、 比重(7.8 t/m ³)が海水の 比重(1.03 t/m ³)より大きく 沈降することから漂流しな い	×	漂流物には ならない	
鉄製品、鋼材類 (8.フェンス) (材質:鉄、コンク リート基礎に鉄製 り付けた支柱とネットを取 り付けた構造)	固定あり	該当しない	津波波力によりコンクリー ト基礎は損傷し、漂流す る	該当しない	○	撤去または移動しないこ とから、漂流する	対象物は気密性がなく、 比重(7.8 t/m ³)が海水の 比重(1.03 t/m ³)より大きく 沈降することから漂流しな い	×	漂流物には ならない	
プラスチック、樹脂 製品 (9.ゴミ箱) (材質:ポリエチレ ン)	固定なし	該当しない	固定されていないことか ら、漂流する	該当しない	○	撤去または移動しないこ とから、漂流する	対象物は気密性がなく、 比重(0.97 t/m ³)が海水の 比重(1.03 t/m ³)より小さく 浮遊することから漂流す る	○	漂流物とする	
ボンベ類 (10.プロパンガス ボンベ) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	固定されていないことか ら、漂流する	該当しない	○	撤去または移動しないこ とから、漂流する	対象物は気密性があり、 浮力 [] は重量 [] より大きいことから、浮遊 し漂流する	○	漂流物とする	
機器 (11.車両重量測定 装置) (材質:鉄)	固定あり	該当しない	津波波力によるボルト1本 あたりのせん断応力 [] が、ボルトの許容 せん断応力 [] より大きいため、漂流する	該当しない	○	撤去または移動しないこ とから、漂流する	対象物は気密性がなく、 比重(7.8 t/m ³)が海水の 比重(1.03 t/m ³)より大きく 沈降することから漂流しな い	×	漂流物には ならない	
浮標 (12.浮標(陸域)) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	固定されていないことか ら、漂流する	該当しない	○	撤去または移動しないこ とから、漂流する	対象物は気密性があり、 津波による浮力 [] は 本体の重量 [] より大 きいことから、浮遊し漂流 する	○	漂流物とする 今後、漂流物とな らないように移動 または固定・回転 等の措置をとる	




※:表中の①~⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設外))(3/4)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		
浮標 (13. 浮標(海域)) (材質: 鉄)	固定あり	該当しない	津波が襲来(海水面が m上昇)した場合、係留部 材であるチェーンの糸長 材が破断し、損傷する ことから漂流する	該当しない	撤去または移動しないこ とから、漂流する	対象物は気密性があり、 津波による浮力[]は 本体の重量[]より大 きいことから、浮遊し漂流 する	該当しない	○ 漂流物とする	
コンクリート類 (14. 旧本館門) (材質: コンクリート)	固定あり	該当しない	津波波力によりコンクリー ト基礎は損壊し、漂流す る	該当しない	撤去または移動しないこ とから、漂流する	× 損壊したコンクリート片等 の比れきは、比重(2.3 t/m ³)が海水の比重(1.03 t/m ³)より大きく沈降する ことから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない	
煙突 (15. 煙突) (材質: 鉄)	固定あり	該当しない	津波波力によるボルトは本 あたりのせん断応力[] が、ボルトの許容 せん断応力[]より 大きいため、漂流する	該当しない	撤去または移動しないこ とから、漂流する	× 対象物は気密性がなく、 比重(7.8 t/m ³)が海水の 比重(1.03 t/m ³)より大きく 沈降することから漂流しな い	該当しない	× 漂流物には ならない	
自動販売機 (16. 自動販売機) (材質: 鉄)	固定なし	該当しない	固定されていないことか ら、漂流する	該当しない	撤去または移動しないこ とから、漂流する	○ 対象物は気密性があり 浮力[]は重量[] より大きいことから、浮遊 し漂流する	該当しない	○ 漂流物とする	
防砂林 (17. 防砂林) (材質: 木)	---					対象物は比重(0.8 t/m ³)が海水の比重(1.03 t/m ³)より小さく浮遊することから漂流する		○ 漂流物とする	
特殊 (18. 消防自動車) (材質: 鉄)	固定なし	該当しない	該当しない	該当しない	撤去または移動しないこ とから、漂流する	× 対象物は気密性があり、 重量[]が浮力[] より大きく沈降するこ とから漂流しない	該当しない	× 漂流物には ならない	

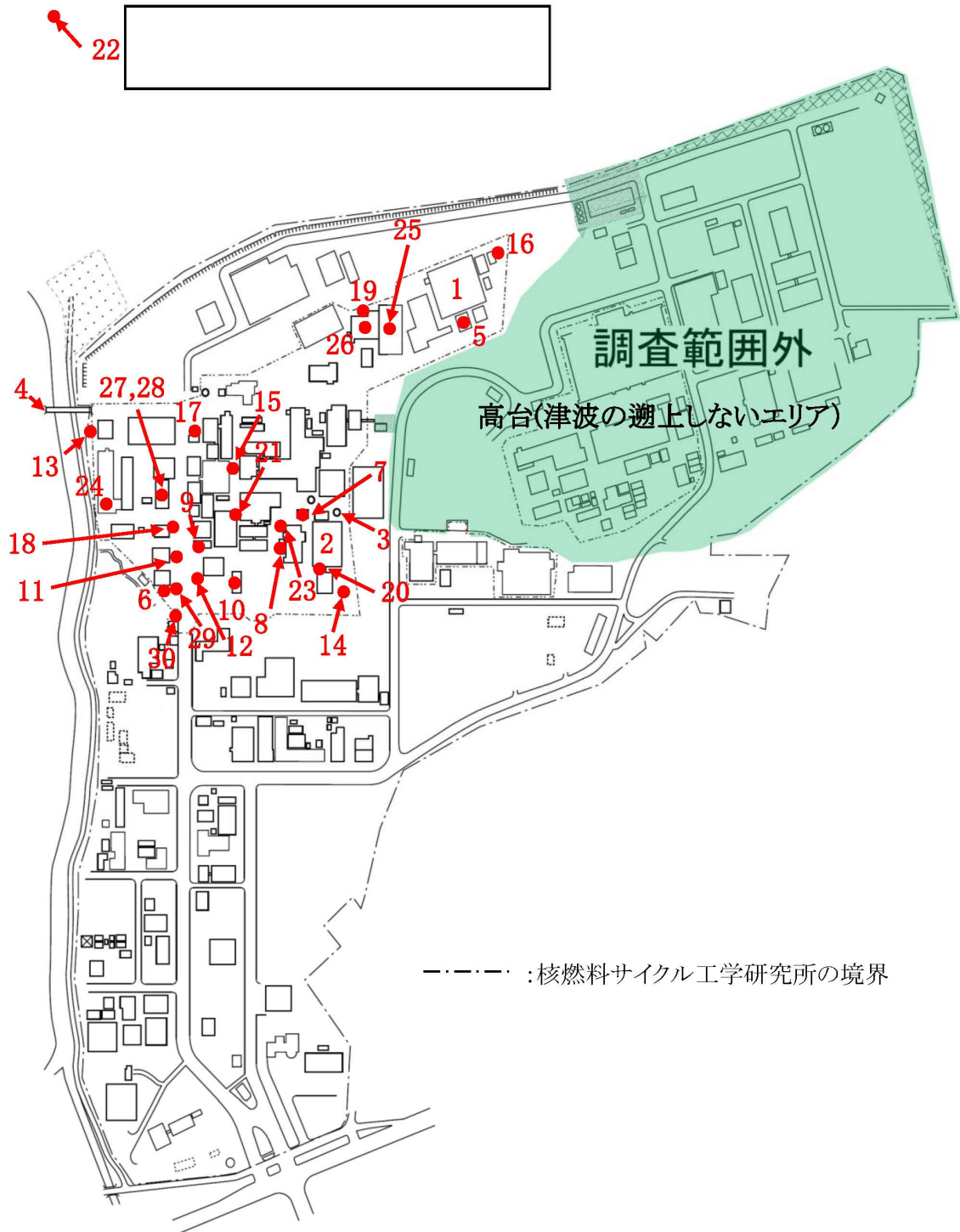
※: 表中の①～⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設外))(4/4)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		
大型 (18.タンクローリ) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	該当しない	該当しない	○	×	該当しない	× 漂流物には ならない	
中型 (20. 中型バス) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	該当しない	該当しない	○	○	○	○ 漂流物とする	
普通 (21. 乗用車) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	該当しない	該当しない	○	○	○	○ 漂流物とする	
二輪車 (22. バイク) (材質:鉄)	固定なし	該当しない	該当しない	該当しない	○	×	該当しない	× 漂流物には ならない	(個人所有物のため画像無し)

※:表中の①~⑥は図2.表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る, ×は漂流物に成り得ない

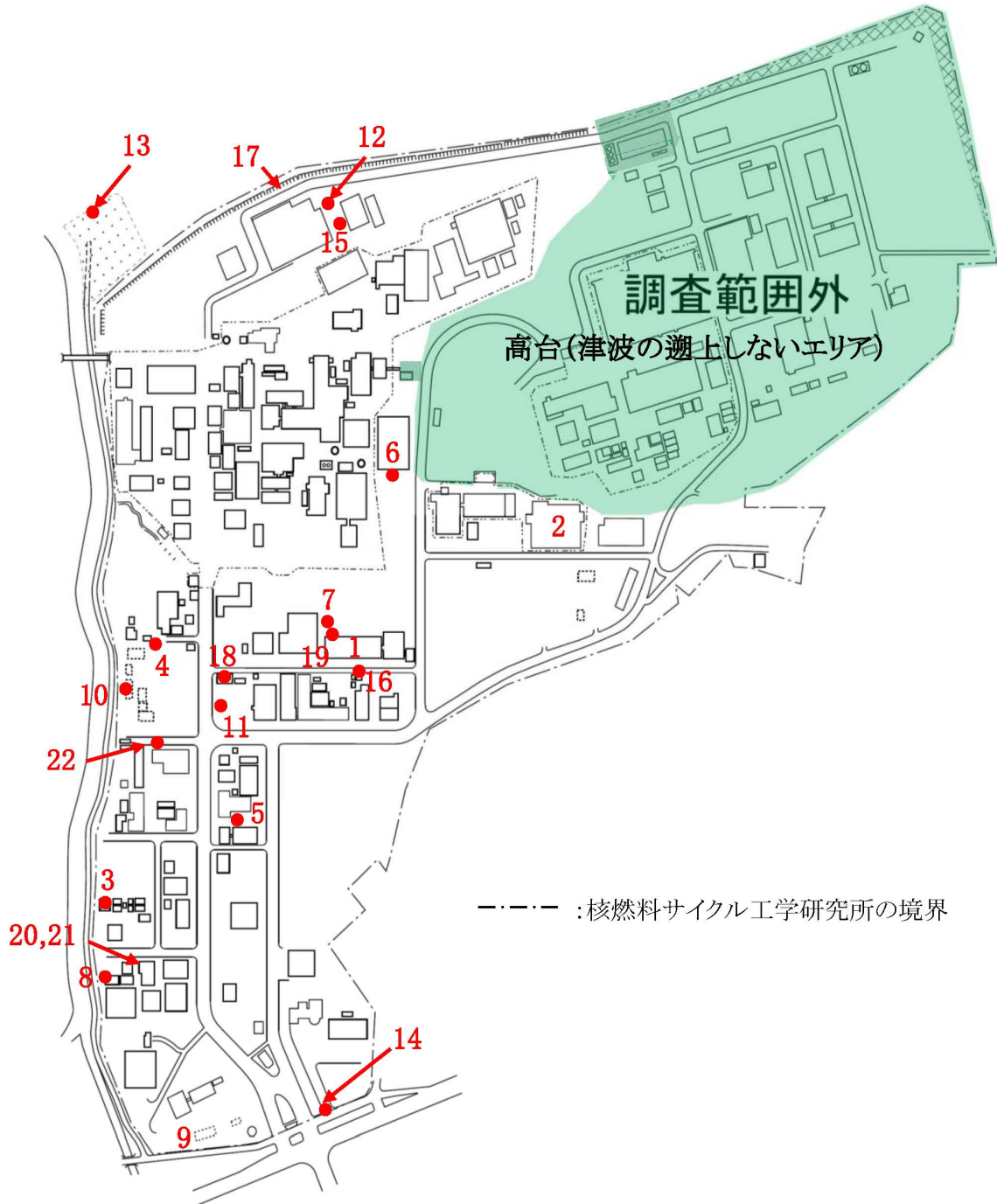
別紙 6-1-3-1-1-2
核燃料サイクル工学研究所(再処理施設内)の調査結果



図中の番号は表2(1/3~2/3)の代表例の番号と対応

別図2-1 対象物(代表例)の配置

核燃料サイクル工学研究所(再処理施設外)の調査結果



図中の番号は表2(3/3)の代表例の番号と対応

別図2-2 対象物(代表例)の配置

スクリーニングの判定結果(常陸那珂火力発電所)(1/4)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		

※: 表中の①~⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応。
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(常陸那珂火力発電所)(2/4)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
①	②	③	④	⑤	⑥				

※:表中の①~⑥は図2 表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る, ×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(常陸那珂火力発電所)(3/4)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		

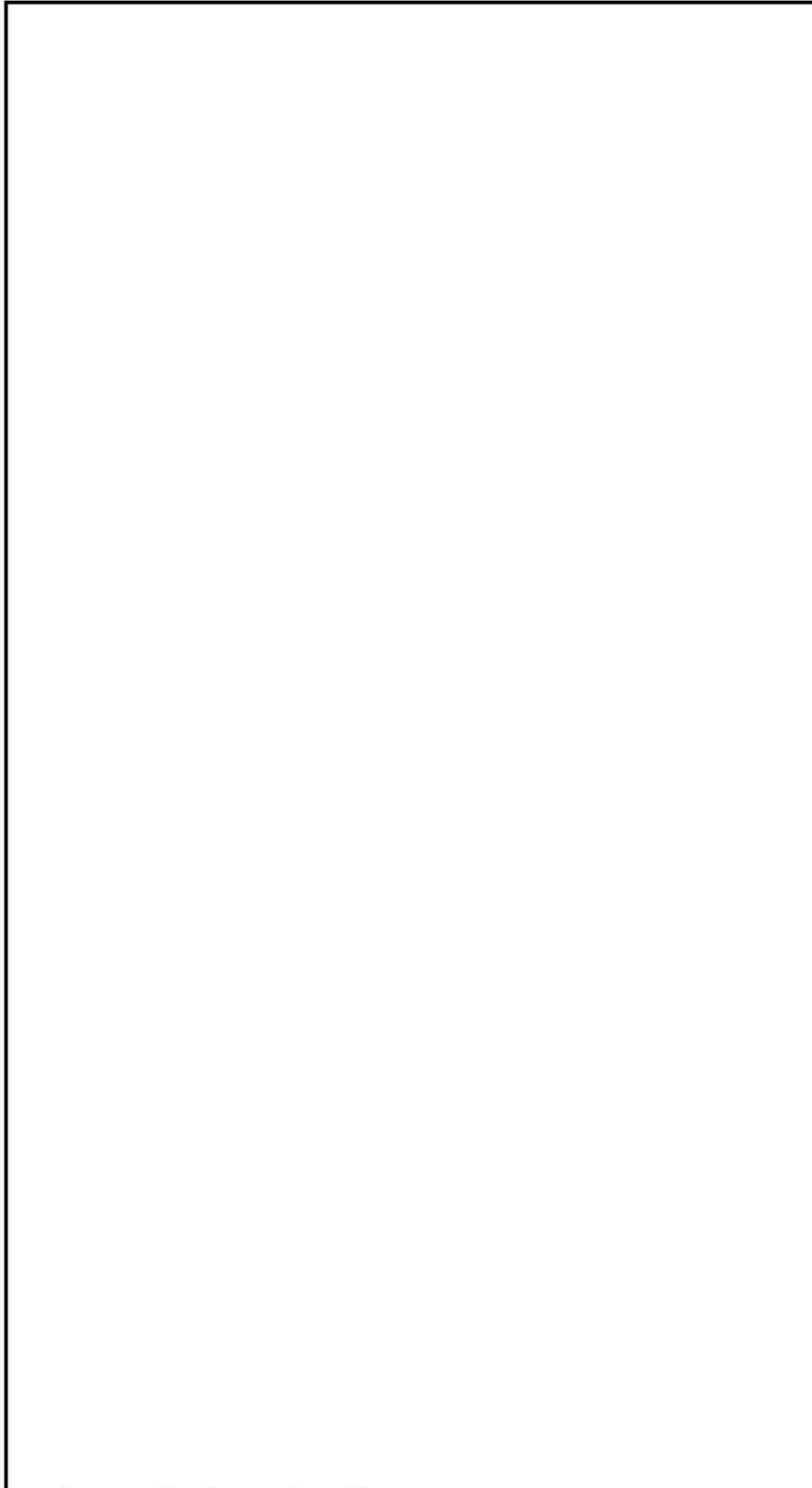
※:表中の①～⑥は図2,表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る,×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果(常陸那珂火力発電所)(4/4)

名称 (代表例)	設置 状況	①	②	③	④	⑤	⑥	判定結果	代表例の状況
スクリーニングの判定結果※									

※: 表中の①~⑥は図2. 表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

別紙 6-1-3-1-1-4
核燃料サイクル工学研究所外(常陸那珂火力発電所)の調査結果



図中の番号は表3の代表例の番号と対応

別図4-1 対象物(代表例)の配置

スクリーニングの判定結果（茨城港常陸那珂港区及びその南側）(1/5)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		

※：表中の①～⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果（茨城港常陸那珂港区及びその南側）（2/5）

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※					代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	
Empty table body content							

※：表中の①～⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は黒流物に成り得る、×は黒流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果（茨城港常陸那珂港区及びその南側）(3/5)

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		

※：表中の①～⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
 判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果（茨城港常陸那珂港区及びその南側）（4/5）

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		
Empty table body content									

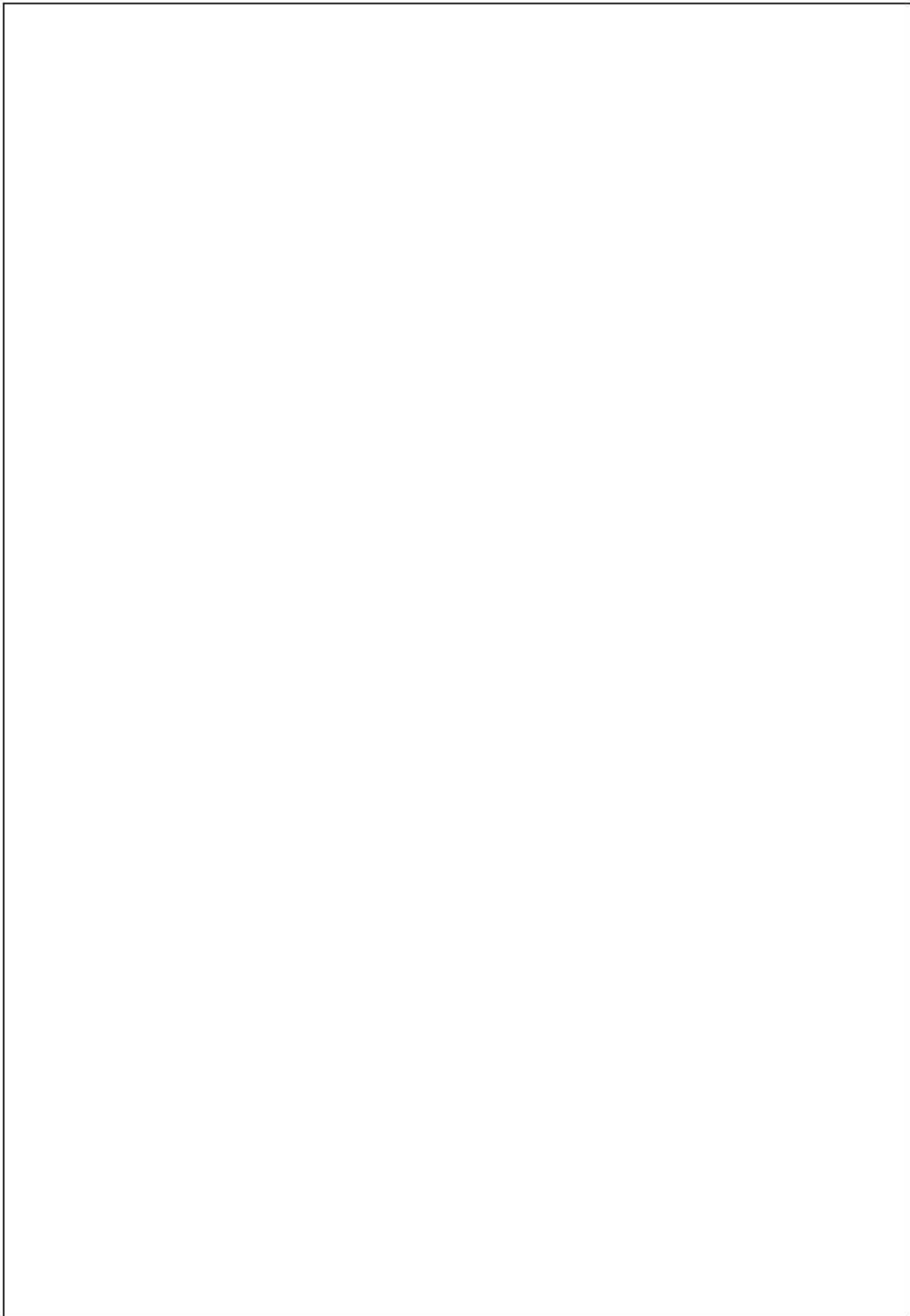
※：表中の①～⑥は図2、表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

スクリーニングの判定結果（茨城港常陸那珂港区及びその南側）（5/5）

名称 (代表例)	設置 状況	スクリーニングの判定結果※						判定結果	代表例の状況
		①	②	③	④	⑤	⑥		
Empty table body content									

※：表中の①～⑥は図2. 表1のスクリーニング項目の番号に対応
判定結果中の○は漂流物に成り得る、×は漂流物に成り得ない

核燃料サイクル工学研究所外(茨城港常陸那珂港区及びその南側)の調査結果



図中の番号は表4の代表例の番号と対応

別図6-1 対象物(代表例)の配置

スクリーニング②の固定ボルト等の損傷の判定に係る評価結果について

1. 概要

核燃料サイクル工学研究所内のボルトで固定されたテントハウス、タンク・槽、電気盤、冷却塔、煙突等の簡易建物・設備の一部(以下「評価対象物」という。)について、津波に対する固定ボルトの損傷の有無を評価した。

また、浮標の係留チェーンについては、津波による海面上昇とチェーン余長を比較することにより、係留チェーンの損傷の可能性を評価した。

□□□□□□□□□□については、津波に対する側板の損傷の有無等を評価した。核燃料サイクル工学研究所外のその他の設備等については、固定状況の詳細が不明のためボルト等が損傷すると想定した。

2. 評価方法

2.1 固定ボルトに生じる津波波力

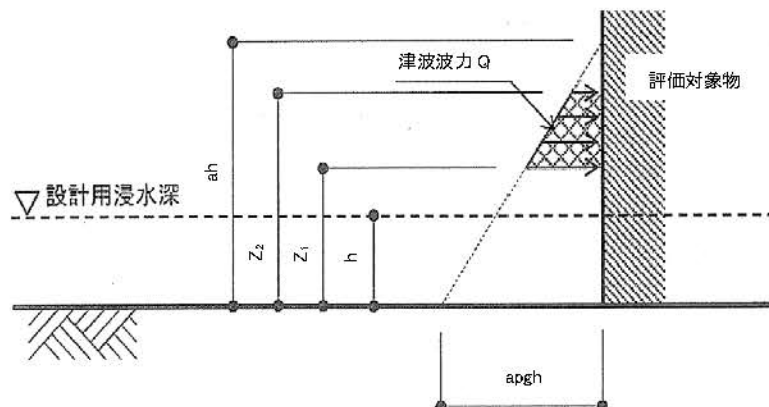
別図 7-1 に示す評価対象物に生じる津波波力は、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」(平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定)で引用されている「東日本大震災における津波による建築被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」(平成 23 年 11 月 17 日付国住指第 2570 号)に基づき¹⁾²⁾、式(1)より算出した。

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot B \cdot \{(2ahZ_2 - Z_2^2) - (2ahZ_1 - Z_1^2)\} \quad (1)$$

- Q 津波波力(N)
- ρ 海水密度(1,030 kg/m³)
- g 重力加速度(9.80665 m/s²)
- B 津波を受ける評価対象物の幅(m)^{※1}
- a 水深係数(a=3)
- h 浸水深さ(m)^{※2}
- Z₂ 津波を受ける評価対象物の最高高さ(m)
- Z₁ 津波を受ける評価対象物の最低高さ(m)

※1 評価対象物の形状を問わず、直径、長さ、奥行きのうち最も大きい値とした。

※2 高放射性廃液貯蔵場(HAW)における遡上津波高さ(T.P.12.1 m)から、地盤面高さ(T.P.6 m)を引いた値(6.1 m)とした。



別図 7-1 津波波力算定式の計算モデル¹⁾

2.2 固定ボルトに生じるせん断応力

評価対象物の固定ボルトに生じるせん断応力は、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1991)に基づき³⁾、式(2)より評価対象物の水平方向に生じる津波波力をボルトの本数及びボルトの有効断面積で除して算出した。

$$\tau = \frac{Q}{NA} \quad (2)$$

- τ ボルトのせん断応力(N/mm²)
 Q 津波波力(N)
 N 評価対象物の固定ボルトの本数(本)
 A 固定ボルトの有効断面積(mm²)

2.3 ボルトの許容せん断応力

ボルトの許容せん断応力は、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1991)により算出される³⁾。本評価では、津波波力が固定ボルトに瞬間的にせん断応力として加わることから、短期許容せん断応力(f_s)を式(3)から算出した(別表 7-1 参照)。

なお、設計図書等で確認した評価対象物の固定ボルトの材質は SS400 及び SUS304L であった。

$$f_s = \left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right) \times 1.5 \quad (3)$$

別表 7-1 固定ボルトの短期許容せん断応力

材質	SS400	SUS304L
材料強度 F ⁴⁾ (N/mm ²)	235	175
短期許容せん断応力 f_s (N/mm ²)	135	101

2.4 固定ボルトの評価

2.2 で求めた津波波力により固定ボルトに生じるせん断応力(τ)と、2.3 で求めた固定ボルトの許容せん断応力(f_s)を比較し、 $\tau > f_s$ ならばボルトは損傷する、 $\tau < f_s$ ならばボルトは損傷しないものと評価した。

3. 評価結果

全ての評価対象物の固定ボルトは、津波波力により損傷するとの結果が得られた。詳細な評価結果は別表 7-2 に示す。

また、津波による浮標係留チェーンに係る評価結果は別表 7-3 に示す。

に係る評価結果は別表 7-4 に示す。

4. 参考文献

- 1)「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」(平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定)
- 2)「東日本大震災における津波による建築被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」(平成 23 年 11 月 17 日付国住指第 2570 号)
- 3)「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991)
- 4)「JIS B8265:2017. 圧力容器の構造—一般事項」

別表 7-2 津波波力による評価対象物の固定ボルトの評価結果

代表例※1	津波を受ける 評価対象物の幅 B(m)	浸水深さ h(m)	津波を受ける 評価対象物の 最高高さ Z ₂ (m)	津波を受ける 評価対象物の 最低高さ Z ₁ (m)	津波波力 Q(N)	評価対象物の 固定ボルトの 本数 N(本)	固定ボルトの 径 の径	固定ボルトの 有効断面積 A(mm ²)	固定ボルトの 材質	評価			備考
										せん断応力 (N/mm ²)	許容せん断応力 (N/mm ²)	損傷の有無	
核燃料 サイクル 工学研究所 (再処理 施設内) (表2)													
	6.テントハウス												
	7.水素タンク												
	8.窒素タンク												
	9.硝酸タンク												
	10.還水タンク												
	11.キュービクル												
	12.受電盤												
	13.信号中継盤												
	19.チャラーユニット												
20.冷却塔													
核燃料 サイクル 工学研究所 (再処理 施設外) (表2)													
	6.タンク												
	7.変電設備(工学試験棟 キュービクル)												
	11.車両重量測定装置 (表2)												
													架台を含む

※1 表中の代表例の番号は本文中の表 2 対象物(代表例)の調査結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設内))(1/3/2/3)、表 2 対象物(代表例)の調査結果(核燃料サイクル工学研究所(再処理施設外))(3/3)と対応

別表 7-3 津波による浮標係留チェーンの評価結果

代表例 ※2	係留水深 (m)	浮標の重量 (kg)	浮標の直径 (m)	浮標の実浮力 (kN)	チェーンの長さ (m)	シンカーの重量 (t)	チェーンの余長 (m)	浮標付近における津波襲来時の海面上昇高さ (m)	津波襲来時のチェーンの余長の有無	評価	
										理由	
									チェーンに余長はある。		
									チェーンに余長はない。		

※2 表中の 22.浮標は表 2 対象物 (代表例) の調査結果 (核燃料サイクル工学研究所 (再処理施設内)) (2/3), 13.浮標は表 2 対象物 (代表例) の調査結果 (核燃料サイクル工学研究所 (再処理施設外)) (3/3) と対応

別表 7-4

代表例 ※3	津波を受ける評価対象物の幅 B (m)	浸水深さ h (m)	津波を受ける評価対象物の最高高さ Z ₂ (m)	津波を受ける評価対象物の最低高さ Z ₁ (m)	津波の波力 Q (N)	断面積 A (mm ²)	材質	重心高さ H (m)	重量 m (t)	重心から外周までの距離 L (m)	評価			
											せん断応力 (N/mm ²) ※4	許容せん断応力 (N/mm ²)	転倒モーメント (kNm) ※5	復元モーメント (kNm) ※5

※3

※4

※5 転倒モーメント M₁ は、津波波力 Q と重心高さ H から M₁=QH, 復元モーメント M₂ は、重量 m, 重力加速度 g, 重心から外周までの距離 L から M₂=mgL により算出

スクリーニング⑤の気密性を有する設備等の浮遊の判定に係る評価結果について

1. 概要

核燃料サイクル工学研究所、常陸那珂火力発電所及び茨城港常陸那珂港区周辺の簡易建物・設備等のうち、気密性を有するもの(以下「評価対象物」という。)について、浮力及び重量から浮遊性を評価した。

2. 評価

評価対象物の浮力(Q_z)と重量(W)を比較し、 $Q_z > W$ ならば評価対象物は浮遊する、 $Q_z < W$ ならば評価対象物は沈降するため、浮遊しないと評価する。

2.1 浮力

津波による浸水に伴い、評価対象物には鉛直上向きに浮力が生じる。浮力は、評価対象物の体積分の海水の重量に等しいことから、評価対象物の体積と海水の密度から以下の式(1)で表される¹⁾²⁾。

$$Q_z = \rho \cdot g \cdot V \quad (1)$$

Q_z	浮力 (kN = t・m/s ²)
ρ	海水の密度 (1.03 t/m ³)
g	重力加速度 (9.80665 m/s ²)
V	評価対象物の体積 (m ³)※

※評価対象物の体積 V は、簡易建物・設備(倉庫、タンク・ポンペ類、自動販売機等)については寸法から求め、車両については運転席等の空間の寸法から求めた。また、浮標の浮力は当該浮標の仕様に明記されている実浮力値を用いた。

2.2 重量

評価対象物の重量(kN)は、質量と重力加速度から以下の式(2)で表される。

$$W = g \cdot m \quad (2)$$

W	評価対象物の重量 (kN)
g	重力加速度 (9.80665 m/s ²)
m	評価対象物の質量 (t)

3. 結果

気密性を有する評価対象物のうち、消火器、ウランポット、クレーン車、トラック、消防自動車、タンクローリ、は沈降するため浮遊せず、それ以外の評価対象物は浮遊するとの結果が得られた。詳細な評価結果は別表 8-1 に示す。

4. 参考文献

- 1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：“津波避難ビル等の構造上の要件の解説”，pp.I-19 (2012)。
- 2) 福山洋，奥田泰雄，加藤博人，石原直，田尻清太郎，壁谷澤寿一，中埜良昭：“津波避難ビルの構造設計法”，BRI-H23 講演会テキスト，pp.39-55 (2011)。

別表 8-1 評価対象物の浮遊性の評価結果

代表例 ※1	材質	形状	寸法			質量(t) ※2	評価		備考	
			直径(m)	幅(m)	奥行(m)		高さ(m)	浮力(kN)		重量(kN)
核燃料 サイクル 工学研究所 (再処理施設内) (表2)	鋼製	直方体							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊しない	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	直方体							浮遊しない	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	直方体							浮遊する	
核燃料 サイクル 工学研究所 (再処理施設外) (表2)	鋼製	直方体							浮遊しない	体積は運転席等の空間の寸法から算出(外寸は2.5 m×12 m×3.3 m)
	鋼製	直方体							浮遊しない	体積は運転席等の空間の寸法から算出(外寸は1.7 m×4.7 m×2 m)
	鋼製	直方体							浮遊する	体積は運転席等の空間の寸法から算出(外寸は1.5 m×3.4 m×2 m)
	鋼製	直方体							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	円筒							浮遊する	
	鋼製	直方体							浮遊する	
	鋼製	直方体							浮遊しない	体積は運転席等の空間の寸法から算出(外寸は2.5 m×8 m×3 m)
	鋼製	直方体							浮遊しない	体積は運転席等の空間の寸法から算出(外寸は2.5 m×7.8 m×3 m)
鋼製	直方体								浮遊する	体積は運転席等の空間の寸法から算出(外寸は2.3 m×9 m×3 m)
	円筒								浮遊する	体積は運転席等の空間の寸法から算出(外寸は3 m×5 m×2 m)
	直方体								浮遊する	

※1 代表例の番号は本文中の表2~4の代表例の番号と対応

※2 質量には本文中の表2~4の代表例の重量を記載

2011年東日本大震災を踏まえた被災状況に係る文献調査について

1. 概要

2011年東日本大震災の地震・津波による被害状況に係る文献調査を実施した。鉄筋コンクリート造建物と鉄骨造建物については、文献調査の結果から本文の表1の判定番号①による漂流物の判定を実施した。その他の建物、設備等については、文献調査の結果を表1の判定番号⑤、⑥に示すスクリーニングの目安とし、図2の判定フロー及び表1のスクリーニングの判定基準と考え方に従って漂流物の判定を実施した。

2. 東日本大震災における核燃料サイクル工学研究所内の被害状況

2011年の東日本大震災において、核燃料サイクル工学研究所内の建物、屋外の設備等に損壊、転倒等の被害は確認されなかった。


3. 東日本大震災における建物・設備等の被害状況

3.1 建物

(1) 鉄筋コンクリート造建物¹⁻⁴⁾

東日本大震災では津波により浸水深15mを超えた鉄筋コンクリート造建物もあり、外壁や開口部である窓等に損傷が見られ、小規模な鉄筋コンクリート造建物では浮力によって転倒・転覆したケースが見られたものの、本来の形状を維持したまま滑動し漂流を続ける事例は確認されていない。津波襲来後に残存した鉄筋コンクリート造建物に構造躯体のひび割れ等はなく、ほぼ無被害の状態で見られているものも見られた(別表9-1)。

別表9-1 東日本大震災における鉄筋コンクリート造建物の被害状況

	
鉄筋コンクリート造4階建て共同住宅 ^{※1} 【被害状況】 構造的な被害は発生していない	鉄筋コンクリート造3階建て建物 ^{※1} 【被害状況】 建物の外壁、付帯する柱及び梁が変形

※1 参考文献1より写真を引用

(2) 鉄骨造建物¹⁻⁴⁾

東日本大震災では、津波の襲来に伴い早期に外装板等のほとんどが流され、大きな波力を受けなかったために残存した建物が多くみられる。崩壊、転倒した建物は、外装板が流される前に大きな波力を受けたと推測されたが(別表9-2)、本来の形状を維持したまま滑動もしくは転倒し漂流する被害には至っていない。

別表9-2 東日本大震災における鉄骨造建物の被害状況






	
鉄骨造3階建て大型ショッピングセンター ^{※2} 【被害状況】 津波により海側の外装板が破損	鉄骨造戸建て住宅 ^{※2} 【被害状況】 外装板等が流され柱、梁、床は残存

※2 参考文献2より写真を引用

3.2 設備, 流木, 船舶, 車両

東日本大震災では、タンク、コンテナ、浮標、流木、車両等が津波によって漂流することが報告されている(別表 9-3)。危険物等の屋外タンク貯蔵所においては、容量 500 kL 未満の小さいタンクで被害が多く見られ、容量 10,000 kL 以上のタンクの被害は確認されていない⁵⁾。港湾地区においては、津波によりコンテナが損傷あるいは漂流する事例や係留索が切断して浮標が漂流する事例が見られた⁶⁾。流木については、海岸林が津波による幹折れ、根返り等により漂流している⁷⁾。また、船舶については、漁船に代表される小型船舶が漂流しやすいことが報告されており、緊急退避を行った大型船舶は漂流せず、船舶の被害が少なかった⁸⁻¹⁰⁾。

別表 9-3 東日本大震災におけるタンク、コンテナ、浮標、船舶、車両の被害状況

		
タンク ^{※3}	コンテナ ^{※4}	浮標 ^{※4}
		/
漁船(小型船舶) ^{※4}	車両 ^{※4}	

※3 参考文献 9 より写真を引用, ※4 参考文献 6 より写真を引用

4. 東日本大震災を踏まえた核燃料サイクル工学研究所内外の建物・設備等の漂流物について

東日本大震災の事例を踏まえ、核燃料サイクル工学研究所内外の建物・設備等について漂流物の判定の考え方を整理した。なお、津波の流況、漂流物の軌跡解析及び再処理施設周辺の障害物等によらず、漂流物は再処理施設に到達するものとする。

(1) 建物

東日本大震災による建物の被害状況を考慮すると、地震・津波により鉄筋コンクリート造建物は部分的に損壊する可能性があるものの、建物が本来の形状を維持したまま滑動し漂流することはないと考えられる。また、損壊等により生じたコンクリート片等のがれきは、気密性がなく重量物であり沈降することから漂流しないと考えられる。

鉄骨造建物は、地震・津波により外装板等が部分的に損壊する可能性があり、津波による大きな波力を受けないことから、建物が本来の形状を維持したまま滑動し漂流することはないと考えられる。万一、滑動、転倒が起こった場合においても外装板は破損しており、建物は気密性がなく重量物であり沈降することから漂流しないと考えられる。また、損壊等により生じた外装板を含む鉄骨片等のがれきは、気密性がなく重量物であり沈降することから漂流しないと考えられる。

テントハウスは地震・津波により損壊する可能性があり、テントが流され、鉄骨片等のはがれきとなるが、気密性がなく比重が海水よりも大きく沈降することから漂流しないと考えられる。倉庫は地震・津波により部分的に損壊するものの、気密性を有しており、浮遊することから漂流する可能性がある。

(2) 設備

支持構造物により基礎に固定されているタンク等は、地震・津波により損壊又は滑動して漂流物となる可能性がある。コンテナ、浮標、樹脂製品、ボンベ類、自動販売機等は、比重が海水よりも小さい又は気密性を有しており、浮力が重量よりも大きいことから漂流する可能性がある。その他の設備については、比重が海水よりも大きい又は気密性があっても重量が浮力よりも大きいことから漂流しないと考えられる。

(3) 流木

防砂林は、津波により倒木して漂流する可能性がある。

(4) 船舶

予め緊急退避等が定められ、運用することとなっている場合、大型船舶は漂流しないと考えられるが、小型船舶は東日本大震災の事例から、漂流する可能性がある。

(5) 車両

中型バス、乗用車等は気密性を有しており、浮力が重量よりも大きく浮遊することから漂流する可能性がある。重機等は、気密性を有しているものの、重量が浮力よりも大きく沈降することから漂流しないと考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所: “2011 年東日本大震災に対する国土技術政策総合研究所の取り組み－緊急対応及び復旧・復興への技術支援に関する活動記録－”, ISSN1346-7301 国総研研究報告第 52 号, 平成 25 年 1 月.
- 2) 田村修次: “東日本大震災の津波による建築被害”, 京都大学防災研究所年報, Vol.55, 181 (2012).
- 3) 浜口耕平, 原野崇, 二階堂竜司, 中園大介, 原宏, 諏訪義雄: “東日本大震災における津波漂流物の範囲と量の推定”, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.72, L193 (2016).
- 4) 加藤博人: “鉄筋コンクリート造建築物の津波被害と津波避難ビルに係る検討”, コンクリート工学, Vol.50, 82 (2012).
- 5) 危険物保安技術協会: “大型地下貯蔵タンクに係る地震・津波に対する有効な対策のあり方に関する調査報告書”, 平成 24 年 12 月.
- 6) 塩谷茂明: “東日本大震災による宮城県主要港湾施設及び船舶の津波被害復旧の実態調査”, 日本航海学会誌 NAVIGATION, 183 号, 79 (2012).
- 7) 林田光祐: “海岸林の津波被害と減災効果”, 森林科学, 66, 2 (2012).
- 8) 岡本修: “東日本大震災時の港内船舶の被害実態”, 土木学会論文集 B3(海洋開発), 69, L73 (2013).
- 9) 今村文彦: “東北地方太平洋沖地震による津波発生メカニズム”, 学術の動向, Vol.17, 12 (2012).
- 10) 中嶋雄一, 井元忠博, 上久保勝美, 本間大輔, 酒井和彦: “港湾・漁港における津波漂流物対策に関する研究”, 国立研究開発法人土木研究所 平成 27 年度成果報告書 (2015).

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の
廃止措置計画用設計津波
に対する津波影響評価に関する説明書

I 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の津波防護に関する施設の設計方針

1. 概要

本資料は、別添 6-1-3-1 「I 耐津波設計の基本方針」に基づき、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の津波防護に関する施設・設備の分類、要求機能及び性能目標を明確にし、各施設・設備の機能設計及び構造強度設計に関する設計方針について説明するものである。

2. 設計の基本方針

高放射性廃液貯蔵場(HAW)に影響を与える可能性がある廃止措置計画用設計津波(以下「設計津波」という。)の発生により、別添 6-1-3-1 「I 耐津波設計の基本方針」にて設定する設計津波から防護する設備がその安全機能を維持するために必要な機能を損なうおそれがないようにするため、津波防護に関する施設を設置する。津波防護に関する施設は、別添 6-1-3-1 「III 入力津波の設定」で設定する入力津波に対して、その機能が維持できる設計とする。

津波防護に関する施設の設計にあたっては、津波防護対策を実施する目的や施設の分類を踏まえて、施設分類ごとの要求機能を整理するとともに、施設ごとに機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を定める。

津波防護に関する施設の構造強度設計上の性能目標を達成するため、施設ごとに設計方針を示す。

津波防護に関する施設の設計フローを図 2-1 に示す。

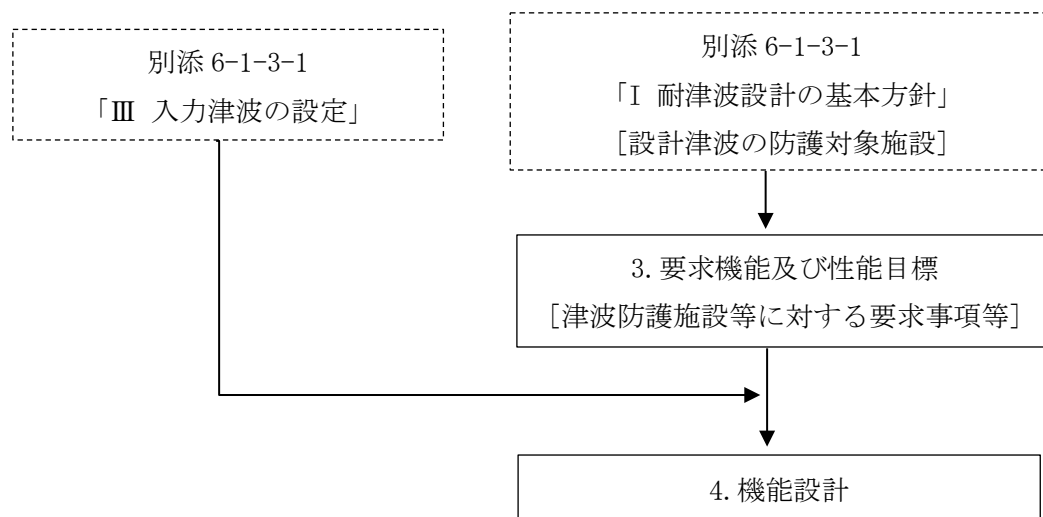


図 2-1 施設の設計フロー

3. 要求機能及び性能目標

津波防護対策を実施する目的は、設計津波から防護する設備の安全機能が損なわれるおそれがないこととする。また、施設の分類については、設計津波の津波防護施設、設計津波の浸水防止設備、漂流物の影響防止施設及び設計津波遡上状況等監視設備に分類する。

設計津波の遡上波の敷地への浸水、余震、高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ到達する可能性のある漂流物の調査結果を踏まえ、施設分類ごとの要求機能を整理するとともに、施設分類ごとの機能設計上の性能目標及び構造強度上の性能目標を設定する。

(1) 施設分類

a. 設計津波の津波防護施設

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の建家外壁は、設計津波の建家内への浸水に対する障壁となることから、建家外壁等を設計津波の津波防護施設と位置付ける。

b. 設計津波の浸水防止設備

設計津波の津波防護施設である建家外壁の開口部には、設計津波の建家内への浸水を防止するため、浸水防止扉を設置していることから、浸水防止扉を設計津波の浸水防止設備と位置付ける。

c. 漂流物の影響防止施設

設計津波の津波防護施設である建家外壁の周辺には、船舶等の重量物が建家外壁に衝突した場合の影響が大きいと考えられる大型の漂流物の影響を軽減するため津波漂流物防護柵の設置を計画していることから、津波漂流物防護柵を漂流物の影響防止施設と位置付ける。

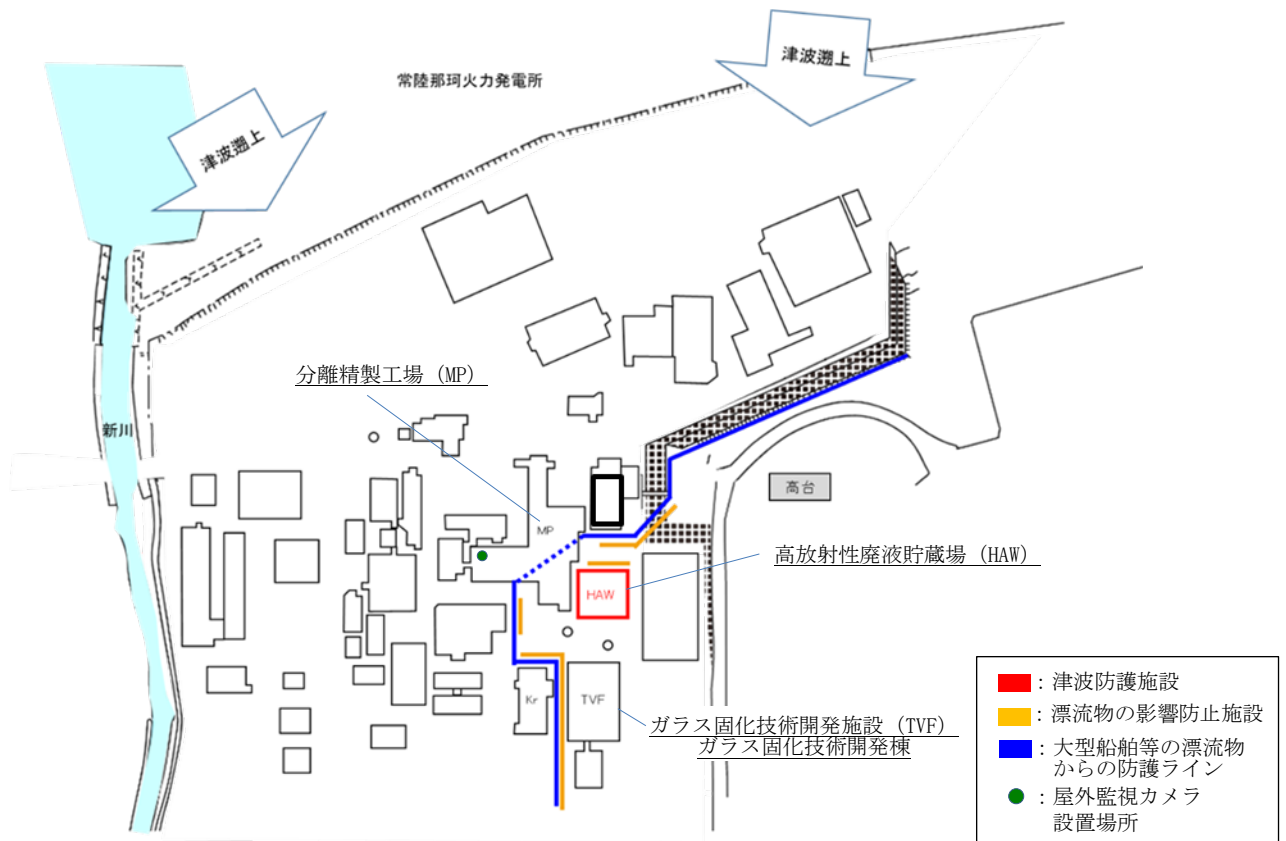
また、高放射性廃液貯蔵場（HAW）北側に隣接する分離精製工場（MP）は、設計地震動による地震力や設計津波による波圧、漂流物の衝突を考慮した場合においても倒壊しない見通しであり、令和2年11月までに行う詳細評価において十分な構造強度を有することを確認したうえで、漂流物の影響防止施設として期待する。

d. 設計津波遡上状況等監視設備

設計津波の遡上状況等を監視する機能を有する設備を設計津波遡上状況等監視設備と位置付ける。

(2) 施設の配置

津波防護に関する施設について、設計津波の津波防護施設、設計津波の浸水防止設備、漂流物の影響防止施設及び設計津波遡上状況等監視設備の配置を図3-1に示す。なお、漂流物の影響防止施設の配置については、津波漂流物防護柵の詳細設計を踏まえ令和3年1月に見直す。



※敷地内の遡上津波の流況及び軌跡解析結果等を踏まえ津波漂流物防護柵の配置を検討する。

図 3-1 津波防護に関する施設の配置 (1/3)

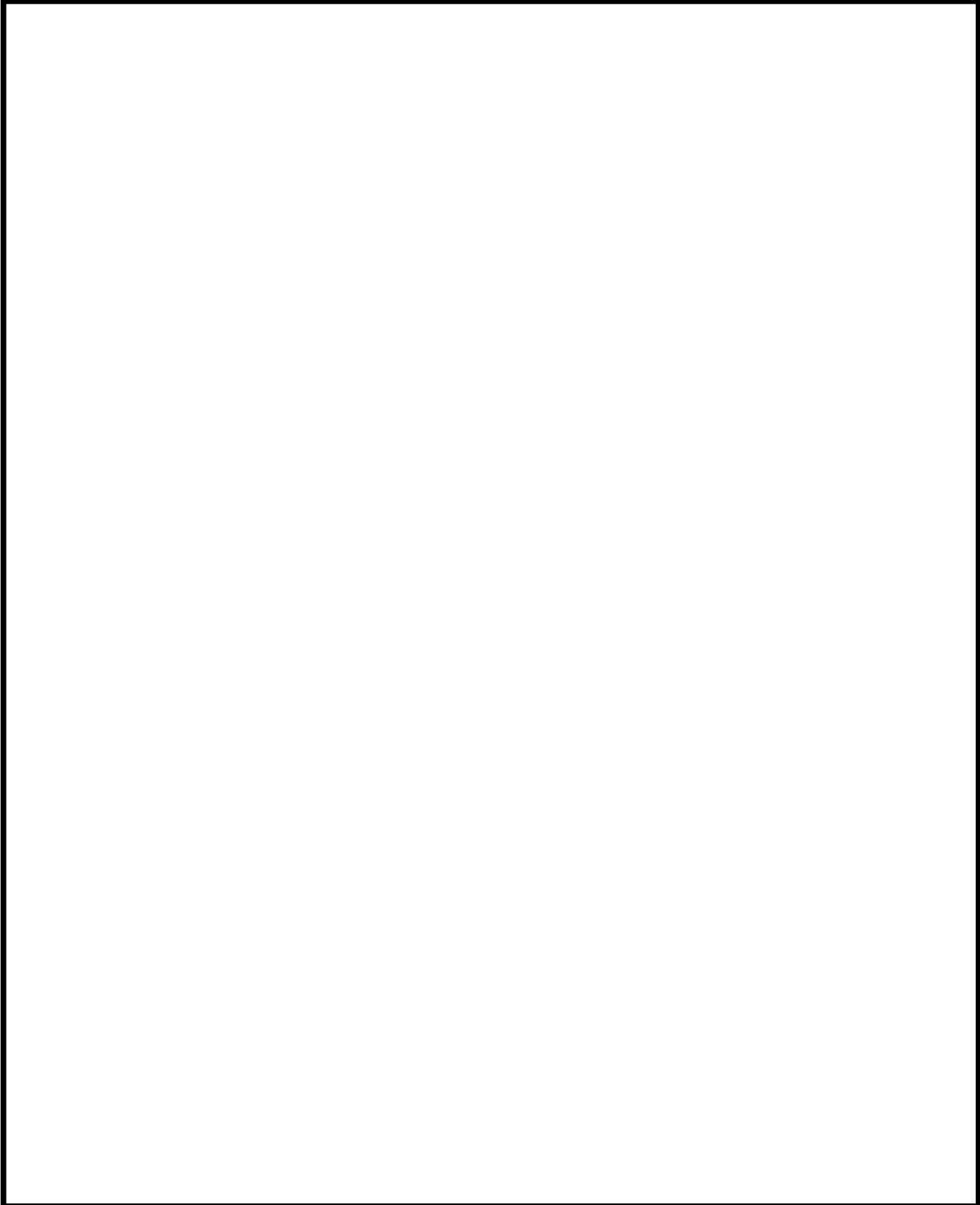


図 3-1 津波防護に関する施設の配置 (2/3)

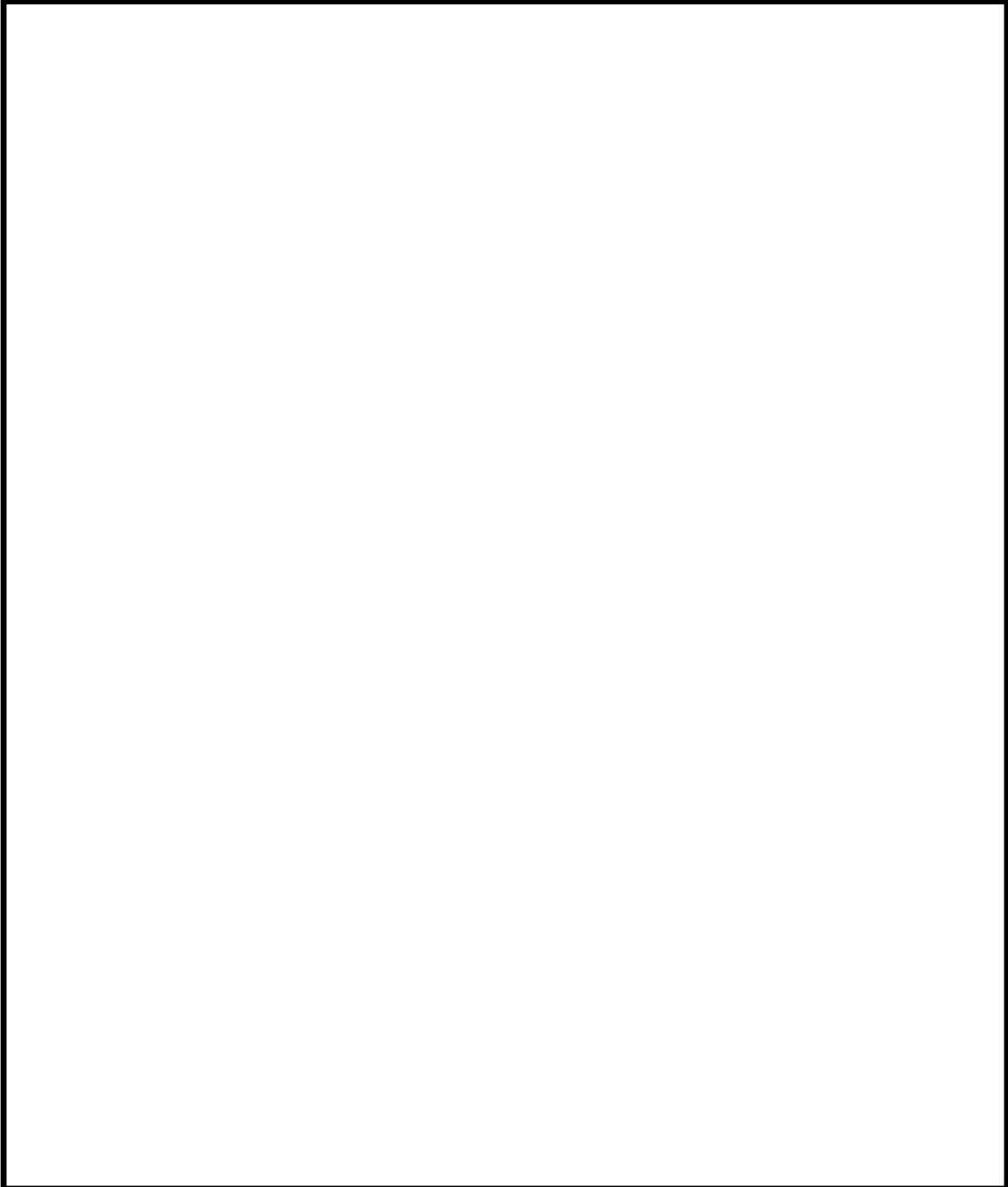


図 3-1 津波防護に関する施設の配置 (3/3)

3.1 設計津波の津波防護施設

(1) 施設

- a. 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の建家外壁

(2) 要求機能

設計津波の津波防護施設は、入力津波に対し、余震、漂流物の影響防止施設によって捕捉される船舶等の大きな漂流物を除く漂流物（以下「建家設計用漂流物」という。）の衝突、風及び積雪による荷重を適切に組み合わせて考慮した場合においても、設計津波による建家内への浸水を防止できるよう設計する。

(3) 性能目標

- a. 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の建家外壁

高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の建家外壁は、設計津波の遡上波に対し、余震、建家設計用漂流物の衝突、風及び積雪による荷重を適切に組み合わせて考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した高さまで止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。

当該建家外壁は、岩盤に支持される鉄筋コンクリート製の基礎と鉄筋コンクリート製の躯体で構成する。津波後の再使用性を考慮し、想定する荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を保持する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

また、T21 トレンチ、連絡管路及びT15 トレンチ（以下「トレンチ等」という。）は、設計津波の遡上波に対し、余震を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した高さまで止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。

これらトレンチ等は、鉄筋コンクリート製の躯体で構成する。津波後の再使用性を考慮し、想定する荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を保持することを構造強度設計上の性能目標とする。

さらに、設計津波に対し、当該建家の外壁貫通部を介して浸水することを防止するため、当該建家の外壁貫通部の設置箇所に想定される津波高さに余裕を考慮した高さに対する止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。

3.2 設計津波の浸水防止設備（浸水防止扉）

(1) 施設

- a. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）（南側 1 階）の片開きスイング扉
- b. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）（北側 1 階）の片開きスイング扉
- c. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）（南側 1 階）の横引き扉
- d. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）（南側 3 階）の片開きスイング扉
- e. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）（南側 3 階）の閉止板（盾式角落し）

(2) 要求機能

浸水防止設備は、入力津波に対し、余震、建家設計用漂流物の衝突、風及び積雪による荷重を適切に組み合わせて考慮した場合においても、設計津波による建家外壁の開口部からの浸水を防止できるよう設計する。

(3) 性能目標

浸水防止設備の扉枠と扉の接触面は、止水ゴムを施工し、接触面からの浸水を防止する構造とする。設計津波の遡上波に対し、余震、建家設計用漂流物の衝突、風及び積雪による荷重を適切に組み合わせて考慮した場合においても、当該扉を介して建家内に浸水することを防止するため、当該扉の設置箇所に想定される津波高さに余裕を考慮した止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。

浸水防止設備は、鋼製の扉を、扉枠を介して建家外壁開口部にアンカーボルトで固定し、支持する構成とする。津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材が、想定する荷重に対し、構造健全性を保持することを構造強度設計上の性能目標とする。

3.3 漂流物の影響防止施設

(1) 施設

- a. 津波漂流物防護柵
- b. 分離精製工場 (MP)

(2) 要求機能

漂流物の影響防止施設は、入力津波に対し、余震、船舶等の漂流物の衝突、風及び積雪による荷重を適切に組み合わせて考慮した場合においても、設計津波により漂流が想定される漂流物の津波防護施設への影響を軽減^{*}できるよう設計する。

※ 別添 6-1-3-1 「V 漂流可能性のある漂流物の選定」の基本方針に従う。

(3) 性能目標

a. 津波漂流物防護柵

津波漂流物防護柵は、設計津波の遡上波に対し、余震、船舶等の漂流物の衝突、風及び積雪による荷重を適切に組み合わせて考慮した場合においても、設計津波により漂流が想定される船舶等の重量物の衝突による高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の建家外壁等への影響を軽減^{*}することを機能設計上の性能目標とする。

津波漂流物防護柵は、鋼製の支柱、必要に応じて支柱間にワイヤーロープを設置し、支柱の下部は岩盤等に支持される構成とする。

支柱は、設計津波の遡上波に対し、想定する荷重を考慮しても、主要な構造部材は構造健全性を保持する設計とし、ワイヤーロープは、漂流物が衝突した際にワイヤーロープが衝撃を緩和することで漂流物を捕捉する設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

※ 別添 6-1-3-1 「V 漂流可能性のある漂流物の選定」の基本方針に従う。重量の大きい、水素タンク、小型船舶、中型バスは、津波漂流物防護柵により捕捉し、津波漂流物防護柵をすり抜ける可能性がある防砂林 (流木) は、建家外壁である津波防護施設で防護することとし、それぞれの設計において考慮すべき代表漂流物とする。

なお、津波漂流物防護柵は、設計地震動及び設計津波に対して耐震性、耐津波性を有する設計とすることから漂流物となることはない。

b. 分離精製工場 (MP)

分離精製工場 (MP) は、設計津波の遡上波に対し、余震、船舶等の漂流物の衝突、風及び積雪による荷重を適切に組み合わせて考慮した場合においても、設計津波により漂流が想定される船舶等の重量物の衝突による高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の建家外壁等への影響を軽減^{*}することを機能設計上の性能目標とする。

当該建家は、岩盤に支持される鉄筋コンクリート製の基礎と鉄筋コンクリート製の躯体で構成されていること、想定する荷重に対し、一部外壁等が損傷する場合であっても、建家の倒壊及び浮き上がりが無いことを確認し、当該建家のセル等の主要な躯体により、設計津波により漂流が想定される船舶等の重量物が漂流物として高放射性廃液貯蔵場(HAW)の建家外壁等へ到達することを防止する障壁となることを構造強度設計上の性能目標とする。

※ 別添 6-1-3-1「V 漂流可能性のある漂流物の選定」の基本方針に従う。重量の大きい、水素タンク、小型船舶、中型バスは、津波漂流物防護柵により捕捉し、津波漂流物防護柵をすり抜ける可能性がある防砂林（流木）は、建家外壁である津波防護施設で防護することとし、それぞれの設計において考慮すべき代表漂流物とする。

なお、分離精製工場(MP)については、建家外壁等の部材が部分的に損壊し漂流物となる可能性があるが、令和2年11月までに行う詳細評価において代表漂流物の選定結果に影響を与えないことを検証する。

3.4 設計津波遡上状況等監視設備

(1) 施設

屋外監視カメラ

(2) 要求機能

設計津波遡上状況等監視設備は、設計地震動に対し機能維持すること、また、入力津波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重を適切に組み合わせて考慮した場合においても、設計津波の遡上状況等の状態を監視できるよう設計する。

(3) 性能目標

屋外監視カメラは、設計地震動に対し機能維持すること、また、カメラ架台は剛構造として分離精製工場（MP）の建家屋上に固定し、分離精製工場（MP）は、設計地震動による地震力や設計津波による波圧、漂流物の衝突を考慮した場合においても十分な構造強度を有することを構造強度設計上の性能目標とする。

また、屋外監視カメラは、昼夜問わず敷地への津波の襲来状況を監視できることを機能設計上の性能目標とする。

4. 機能設計

別添 6-1-3-1「Ⅲ 入力津波の設定」で設定している入力津波に対し、「3. 要求機能及び性能目標」で設定している津波防護に関する施設の機能設計上の性能目標を達成するために、各施設の機能設計の方針を定める。

設計方針においては、止水処置等を確認する高さが設計津波の最大水位に対して、余裕を考慮した高さとなっていることを確認するため、高潮ハザードの再現期間 100 年に対する期待値 T.P. +1.44 m と、朔望平均満潮位 T.P. +0.61 m 及び潮位のばらつき 0.18 m (別添 6-1-3-1「Ⅲ 入力津波の設定」表 3-1) の合計との差である 0.65 m を参照する裕度として設定する。

高潮ハザードの再現期間 100 年に対する期待値については、観測地点「茨城港日立港区」における 40 年 (1971 年～2010 年) の潮位観測記録に基づき求めた最高潮位の超過発生確率を参照する。図 4-1 に観測地点「茨城港日立港区」における最高潮位の超過発生確率、表 4-1 に観測地点「茨城港日立港区」における 40 年 (1971 年～2010 年) の年最高潮位を示す。

なお、再処理施設では、東日本大震災後の緊急安全対策において、土木学会評価(原子力発電所の津波評価技術(平成 14 年))において近隣に襲来すると想定した津波高さ(4.9 m)に、福島第一原子力発電所に襲来した津波高さ(9.5 m)と土木学会評価が当該発電所付近に襲来すると予想した津波高さの差(9.5 m)を加えた高さ(T.T.+14.4 m)の津波が襲来すると想定し、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の浸水防止扉の設置等の対策を実施した。

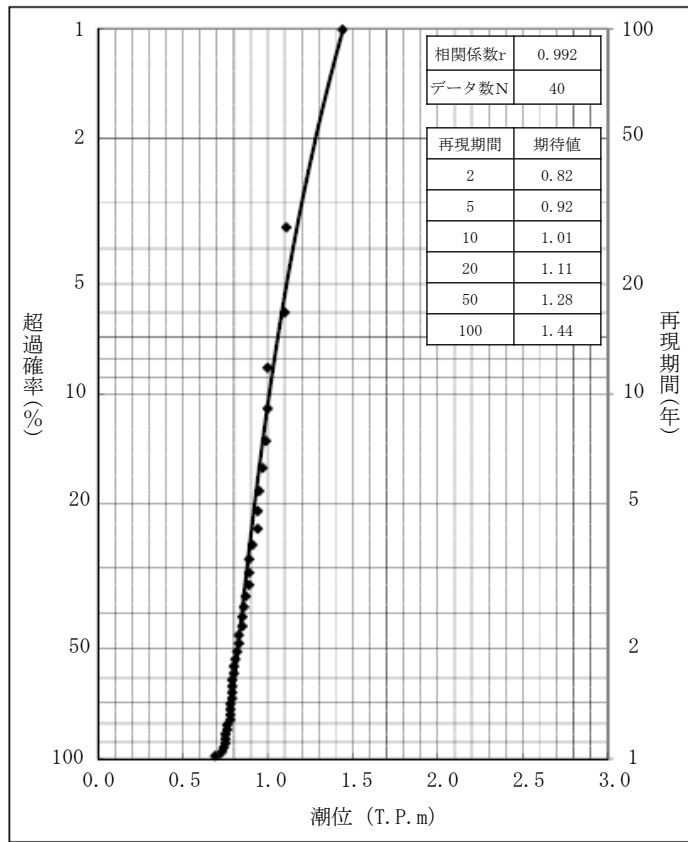


図 4-1 観測地点「茨城港日立港区」における最高潮位の超過発生確率

表 4-1 観測地点「茨城港日立港区」における 40 年（1971 年～2010 年）の年最高潮位

表 年最高潮位（日立港）

年	年	年最高潮位				潮位(m)
		月	日	時	分	
昭和46年	1971	9	1	15	0	0.89
昭和47年	1972	11	21	15	0	0.89
昭和48年	1973	10	28	16	0	0.73
昭和49年	1974	1	10	16	30	0.85
昭和50年	1975	9	8	17	10	0.76
昭和51年	1976	9	28	17	50	0.83
昭和52年	1977	9	19	19	30	0.86
昭和53年	1978	9	17	3	40	0.79
昭和54年	1979	10	7	16	40	1.00
昭和55年	1980	12	24	16	40	1.11
昭和56年	1981	10	2	17	40	0.78
昭和57年	1982	10	20	6	0	0.80
昭和58年	1983	9	9	5	0	0.75
昭和59年	1984	10	27	16	40	0.79
昭和60年	1985	8	31	4	0	0.87
		11	14	15	50	0.87
昭和61年	1986	10	8	17	40	0.94
		9	17	21	0	0.74
昭和62年	1987	2	4	7	40	0.74
		9	16	17	50	0.94
昭和63年	1988	9	16	17	50	0.94
昭和64年	1989	8	6	18	50	0.99
平成2年	1990	10	8	17	10	0.89
平成3年	1991	10	13	17	50	1.00
平成4年	1992	9	11	3	10	0.85
平成5年	1993	11	14	15	10	0.69
平成6年	1994	10	22	16	40	0.78
平成7年	1995	11	24	16	0	0.75
平成8年	1996	9	22	22	40	0.79
平成9年	1997	9	19	17	20	0.91
平成10年	1998	11	17	14	40	0.75
平成11年	1999	10	27	17	0	0.83
平成12年	2000	9	4	19	0	0.76
		12	11	15	0	0.76
平成13年	2001	8	22	5	40	0.79
平成14年	2002	10	1	21	40	1.10
平成15年	2003	10	26	15	50	0.81
平成16年	2004	9	30	4	50	0.78
平成17年	2005	12	5	17	0	0.82
平成18年	2006	10	7	3	35	1.44
平成19年	2007	7	16	3	55	0.95
平成20年	2008	12	14	15	50	0.78
平成21年	2009	10	8	16	55	0.97
平成22年	2010	9	25	16	25	0.89

4.1 津波防護施設

津波防護施設は、「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」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

(1) 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の建家外壁

機能設計上の性能目標を達成するため、岩盤に支持される鉄筋コンクリート製の基礎と鉄筋コンクリート製の躯体で構成される当該建家外壁は、設計津波の最大水位に参照する余裕を考慮した高さ (T.P. +14.2 m) を超える T.P. +14.4 m までの止水性を保持する設計とする。

構造強度設計上の性能目標を達成するため、設計津波の遡上波 (波力算定用津波高さ : T.P. +12.1 m) に対して耐津波性を有する設計とする。発生する浮力については、設計津波の最高水位 (浮力算定用津波高さ : T.P. +13.6 m) を考慮する。建家設計用漂流物による荷重は、津波漂流物防護柵による効果を期待する。当該建家周辺の地盤は地盤改良による効果を期待する。

また、トレンチ等が、鉄筋コンクリート製の躯体、鉄遮蔽体で構成することにより、止水性を有する設計となっていること、建家外壁と当該境界部の接続部からの漏水による影響及び漏水時の排水対策について確認する (添付資料 6-1-3-2-1「高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 建家貫通部からの浸水の可能性について」)。

機能設計上の性能目標を達成するため、当該建家外壁の貫通部が、設計津波の最大水位に参照する余裕を考慮した高さ (T.P. +14.2 m) を超える高さ (T.P. +14.4 m) までシール材等での止水処置されていることを確認する。

また、構造強度設計上の性能目標を達成するため、当該建家外壁の貫通部の止水処置の健全性を模擬試験体による耐圧試験により確認する。試験にあたっては、模擬試験体の止水材厚さを外壁厚さに対し十分保守的な厚さとするとともに、模擬試験体に作用させる水圧は、各外壁貫通部に作用する津波波圧を包絡するよう十分保守的に設定し、貫通部に対する止水処置の健全性を確認する。

(添付資料 6-1-3-2-1「高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 建家貫通部からの浸水の可能性について」)。

4.2 浸水防止設備（浸水防止扉）

浸水防止設備（浸水防止扉）は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 設計津波の浸水防止設備（浸水防止扉）（3）性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針としている。

機能設計上の性能目標を達成するため、浸水防止扉は十分な支持性能を有する高放射性廃液貯蔵場（HAW）の建家外壁に設置する扉枠との境界に水密ゴムを挟んで鋼製の扉を固定する構造とし、設計津波の最大水位に参照する裕度を考慮した高さ（T.P. +14.2 m）を超える高さ（T.P. +14.4 m）まで止水性を保持する設計とする。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の建家外壁と浸水防止扉の扉枠との接続部が、設計津波の最大水位に参照する裕度を考慮した高さ（T.P. +14.2 m）を超える高さ（T.P. +14.4 m）までシール材等での止水処置により止水性を有する設計とし、設計津波の遡上波による波圧を考慮した漏えい試験により有意な漏えいが生じないこと、当該外壁接続部からの漏水による影響及び漏水時の排水対策について令和2年7月までに確認する。

構造強度設計上の性能目標を達成するため、設計津波の遡上波（波力算定用津波高さ：T.P. +12.1 m）に対して耐津波性を有する設計とし、浸水防止扉が、設計津波の遡上波による波圧を考慮し止水性を保持する設計であることを令和2年7月までに確認する。

4.3 漂流物の影響防止施設

漂流物の影響防止施設は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.3 漂流物の影響防止施設（3）性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計方針とする。

(1) 津波漂流物防護柵

機能設計上の性能目標を達成するため、津波漂流物防護柵は、鋼製の支柱、必要に応じて支柱間にワイヤーロープを設置する構成とし、支柱の下部は岩盤等に支持される設計とする。

構造強度設計上の性能目標を達成するため、支柱の下部は、主な再処理施設の支持地盤である砂質泥岩層又は強固に改良した地盤に設置し、設計地震動に対する耐震性を確保する。また、支柱については、船舶等の重量物が漂流物として1本の支柱へ直接衝突する等の最も厳しい条件において、ある程度塑性変形を生じ、漂流物が複数回衝突する場合であっても支柱としての機能を保持し、隣接する支柱が弾性範囲内で津波漂流物防護柵を支持する設計とする。津波漂流物防護柵に設けるワイヤーロープは、津波漂流物対策施設設計ガイドラインに従い、漂流物が衝突した際にワイヤーロープが衝撃を緩和することで漂流物を捕捉する設計とする。

これらの設計によって、設計津波により漂流が想定される船舶等の重量物を捕

捉することで漂流物の衝突による高放射性廃液貯蔵場(HAW)の建家外壁等への影響を軽減させる設計※となっていることを確認する。

※ 小型船舶は総トン数 20 トン未満の船舶であり、総トン数 19 トンを超える小型船舶が入港することも考えられる。船舶等の大型の漂流物は津波漂流物防護柵で捕捉することから、津波漂流物防護柵の設計荷重を 20 トン相当にすることにより保守性を確保する。設計津波の時刻歴波形から津波の繰り返しの遡上はないことから、最大荷重の漂流物が津波漂流物防護柵の同一箇所に繰り返し衝突することはない。

(2) 分離精製工場(MP)

機能設計上の性能目標を達成するため、分離精製工場(MP)は、岩盤に支持される鉄筋コンクリート製の基礎と鉄筋コンクリート製の躯体で構成する設計としている。

構造強度設計上の性能目標を達成するため、分離精製工場(MP)は、設計津波の遡上波に対し、余震、船舶等の漂流物の衝突、風及び積雪の組合せによる荷重に対し、外壁等が一部損傷する場合であっても建家全体が倒壊することなく主要な構造部材は構造健全性を保持し、浮き上がるおそれのない設計とする。なお、分離精製工場(MP)は、設計地震動による地震力や設計津波による波圧、漂流物の衝突を考慮した場合においても倒壊しない見通しであり、令和2年11月までに行う詳細評価において十分な構造強度を有することを確認する。また、代表漂流物の選定結果に影響を与えないことを検証する。

これらの設計によって、設計津波により漂流が想定される船舶等の漂流物の衝突による高放射性廃液貯蔵場(HAW)の建家外壁等への影響を軽減させる設計となっていることを確認する。

4.4 設計用津波遡上状況等監視設備

設計用津波遡上状況等監視設備は、「3. 要求機能及び性能目標」の「3.4 設計用津波遡上状況等監視設備（3）性能目標」で設定している機能設計上の性能目標を達成するために、以下の設計状況を確認している（添付資料6-1-3-2-2「屋外監視カメラについて」）。

(1) 屋外監視カメラ

機能設計上の性能目標を達成するため、屋外監視カメラは、設計津波の遡上波に対し、波力及び漂流物の影響を受けない位置に設置し昼夜を問わず監視可能な設計としている。また、屋外監視カメラ本体からの映像信号を電路により分離精製工場(MP)中央制御室に設置する監視装置に伝送し、中央制御室にて監視可能な設計としている。電路については、波力や漂流物の影響を受けない箇所に設置し、電源は設計津波の遡上波の影響を受けない分離精製工場(MP)に設けた無停電電源装置等から給電できる設計としている。

屋外監視カメラを構成する部品は、監視機能を維持するために、交換可能な設計とするとともに、監視装置等と屋外監視カメラ本体とを直接接続可能な設計としており、中央制御室に常駐する要員により構成部品の交換又は監視装置との接続操作は速やかに行える。

これらの操作は、設計津波の遡上波が敷地へ浸入するまでの時間を考慮し、要員による対応が確実に実施できることを確認する。

さらに、監視機能が維持できない場合には設計津波の遡上高さを上回る建家屋上等から目視により施設周辺を監視する代替措置により対応することができることを確認する。

上記の対応については、令和2年7月までに実施する事故対処設備の有効性評価に合わせて確認する。

構造強度設計上の性能目標を達成するため、設計地震動に対し屋外監視カメラ本体は、機能維持する設計としており、カメラ架台は剛構造として分離精製工場(MP)の建家屋上に固定している。分離精製工場(MP)は、設計地震動による地震力や設計津波による波圧、漂流物の衝突を考慮した場合においても倒壊しない見通しであり、令和2年11月までに行う詳細評価において十分な構造強度を有することを確認する。

II 余震による地震応答解析

1. 概要

本資料は、別添 6-1-3-1「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」において設定した余震（以下「Sd-D」という。）を用いた高放射性廃液貯蔵場(HAW)の地震応答解析を説明するものである。この地震応答解析による応答値は、別添 6-1-3-2「III-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」及び「III-2 設計津波に対する浸水防止設備（浸水防止扉）の強度評価」における余震荷重として用いる。

敷地の解放基盤表面における Sd-D の応答スペクトルを図 1-1 及び図 1-2 に、時刻歴波形を図 1-3 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(G.L. -309 m)とする。

※T.P.：東京湾平均海面

— 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

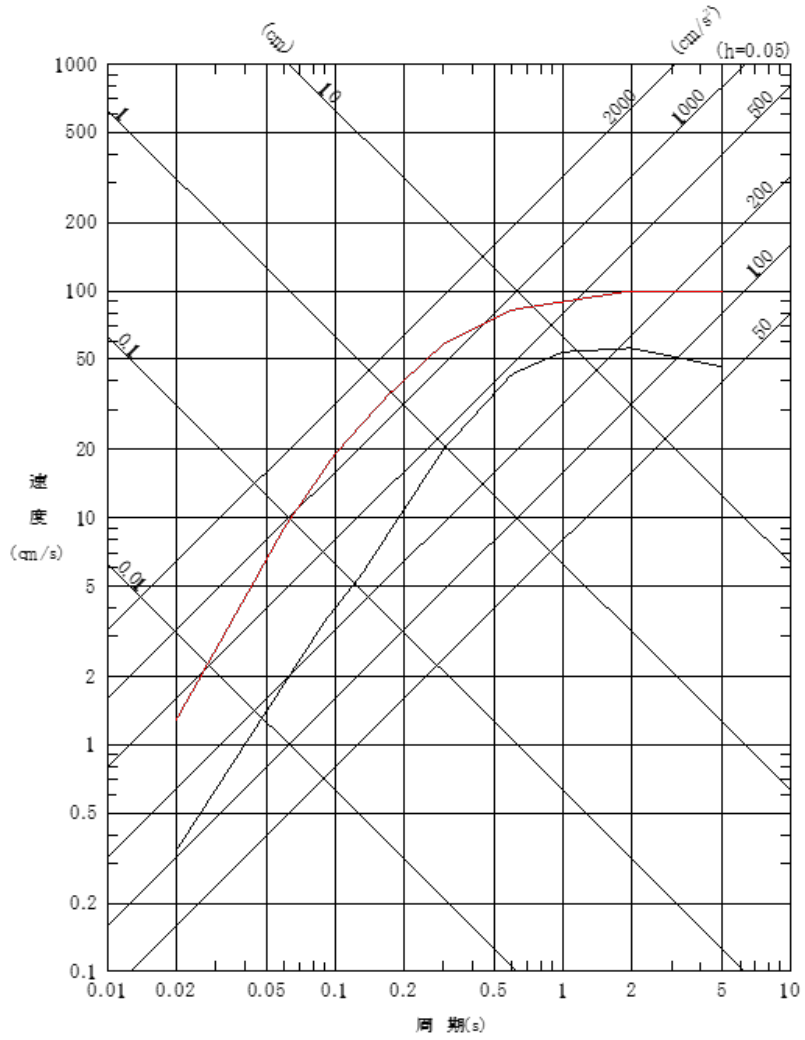


図 1-1 Sd-D の応答スペクトル(水平成分)

- 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

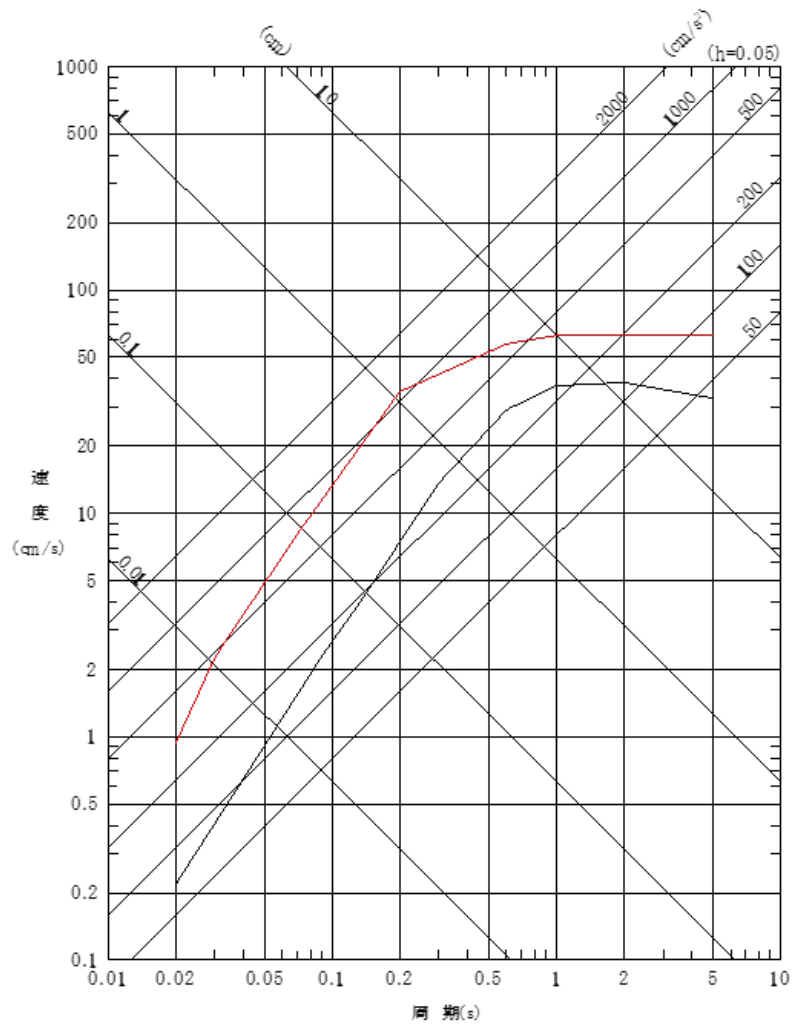
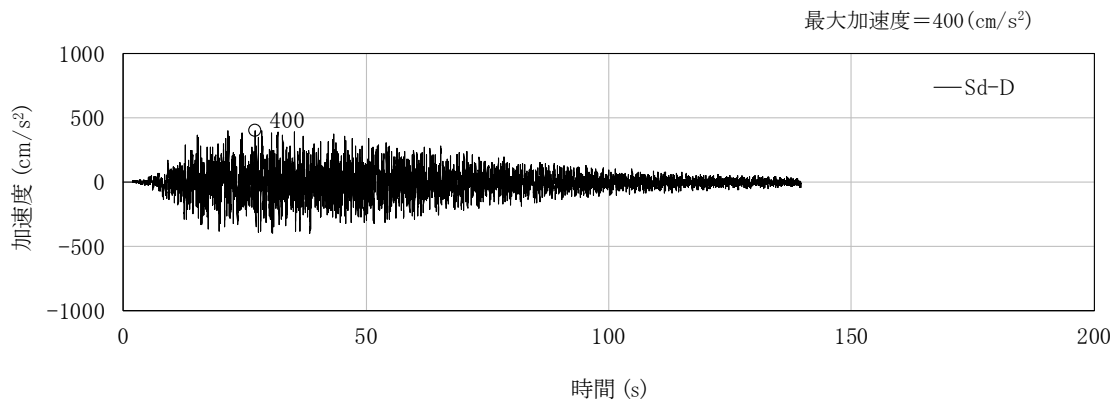
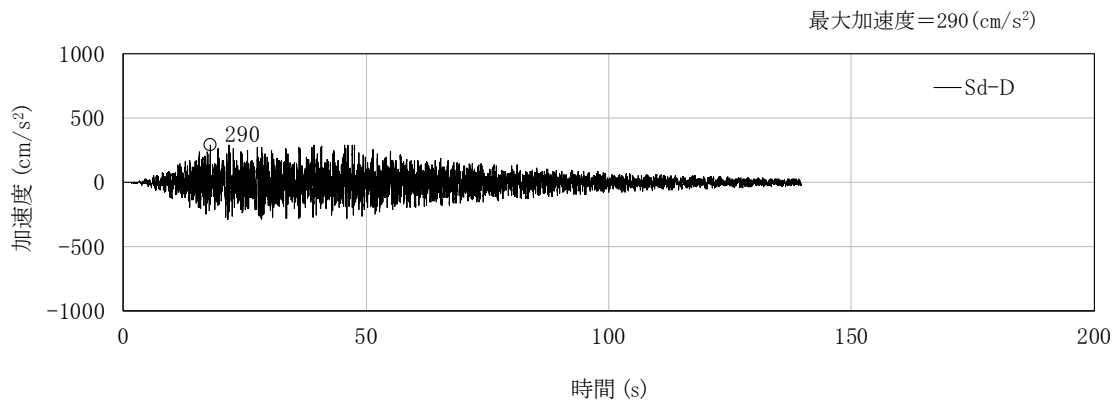


図 1-2 Sd-D の応答スペクトル(鉛直成分)



(水平成分)



(鉛直成分)

図 1-3 Sd-D の時刻歴波形

2. 一般事項

2.1 位置

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の位置を図 2-1 に示す。プラントノースと磁北方向の角度差は、 35.7° である。



図 2-1 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の位置

2.2 構造概要

高放射性廃液貯蔵場(HAW)は、平面形状が [] のほぼ正方形を成しており、地上高さ [] の鉄筋コンクリート造の建家である。基礎は、べた基礎とし、基礎地盤である久米層(砂質泥岩)に設置されている。

高放射性廃液貯蔵場(HAW)周辺において、地盤による拘束効果を高めるため、基礎地盤の深さまで地盤改良を実施する。

建家の代表的な平面図及び断面図を図 2-2 から図 2-5 に、基礎地盤(久米層)の等高線図及び断面図を図 2-6 及び図 2-7 に、高放射性廃液貯蔵場(HAW)周辺の地盤改良範囲を図2-8 に示す。

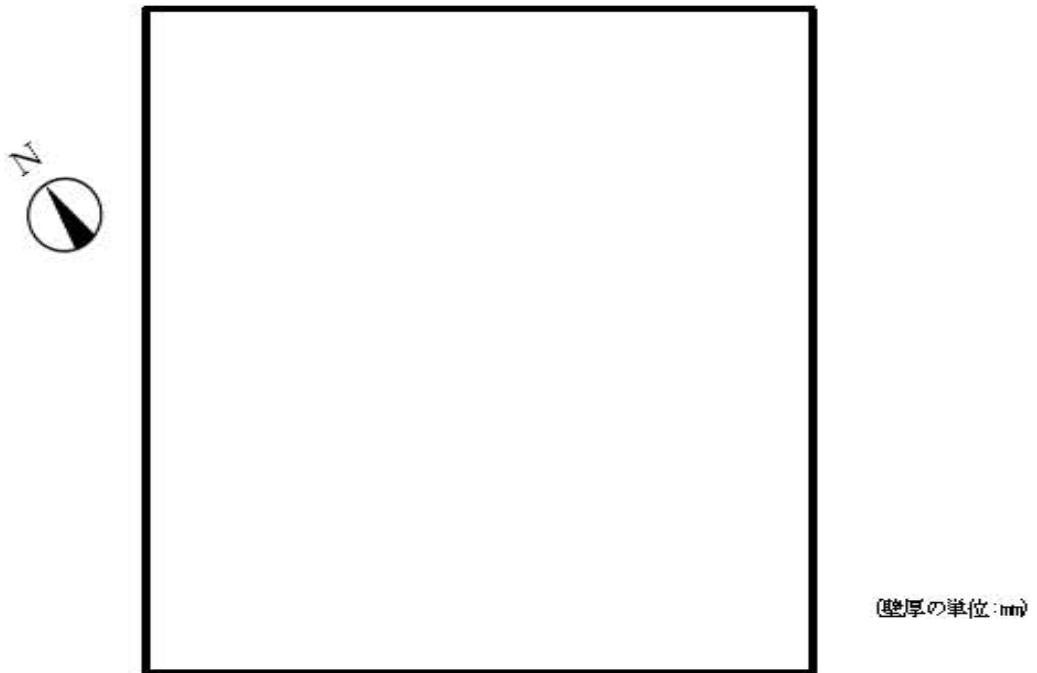


図 2-2 高放射性廃液貯蔵場(HAW)平面図(地下1階)

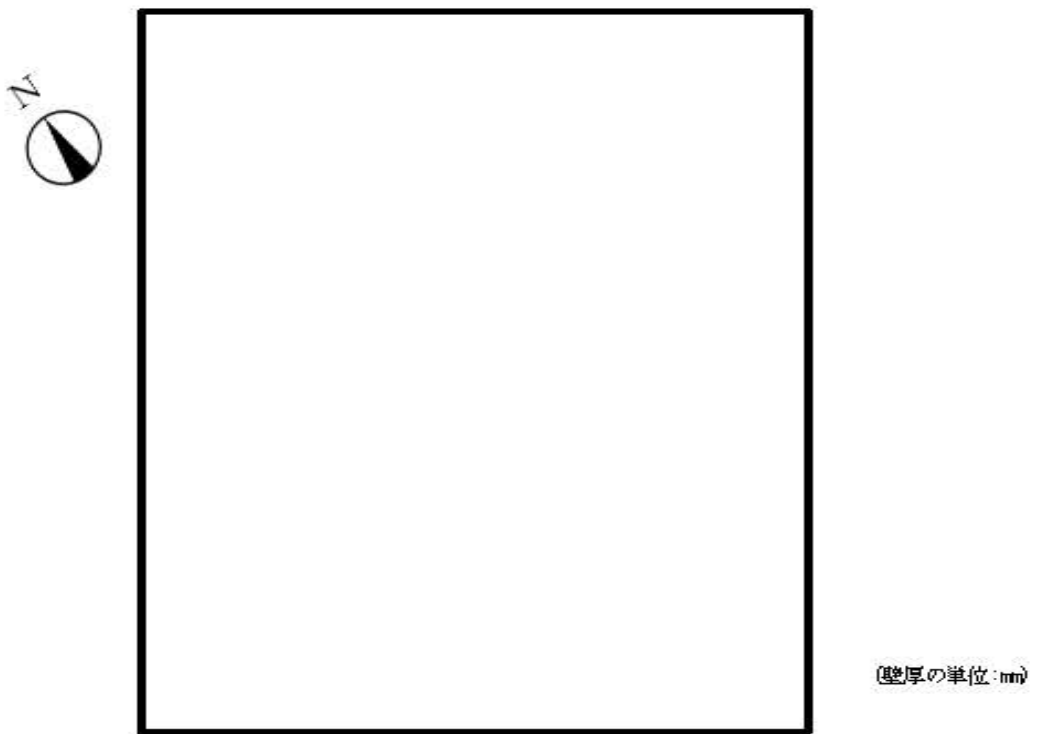


図 2-3 高放射性廃液貯蔵場(HAW)平面図(4階)

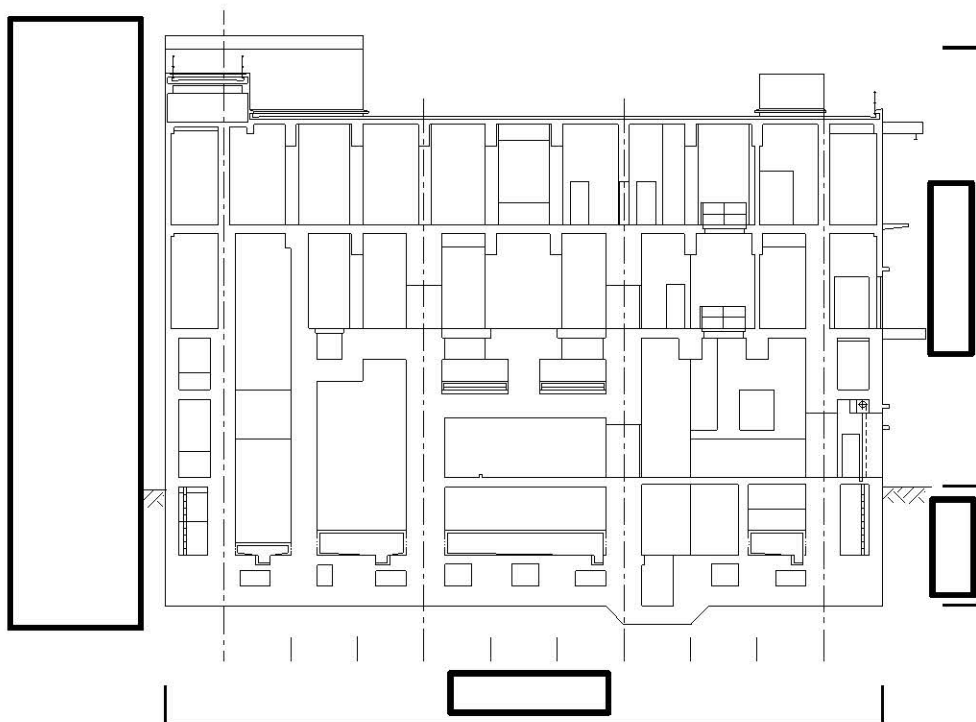


图 2-4 高放射性废液貯藏場(HAW)断面図(NS断面)

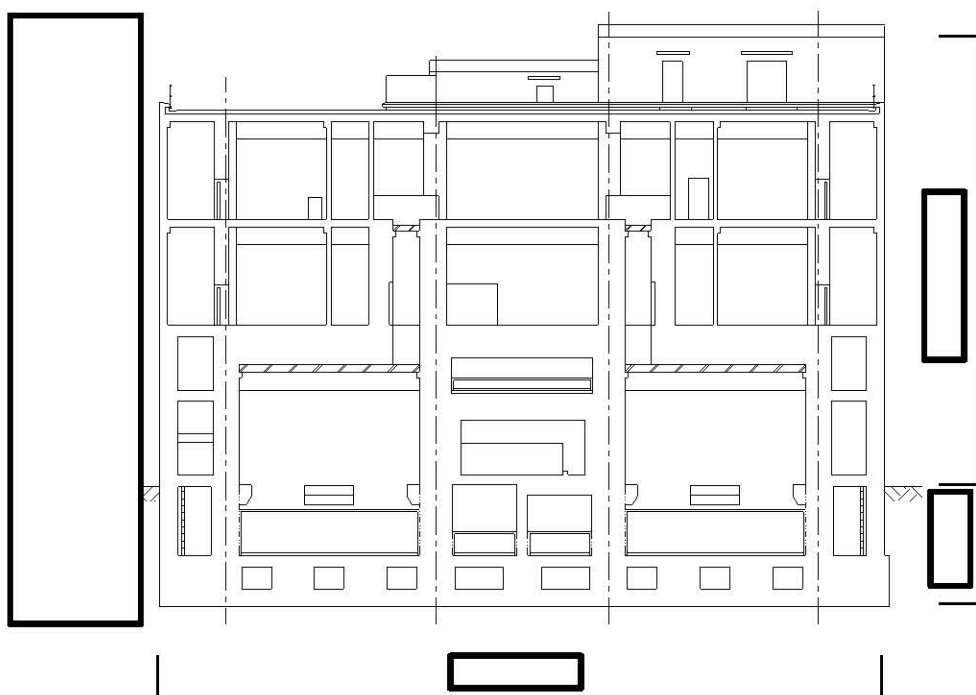


图 2-5 高放射性废液貯藏場(HAW)断面図(EW断面)

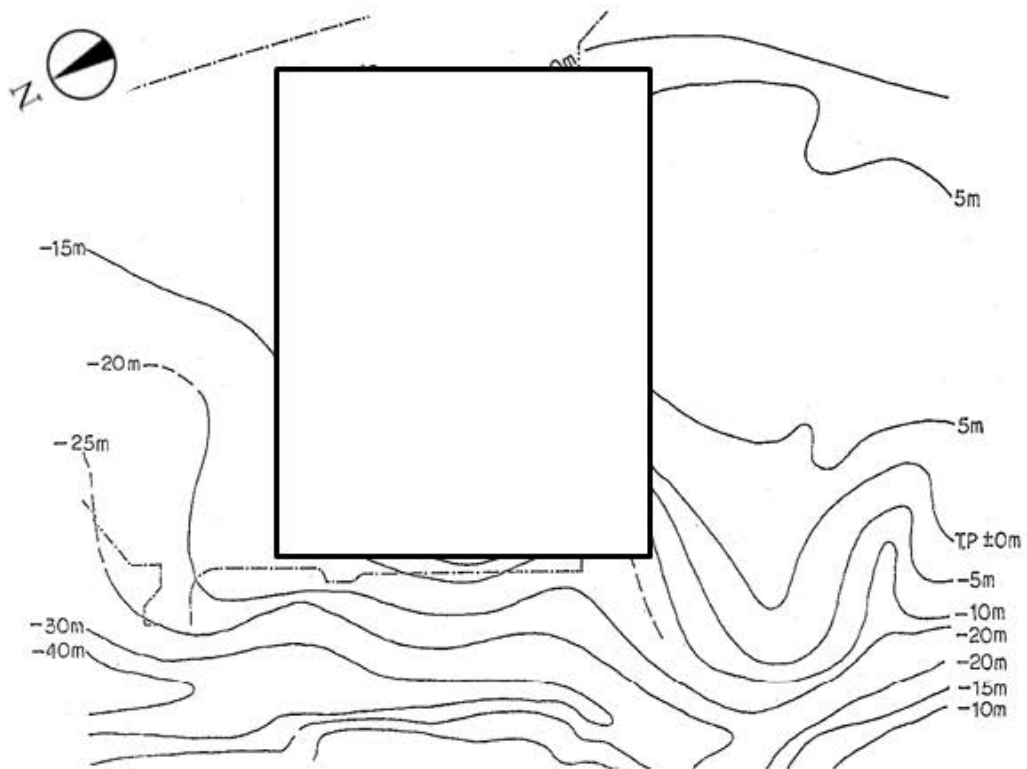
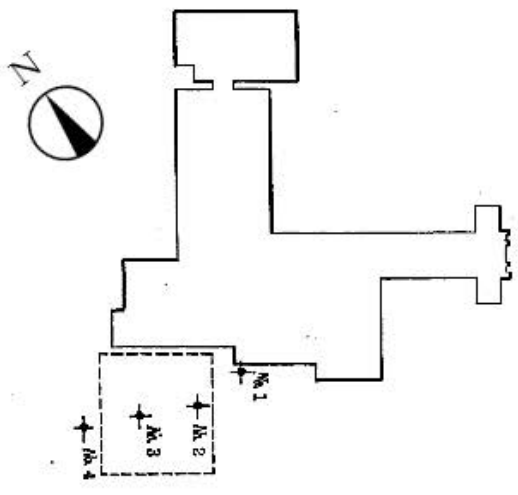
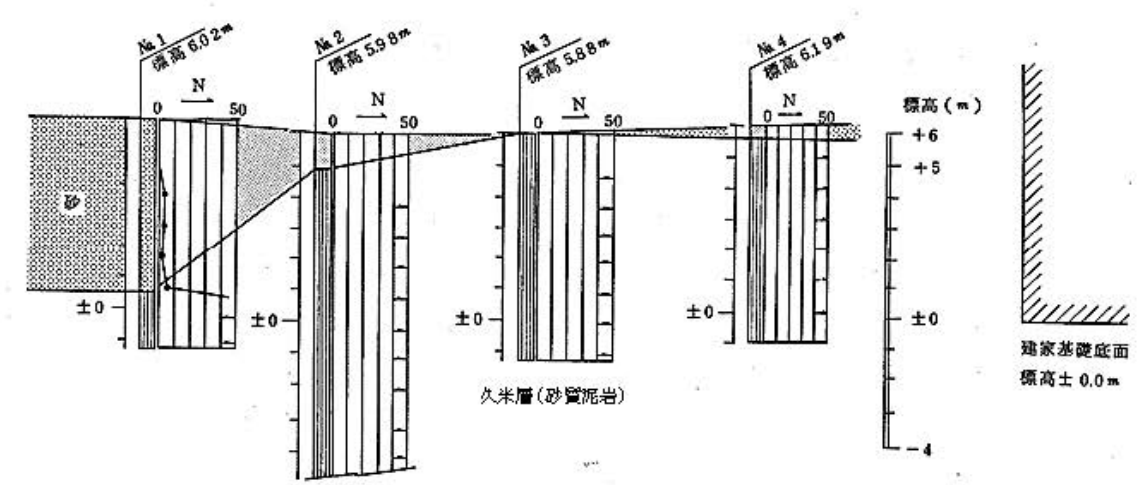


図 2-6 基礎地盤(久米層)の等高線図



ボーリング位置図

図 2-7 基礎地盤 (久米層) の断面図

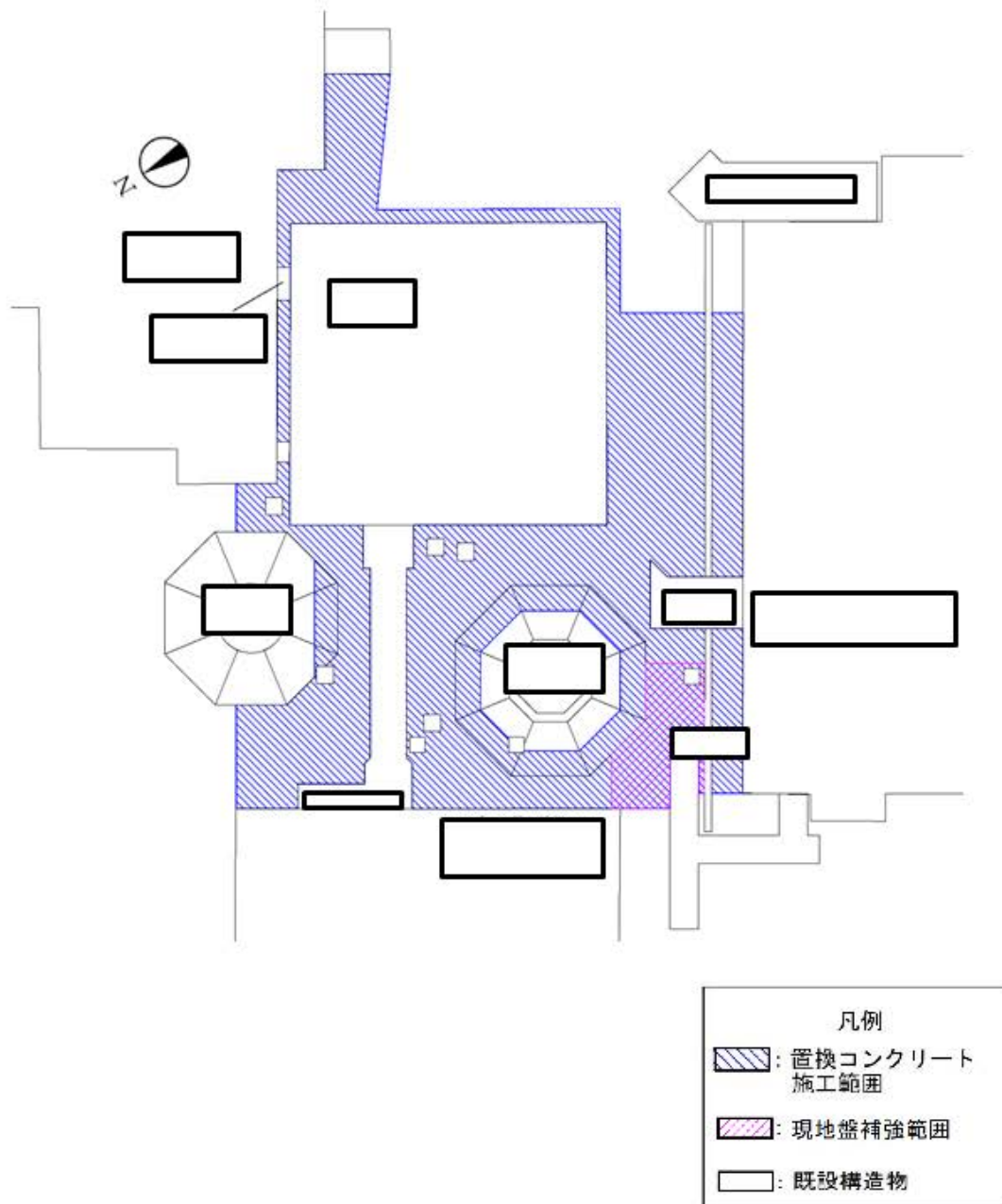


図 2-8 高放射性廃液貯蔵場(HAW)周辺の地盤改良範囲

2.3 解析方針

地震応答解析は、Sd-D を用いて建物・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。

地震応答解析による応答値は，別添 6-1-3-2「Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」及び「Ⅲ-2 設計津波に対する浸水防止設備（浸水防止扉）の強度評価」における余震荷重として用いる。

なお，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。
高放射性廃液貯蔵場(HAW)の解析フローを図 2-9 に示す。

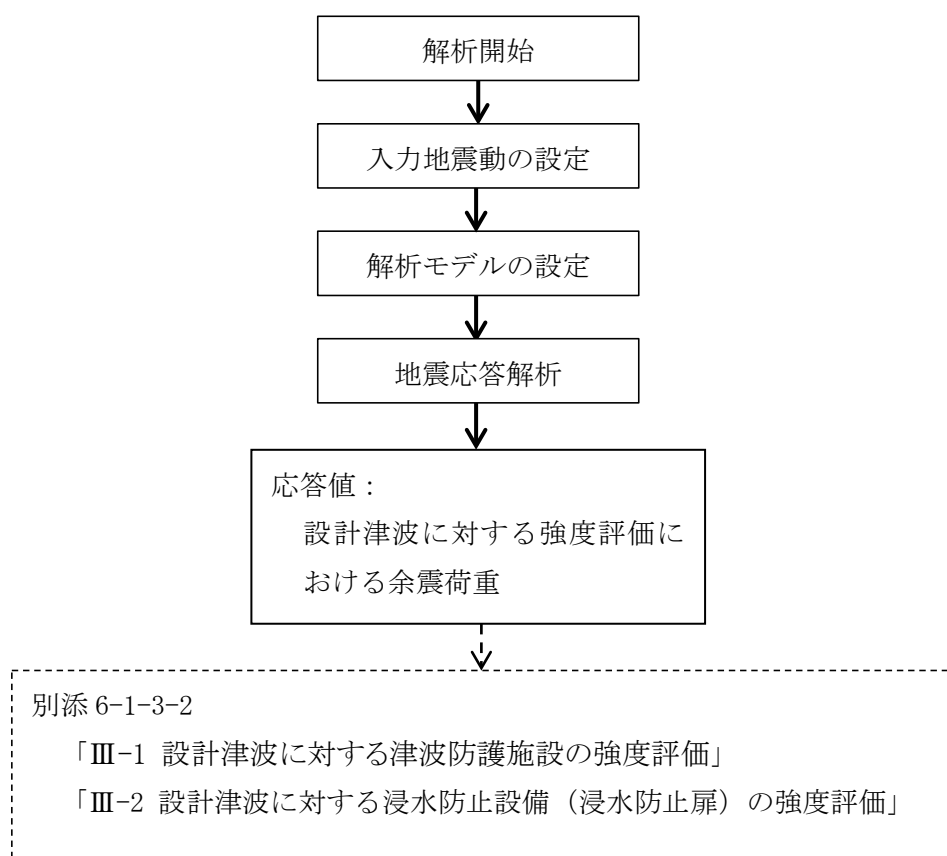


図 2-9 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の解析フロー

2.4 準拠規格・基準

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の地震応答解析において、準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601(日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601(日本電気協会)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(日本建築学会)
- ・ 建築基礎構造設計指針(日本建築学会)

2.5 使用材料

地震応答解析に用いるコンクリートの材料定数は、既往の設計及び工事の方法の認可「再処理施設に関する設計及び工事の方法(その 25)」において定めている設計基準強度を用いて鉄筋コンクリート構造計算規準に基づき設定する。コンクリートの材料定数を表 2-1 に示す。

表 2-1 コンクリートの材料定数

対象	設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
建家	20.6	2.15×10^4	0.2

3. 入力地震動

3.1 水平方向の入力地震動

水平方向の入力地震動は、Sd-D を解放基盤表面に入力して一次元波動論により算定した建家の基礎底面及び側面地盤ばね位置での応答波とする。

算定に用いる地盤モデルは、当該敷地の地層等を考慮して設定された水平成層地盤とし、等価線形化法により地盤の非線形性を考慮する。

水平方向の入力地震動算定の概要を図 3-1 に、地盤の物性値を表 3-1 に、動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を図 3-2 に示す。入力地震動の算定に使用する解析コードは「DYNEQ^{*}」である。

Sd-D による地盤の地震応答解析結果を図 3-3 に、建家の基礎底面位置における水平方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルをそれぞれ図 3-4 及び図 3-5 に示す。

※吉田望: DYNEQ A computer program for DYNamic response analysis of level ground by EQuivalent linear method, 東北学院大学工学部(2008)

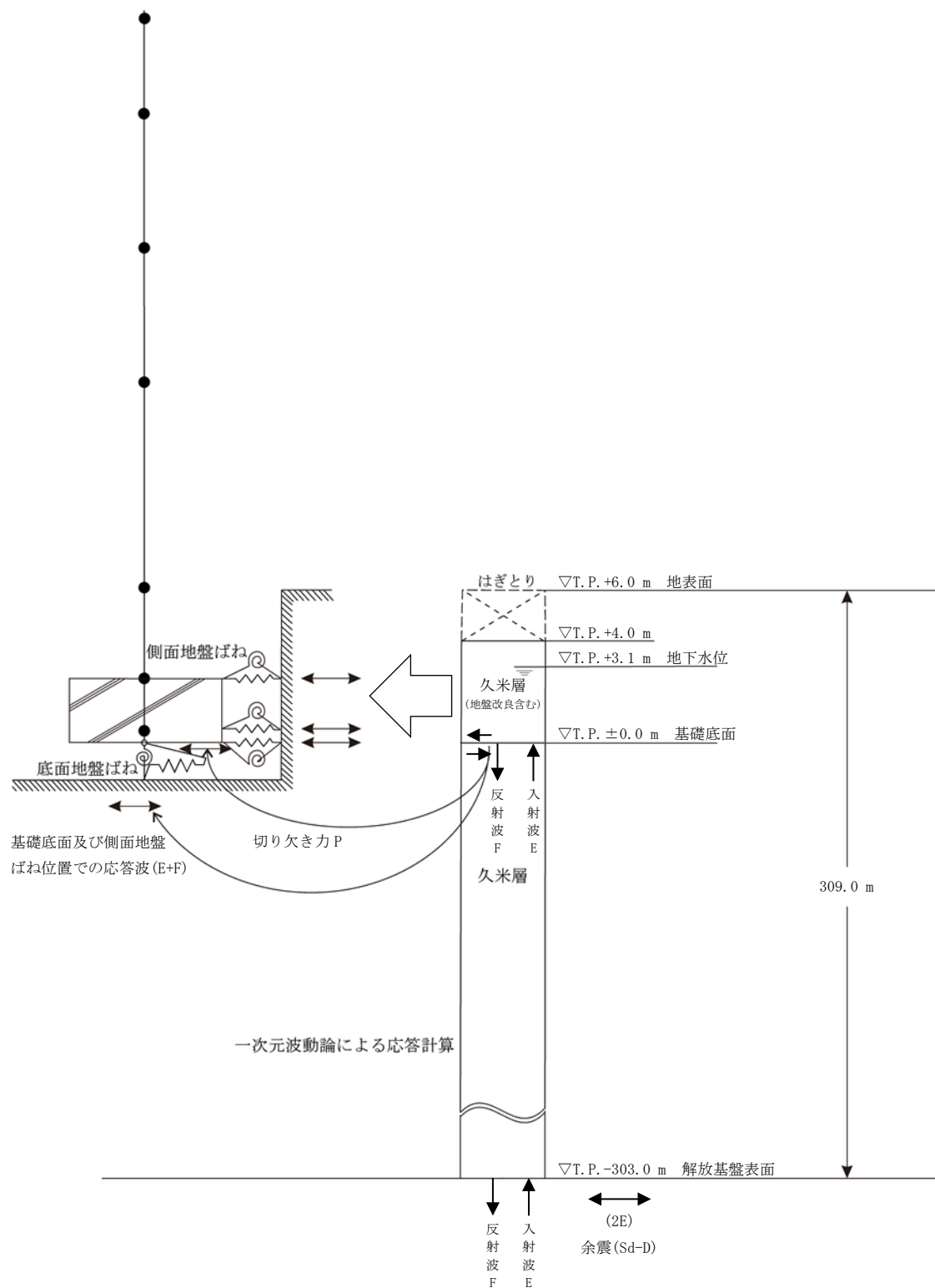
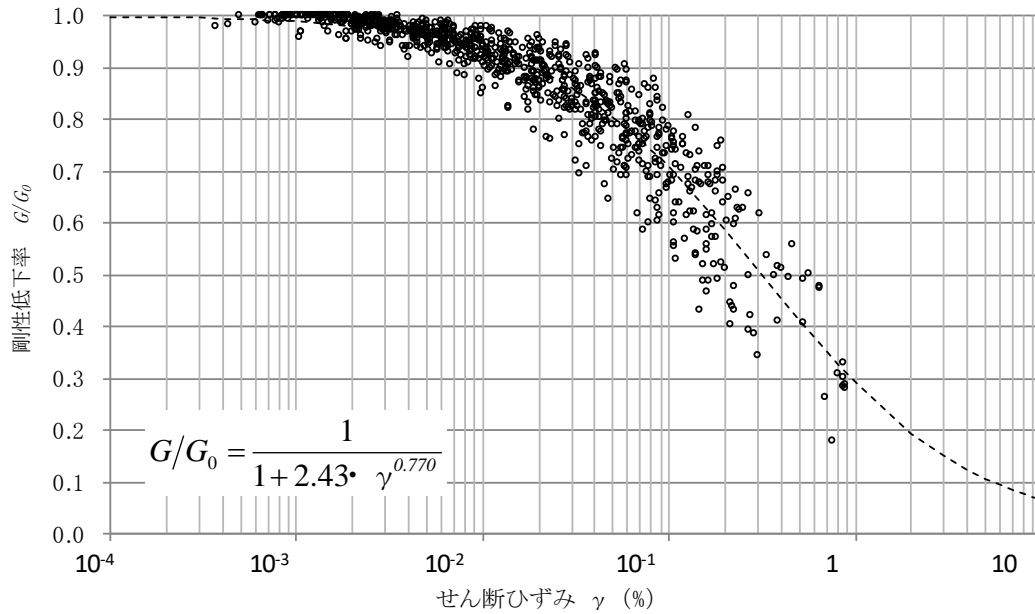


図 3-1 入力地震動算定の概要(水平方向)

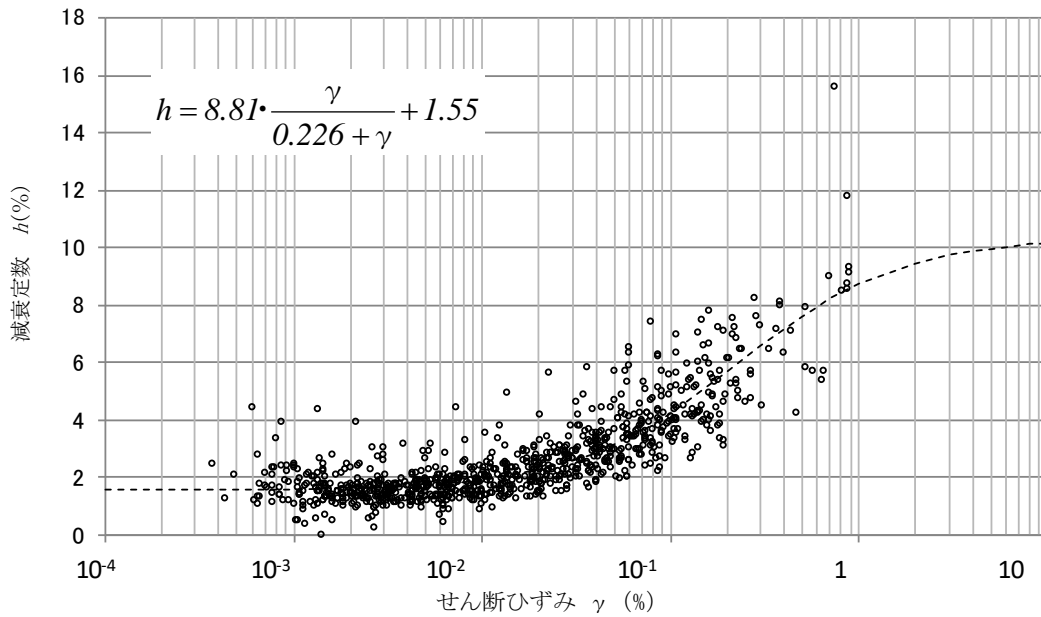
表 3-1 地盤の物性値

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 ν_d	動せん断 弾性係数 G_0 (MN/m ²)
4.0					
3.1	久米層	Km1 [※]	1.77	0.455	426
0.0		Km1 [※]	1.77	0.455	426
-10.0		Km1	1.77	0.455	426
-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

※建家周辺の地盤(T. P. +4.0～±0.0 m)について、Km1以上の動せん断弾性係数 G_0 を持つコンクリート(設計基準強度18 N/mm²)で地盤を改良するため、当該層をKm1でモデル化している。



(a) 動せん断弾性係数



(b) 減衰定数

図 3-2 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性(久米層)

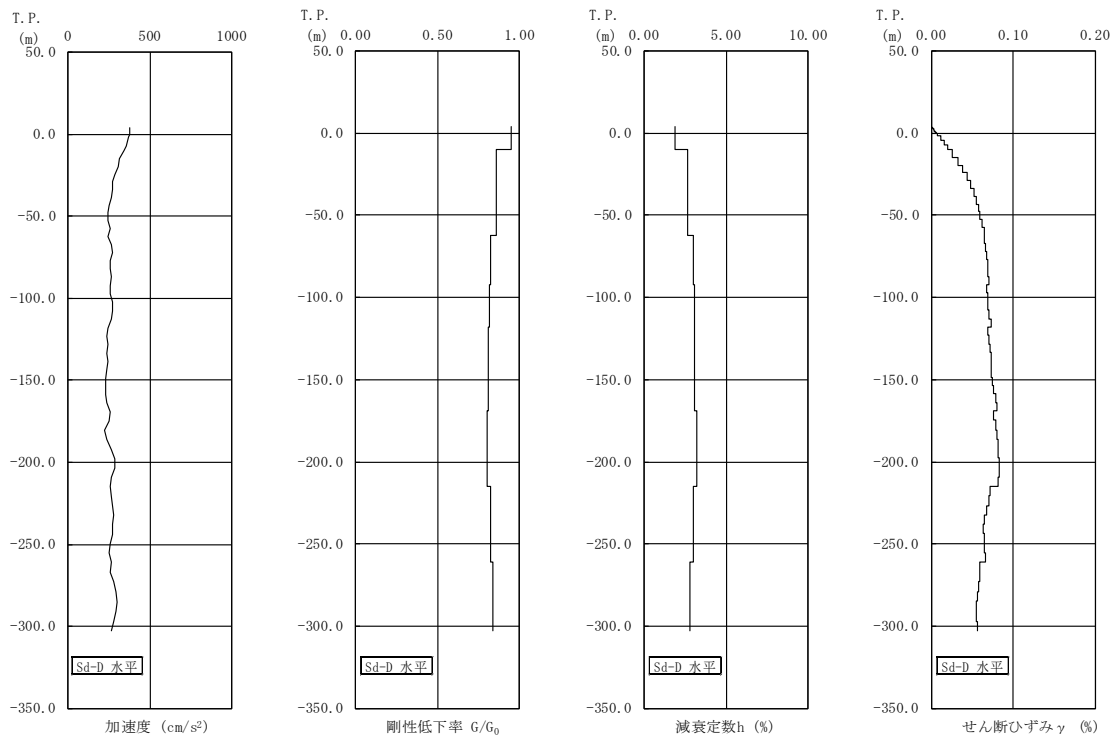


図 3-3 地盤の地震応答解析結果(水平方向, Sd-D)

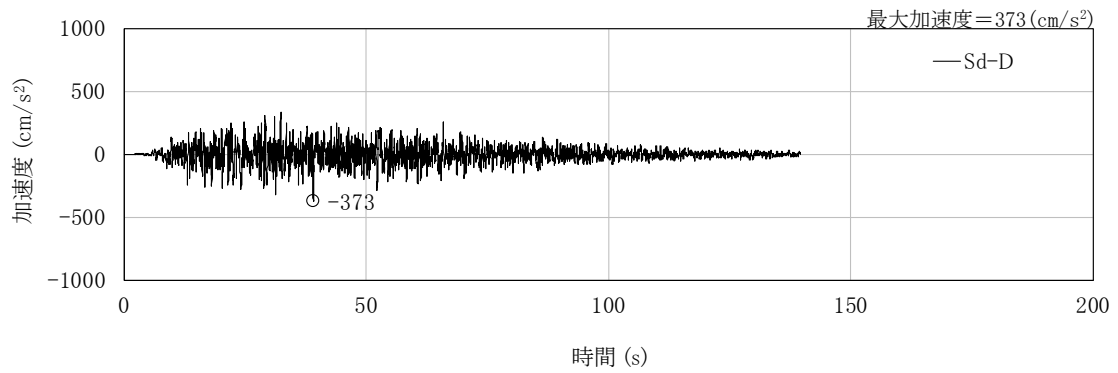


図 3-4 入力地震動の加速度時刻歴波形(水平方向, Sd-D, 基礎底面位置)

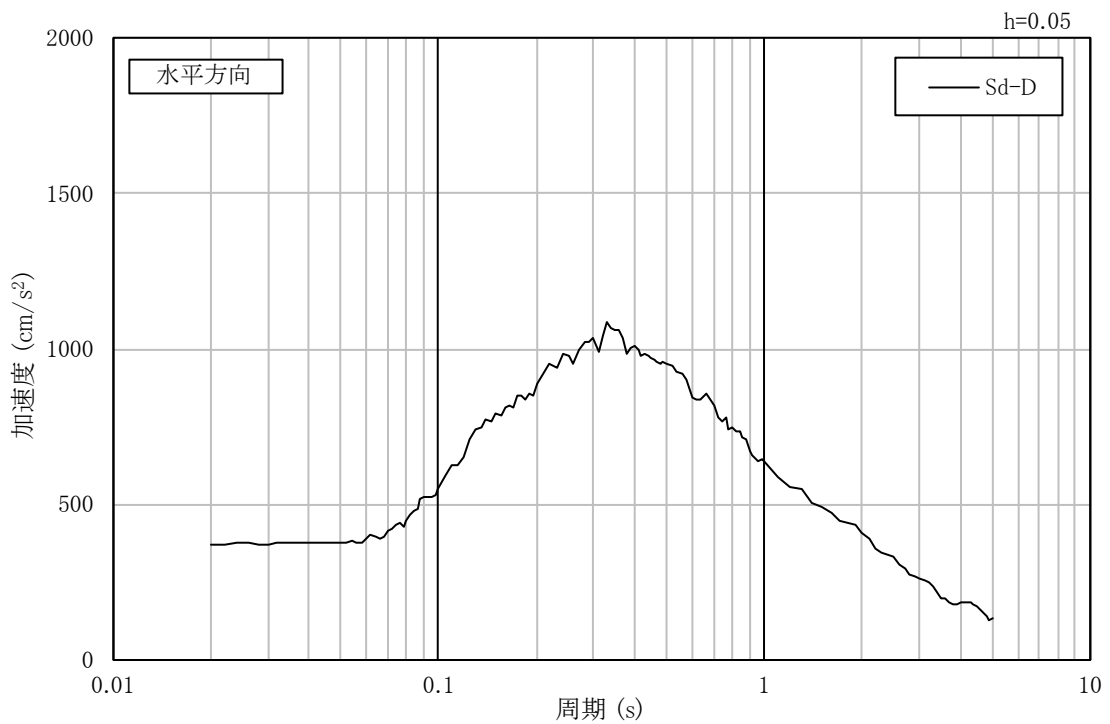


図 3-5 入力地震動の加速度応答スペクトル(水平方向, Sd-D, 基礎底面位置)

3.2 鉛直方向の入力地震動

鉛直方向の入力地震動は、Sd-D を解放基盤表面に入力して一次元波動論により算定した建家の基礎底面位置での応答波とする。

算定に用いる地盤モデルは、水平方向の入力地震動の算定において設定された物性値に基づき、基礎底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルとする。

鉛直方向の入力地震動算定の概要を図 3-6 に示す。入力地震動の算定に使用する解析コードは「DYNEQ[※]」である。

Sd-D による地盤の地震応答解析結果を図 3-7 に、建家の基礎底面位置における鉛直方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルをそれぞれ図 3-8 及び図 3-9 に示す。

※吉田望: DYNEQ A computer program for DYNamic response analysis of level ground by EQuivalent linear method, 東北学院大学工学部(2008)

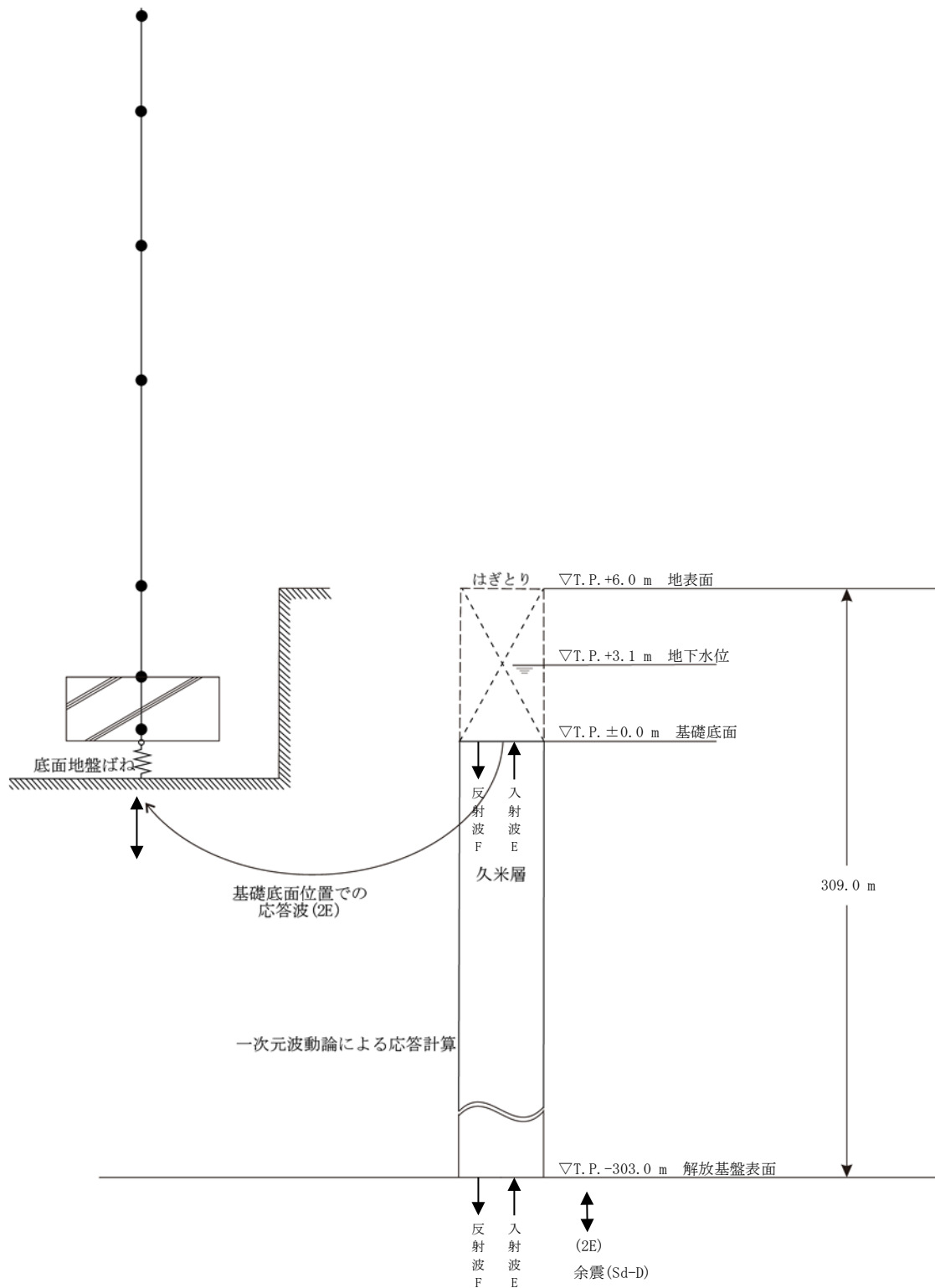


図 3-6 入力地震動算定の概要(鉛直方向)

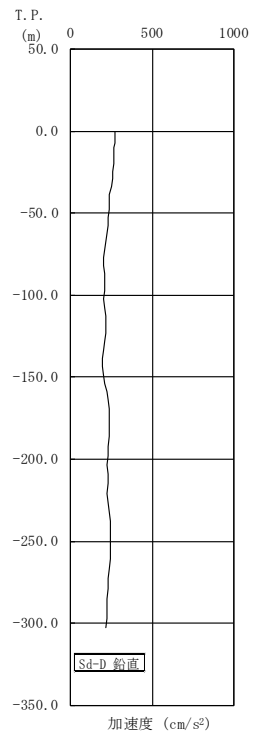


図 3-7 地盤の地震応答解析結果(鉛直方向, Sd-D)

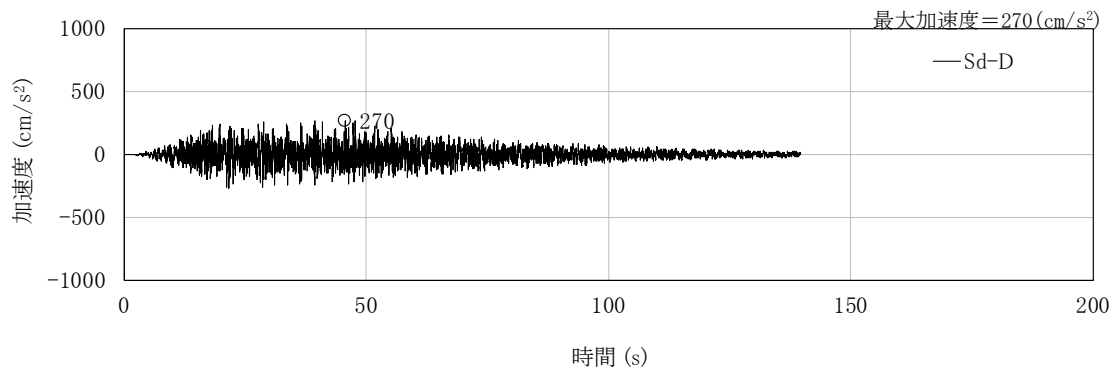


図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形(鉛直方向, Sd-D, 基礎底面位置)

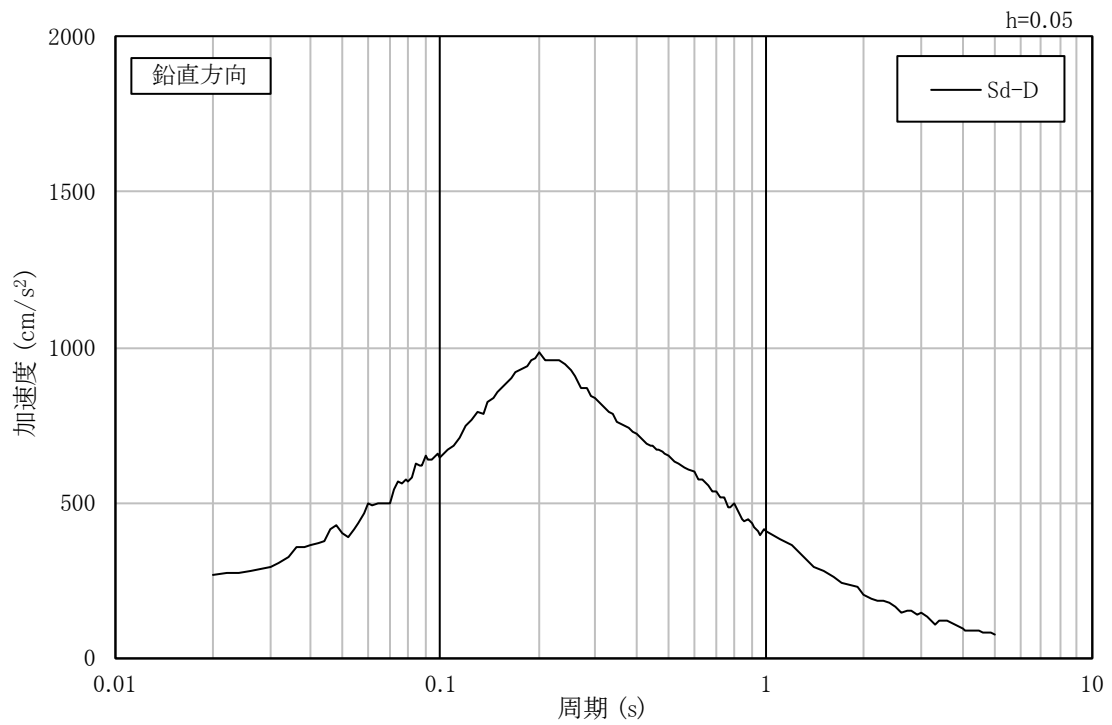


図 3-9 入力地震動の加速度応答スペクトル(鉛直方向, Sd-D, 基礎底面位置)

4. 解析モデル

4.1 水平方向の解析モデル

水平方向の解析モデルは、建家と地盤の相互作用を考慮した曲げせん断型の多質点系モデルとする。

水平方向の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの諸元を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

解析モデルの諸元は、既往の設計及び工事の方法の認可「再処理施設に関する設計及び工事の方法(その 25)」の構造図に基づき設定する。

耐震壁のせん断の復元力特性は、図 4-2 に示すトリリニア型のスケルトンカーブとし、履歴特性は最大点指向型とする。曲げの復元力特性は、図 4-3 に示すトリリニア型のスケルトンカーブとし、履歴特性はディグレイディングトリリニア型とする。せん断及び曲げのスケルトンカーブを表 4-3 から表 4-6 に示す。

基礎下の底面地盤ばねは、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版(以下「JEAG4601-1991 追補版」という。)に基づき、振動アドミッタンス理論により振動数依存の複素ばねを算定し、地盤ばね定数は 0 Hz での実部(静的ばね値)により、減衰係数は地盤-建家連成系 1 次固有円振動数での虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾きにより、それぞれ設定する。埋め込み部分の側面地盤ばねは、Novak の方法により振動数依存の複素ばねを算定し、地盤ばね定数は実部の極大値により、減衰係数は底面地盤ばねと同様に、それぞれ設定する。底面地盤回転ばねは、基礎の浮き上がりを考慮する非線形ばねとし、非線形特性を算定する際には、建家重量に津波による浸水高さ T.P. +13.6 m 及び海水の単位体積重量 10.1 kN/m³により生じる浮力 175455 kN を考慮する。底面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「ADMITK(株式会社構造計画研究所)」, 側面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「K-NOVAK(株式会社構造計画研究所)」である。

地盤ばね定数及び減衰係数をそれぞれ表 4-7 及び表 4-8 に、地盤ばね定数及び減衰係数の設定方法の概要を図 4-4 に、底面地盤回転ばねの非線形特性(転倒モーメント-回転角関係)を図 4-5 に示す。

建家の減衰はモード減衰として与え、各次のモード減衰定数は建家各部のひずみエネルギーに比例した値として算定する。建家の減衰定数は 3 % (鉄筋コンクリート部分)とする。

建家の地震応答解析に使用する解析コードは「RESP-F3T(株式会社構造計画研究所)」である。

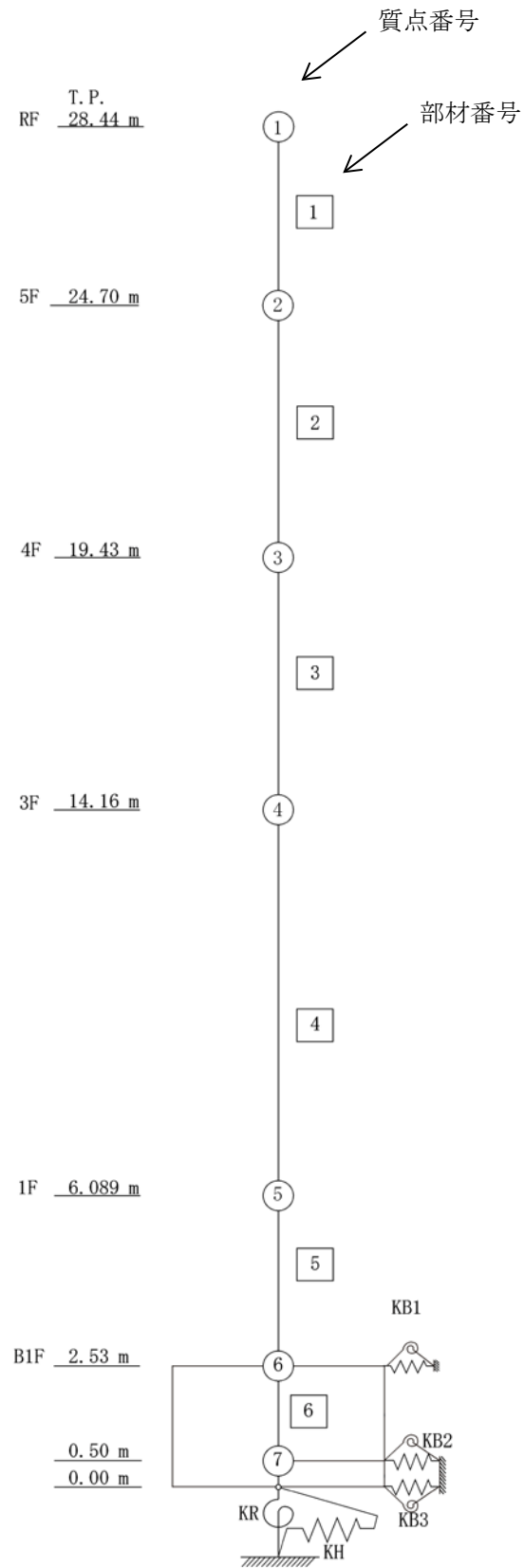


図 4-1 解析モデル (水平方向)

表 4-1 解析モデルの諸元 (NS 方向)

質点 番号	高さ T.P. (m)	重量 (kN)	回転慣性 重量 ($\times 10^2$ kN \cdot m ²)	部材 番号	せん断 断面積 (m ²)	断面二次 モーメント (m ⁴)
1	28.44	4154.6	4712	—		
				1	4.5	27
2	24.70	36046.5	40490	2	65.2	6290
				3	87.1	8730
3	19.43	51038.2	57700	4	212.5	22330
				5	212.5	20650
4	14.16	121100.8	137800	6	790.6	92910
				—		
5	6.089	79292.5	90780	—		
				—		
6	2.53	72321.2	81070	—		
				—		
7	0.50	31655.0	35390	—		
				—		

表 4-2 解析モデルの諸元(EW 方向)

質点 番号	高さ T.P. (m)	重量 (kN)	回転慣性 重量 ($\times 10^2$ kN \cdot m 2)	部材 番号	せん断 断面積 (m 2)	断面二次 モーメント (m 4)
1	28.44	4154.6	4328	—		
				1	5.5	79
2	24.70	36046.5	36830	2	39.9	3850
				3	93.2	6650
3	19.43	51038.2	52510	4	208.8	19550
				5	229.8	18020
4	14.16	121100.8	125500	6	830.9	92670
				—		
5	6.089	79292.5	82800	—		
				—		
6	2.53	72321.2	73670	—		
				—		
7	0.50	31655.0	32220	—		
				—		

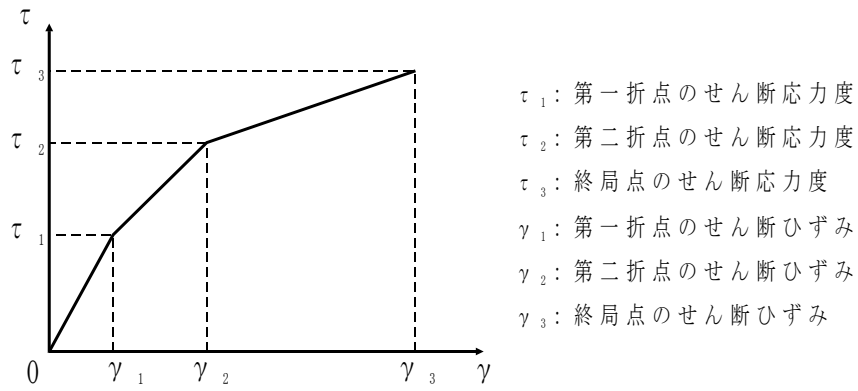


図 4-2 せん断のスケルトンカーブ (τ - γ 関係)

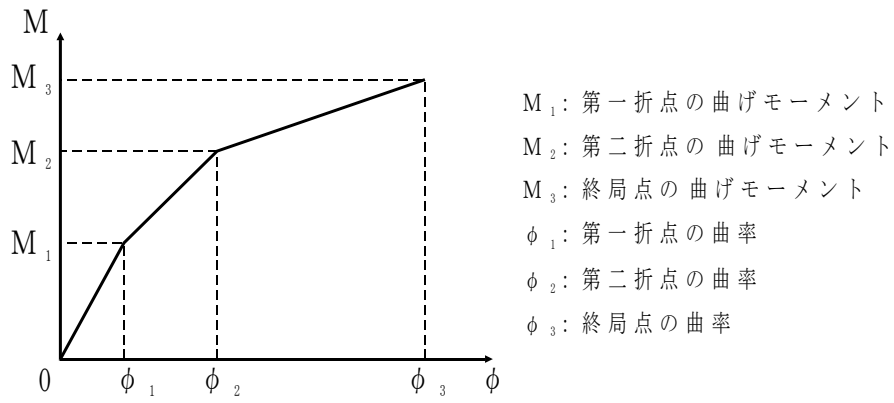


図 4-3 曲げのスケルトンカーブ (M - ϕ 関係)

表 4-3 せん断のスケルトンカーブ (τ - γ 関係, NS 方向)

部材 番号	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
1	1.57	0.175	2.12	0.525	4.15	4.00
2	1.57	0.175	2.12	0.526	4.63	4.00
3	1.65	0.184	2.23	0.551	4.83	4.00
4	1.66	0.185	2.24	0.554	4.25	4.00
5	1.72	0.192	2.33	0.576	4.27	4.00

表 4-4 曲げのスケルトンカーブ (M- ϕ 関係, NS 方向)

部材 番号	M ₁ ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_1 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₂ ($\times 10^6$ kN \cdot m)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₃ ($\times 10^6$ kN \cdot m)	ϕ_3 ($\times 10^{-3}$ 1/m)
1	0.165	2.83	0.0401	26.3	0.0610	5.27
2	8.54	0.630	1.64	6.21	2.48	1.24
3	12.9	0.683	2.93	6.62	4.45	1.18
4	33.2	0.689	6.95	6.41	10.4	1.22
5	32.8	0.736	7.48	6.55	10.6	1.02

表 4-5 せん断のスケルトンカーブ (τ - γ 関係, EW 方向)

部材 番号	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
1	1.57	0.175	2.12	0.525	4.55	4.00
2	1.57	0.175	2.12	0.526	4.70	4.00
3	1.65	0.184	2.23	0.551	5.01	4.00
4	1.66	0.185	2.24	0.554	4.27	4.00
5	1.72	0.192	2.33	0.576	4.24	4.00

表 4-6 曲げのスケルトンカーブ (M- ϕ 関係, EW 方向)

部材 番号	M ₁ ($\times 10^5$ kN \cdot m)	ϕ_1 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₂ ($\times 10^6$ kN \cdot m)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}$ 1/m)	M ₃ ($\times 10^6$ kN \cdot m)	ϕ_3 ($\times 10^{-3}$ 1/m)
1	0.321	1.89	0.0742	17.0	0.107	3.41
2	5.53	0.667	1.31	6.76	1.91	1.35
3	10.4	0.724	2.84	7.43	5.01	0.931
4	30.7	0.730	6.42	6.85	9.47	1.29
5	30.3	0.780	7.01	7.06	9.99	1.05

表 4-7 地盤ばね定数及び減衰係数(NS 方向, Sd-D)

地震動	地盤ばね			ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分	記号		
Sd-D	側面	水平	KB1	4.317×10^6	5.012×10^5
			KB2	2.197×10^6	2.551×10^5
			KB3	4.343×10^5	5.042×10^4
		回転	KB1	1.276×10^9	4.451×10^7
			KB2	6.496×10^8	2.266×10^7
			KB3	1.284×10^8	4.478×10^6
	底面	水平	KH	4.266×10^7	1.056×10^6
		回転	KR	1.753×10^{10}	1.167×10^8

表 4-8 地盤ばね定数及び減衰係数(EW 方向, Sd-D)

地震動	地盤ばね			ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分	記号		
Sd-D	側面	水平	KB1	4.317×10^6	5.012×10^5
			KB2	2.197×10^6	2.551×10^5
			KB3	4.343×10^5	5.042×10^4
		回転	KB1	1.276×10^9	4.439×10^7
			KB2	6.496×10^8	2.260×10^7
			KB3	1.284×10^8	4.466×10^6
	底面	水平	KH	4.284×10^7	1.066×10^6
		回転	KR	1.638×10^{10}	1.030×10^8

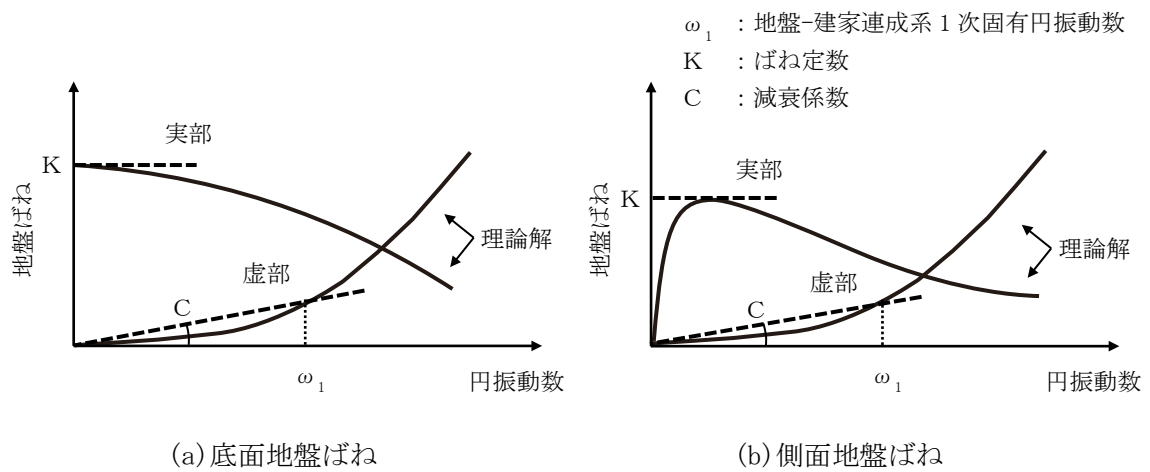


図 4-4 地盤ばね定数及び減衰係数の設定方法の概要

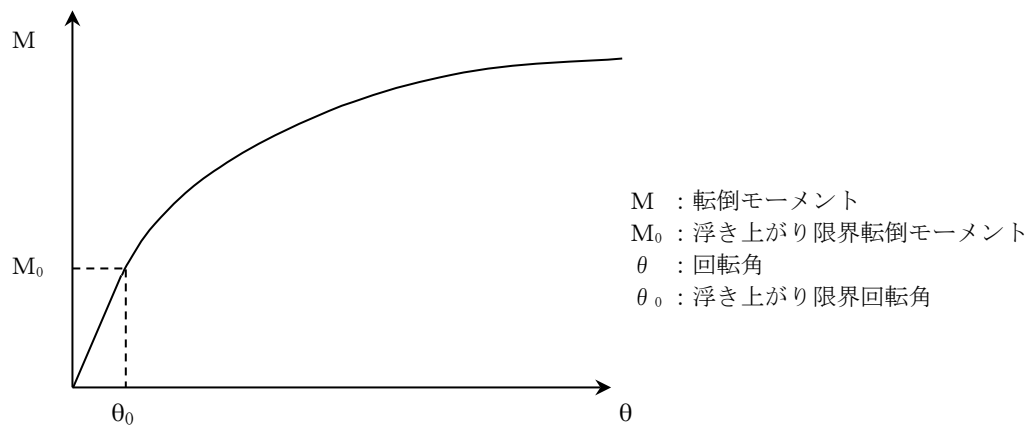


図 4-5 底面地盤回転ばねの非線形特性(転倒モーメント-回転角関係)

4.2 鉛直方向の解析モデル

鉛直方向の解析モデルは、建家と地盤の相互作用を考慮した多質点系モデルとする。建家部分は質点を鉛直方向のばねで連結しモデル化する。なお、建家の埋め込み部分は考慮しないモデルとする。

鉛直方向の解析モデルを図 4-6 に、解析モデルの諸元を表 4-9 に示す。

解析モデルの諸元は、既往の設計及び工事の方法の認可「再処理施設に関する設計及び工事の方法(その 25)」の構造図に基づき設定する。

基礎下の底面地盤ばねは、JEAG4601-1991 追補版に基づき、振動アドミッタンス理論により算定する。底面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「ADMITK(株式会社構造計画研究所)」である。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 4-10 に示す。

建家の減衰はモード減衰として与え、各次のモード減衰定数は建家各部のひずみエネルギーに比例した値として算出する。建家の減衰定数は 3 % (鉄筋コンクリート部分)とする。

建家の地震応答解析に使用する解析コードは「RESP-F3T(株式会社構造計画研究所)」である。

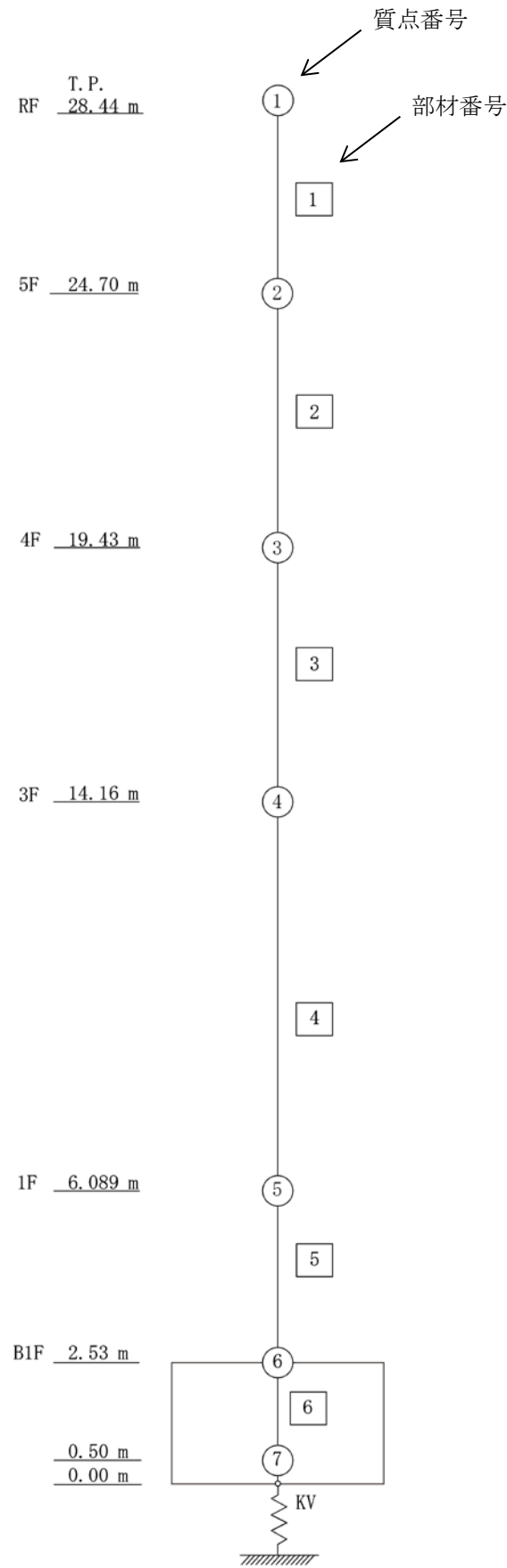


図 4-6 解析モデル(鉛直方向)

表 4-9 解析モデルの諸元(鉛直方向)

質点 番号	高さ T. P. (m)	重量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m ²)
1	28.44	4154.6	—	
			1	11.9
2	24.70	36046.5	2	114.2
			3	172.8
3	19.43	51038.2	4	387.8
			5	415.4
4	14.16	121100.8	6	1130.9
			—	
5	6.089	79292.5		
6	2.53	72321.2		
7	0.50	31655.0		

表 4-10 地盤ばね定数及び減衰係数(鉛直方向, Sd-D)

地震動	地盤ばね			ばね定数 K (kN/m)	減衰係数 C (kN・s/m)
	位置	成分	記号		
Sd-D	底面	鉛直	KV	6.408×10^7	2.339×10^6

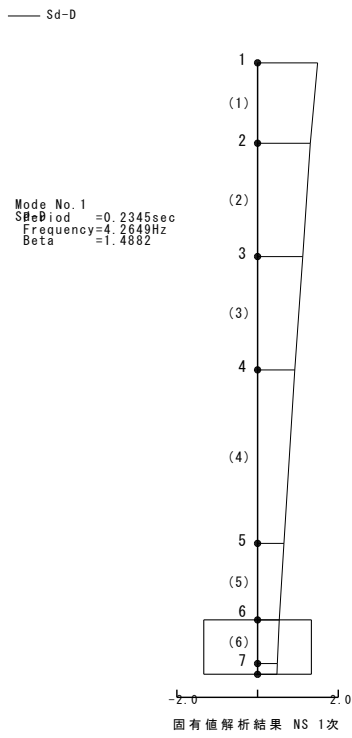
5. 解析結果

5.1 固有値解析結果

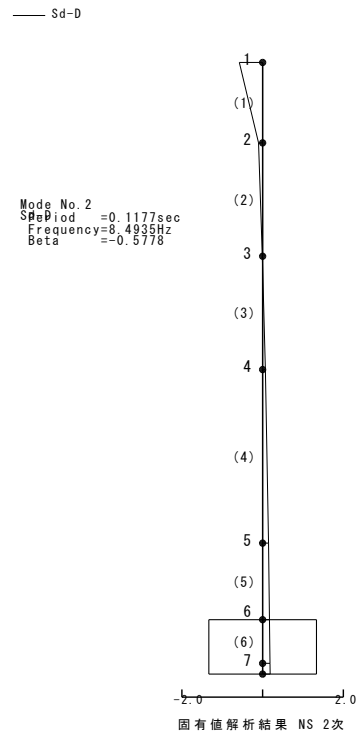
解析モデルの固有値解析結果を表 5-1 に示す。Sd-D による刺激関数を図 5-1 から図 5-6 に示す。

表 5-1 固有値解析結果(Sd-D)

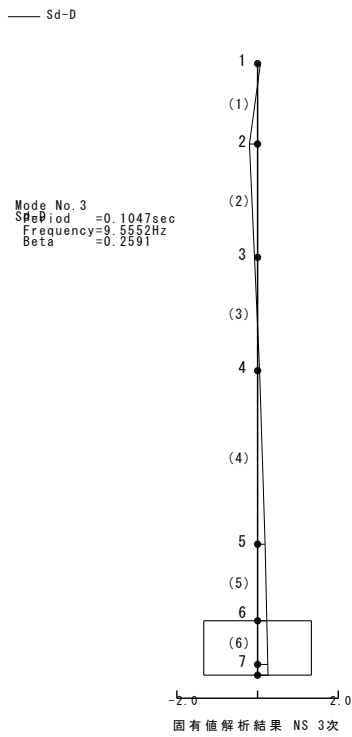
方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備考
NS	1	0.234	4.26	1.488	全体1次
	2	0.118	8.49	-0.578	
	3	0.105	9.56	0.259	
	4	0.049	20.45	-0.039	
	5	0.041	24.13	0.127	
	6	0.037	26.84	-0.062	
	7	0.030	33.85	0.013	
EW	1	0.237	4.22	1.495	全体1次
	2	0.111	9.01	-0.593	
	3	0.065	15.50	0.094	
	4	0.052	19.27	0.011	
	5	0.043	23.40	0.042	
	6	0.034	29.31	0.039	
	7	0.031	32.32	-0.050	
UD	1	0.161	6.21	1.058	全体1次
	2	0.027	36.37	-0.089	
	3	0.017	58.07	0.053	
	4	0.014	69.69	-0.024	
	5	0.011	91.54	0.002	
	6	0.008	126.61	-0.006	
	7	0.003	372.00	0.002	



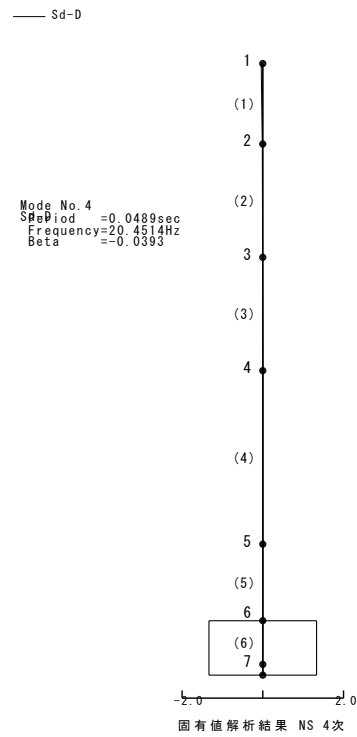
(1次)



(2次)

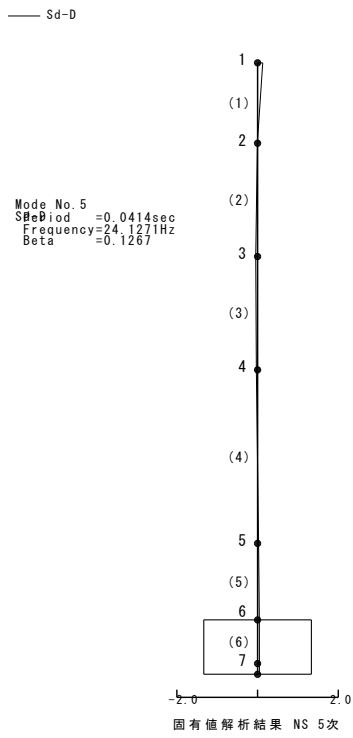


(3次)

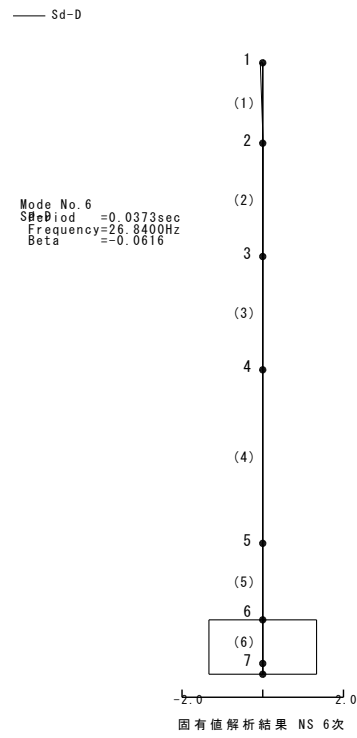


(4次)

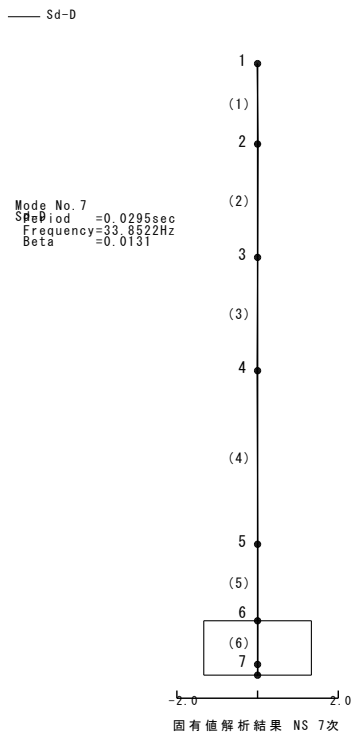
図 5-1 刺激関数(NS 方向, Sd-D, 1~4 次)



(5 次)

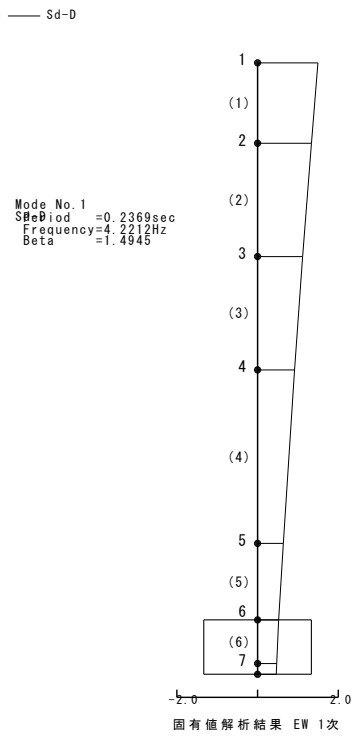


(6 次)

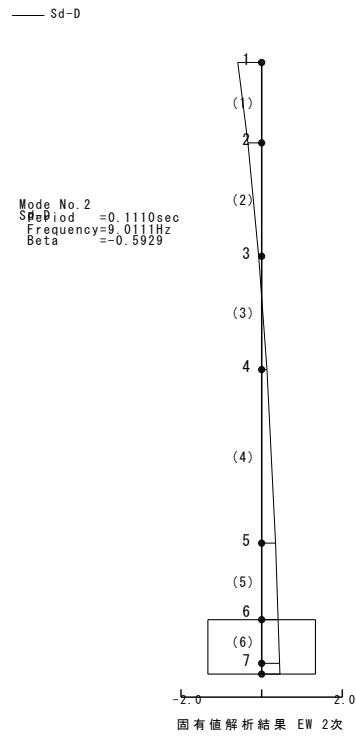


(7 次)

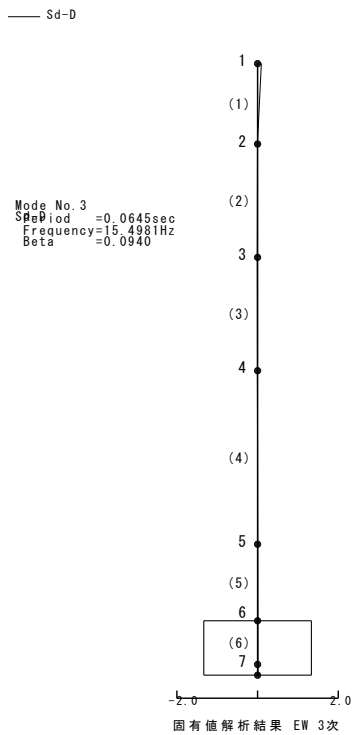
図 5-2 刺激関数(NS 方向, Sd-D, 5~7 次)



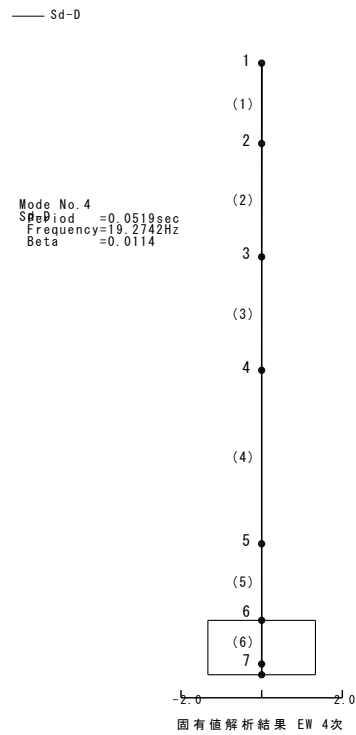
(1次)



(2次)

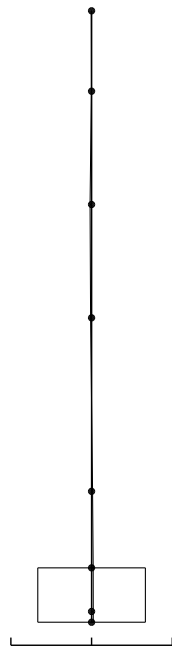


(3次)

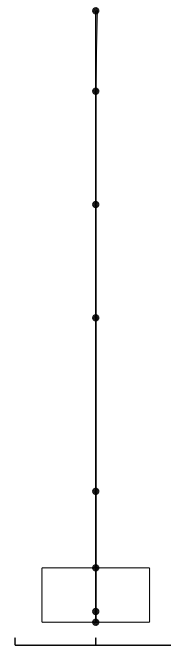


(4次)

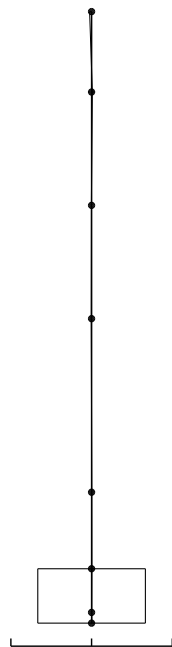
図 5-3 刺激関数(EW 方向, Sd-D, 1~4 次)



(5 次)

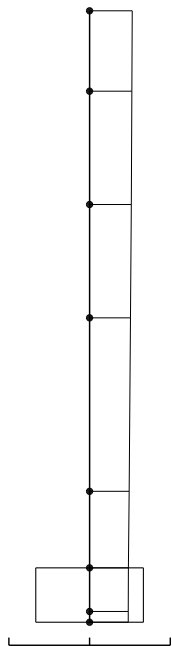


(6 次)

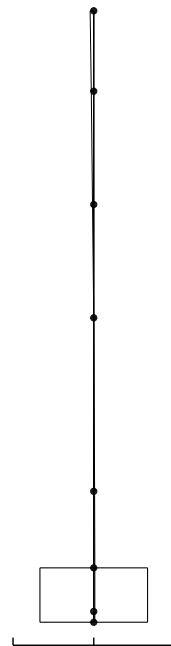


(7 次)

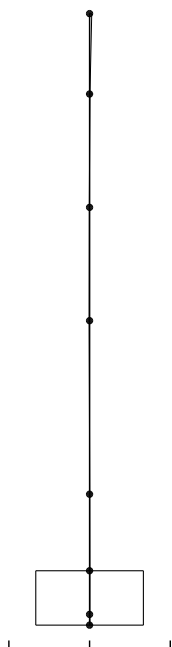
図 5-4 刺激関数(EW 方向, Sd-D, 5~7 次)



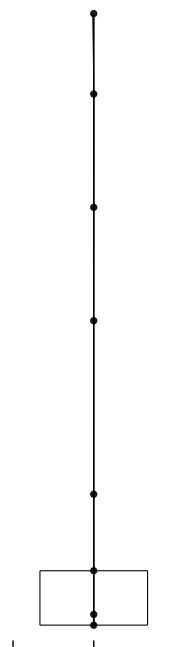
(1 次)



(2 次)

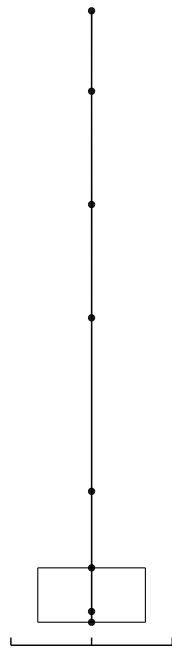


(3 次)

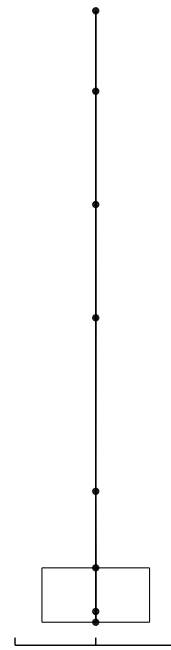


(4 次)

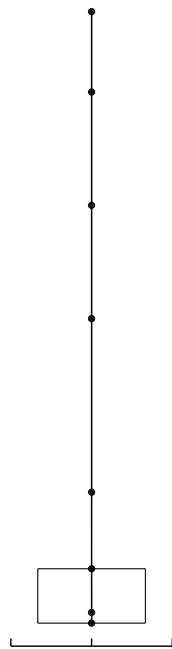
図 5-5 刺激関数(UD 方向, Sd-D, 1~4 次)



(5 次)



(6 次)

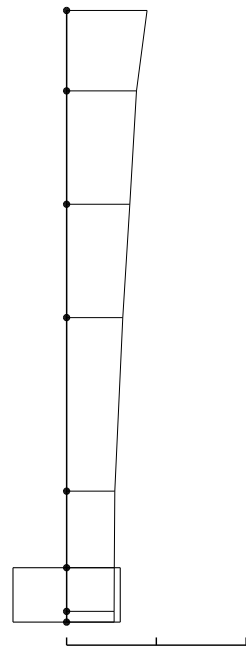


(7 次)

図 5-6 刺激関数(UD 方向, Sd-D, 5~7 次)

5.2 地震応答解析結果

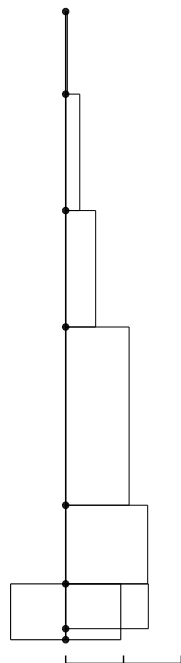
Sd-D による水平方向の最大応答加速度，最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントを図 5-7 から図 5-12 に，鉛直方向の最大応答加速度及び最大応答軸力を図 5-13 及び図 5-14 に示す。また，耐震壁のせん断のスケルトンカーブ上の最大応答値は，図 5-15 及び図 5-16 に示すとおり，弾性範囲内にある。



単位: cm/s^2

質点	Sd-D
1	672
2	584
3	528
4	470
5	403
6	398
7	397

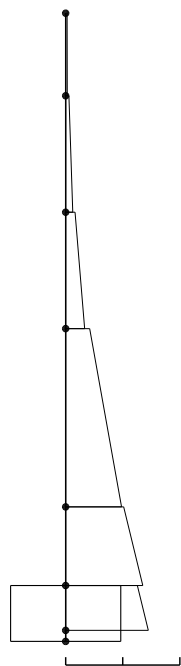
図 5-7 最大応答加速度 (Sd-D, NS 方向)



単位: $\times 10^4 \text{ kN}$

部材	Sd-D
1	0.29
2	2.43
3	5.18
4	10.96
5	14.18
6	14.29

図 5-8 最大応答せん断力 (Sd-D, NS 方向)



単位： $\times 10^4$ kN \cdot m

部材	Sd-D
1	3.7
	4.1
2	8.5
	18.7
3	24.7
	49.9
4	63.0
	146.9
5	152.4
	202.6
6	188.3
	217.1

※底面地盤ばね KR の最大応答曲げモーメント：

213.6 ($\times 10^4$ kN \cdot m)

図 5-9 最大応答曲げモーメント (Sd-D, NS 方向)

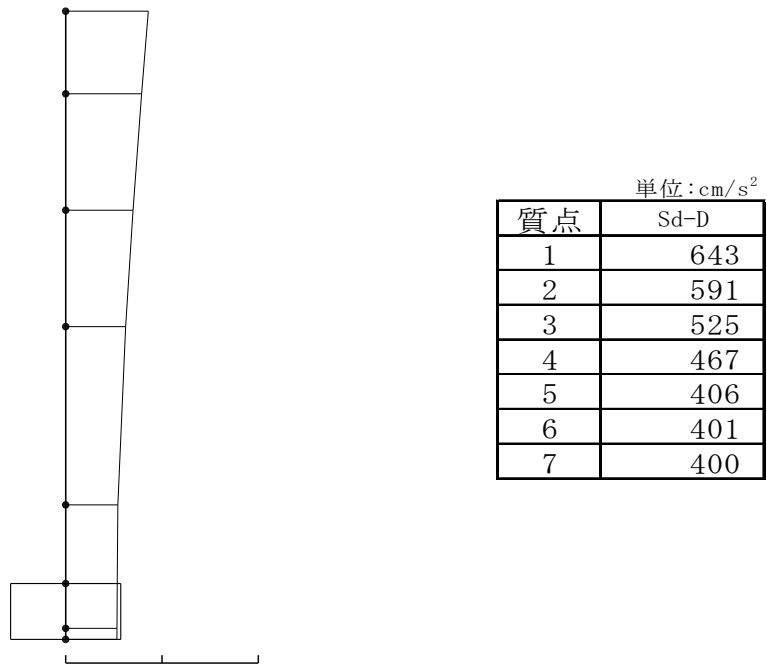


図 5-10 最大応答加速度 (Sd-D, EW 方向)

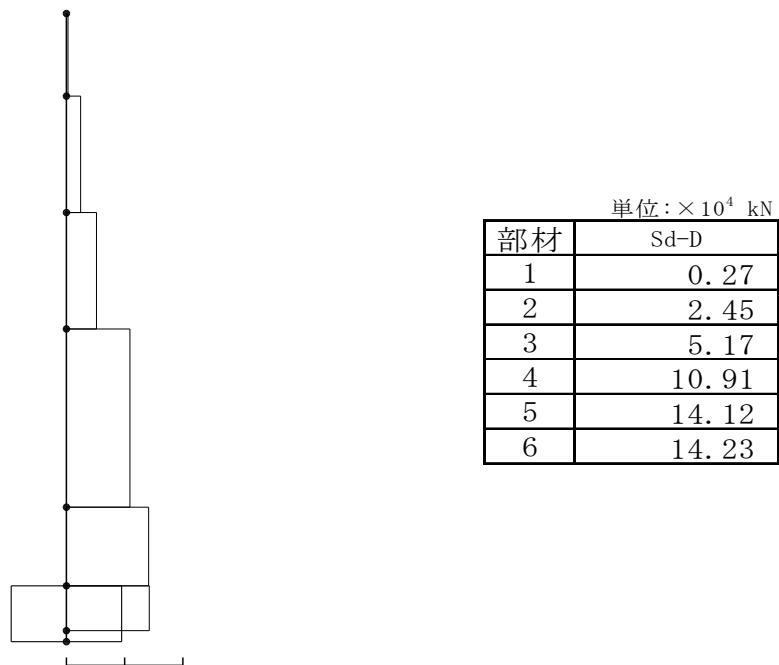
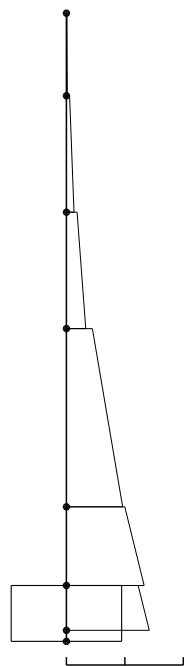


図 5-11 最大応答せん断力 (Sd-D, EW 方向)



単位： $\times 10^4$ kN・m

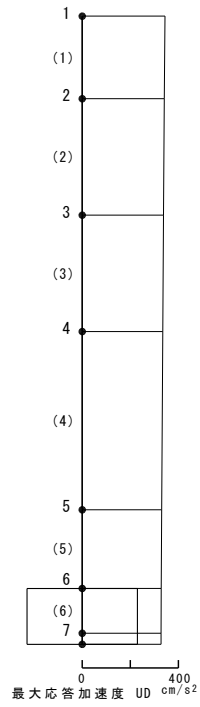
部材	Sd-D
1	1.3
	2.3
2	8.1
	19.4
3	27.4
	49.6
4	66.6
	144.4
5	149.9
	199.5
6	184.0
	212.7

※底面地盤ばね KR の最大応答曲げモーメント：

$208.6 (\times 10^4 \text{ kN} \cdot \text{m})$

図 5-12 最大応答曲げモーメント (Sd-D, EW 方向)

— Sd-D

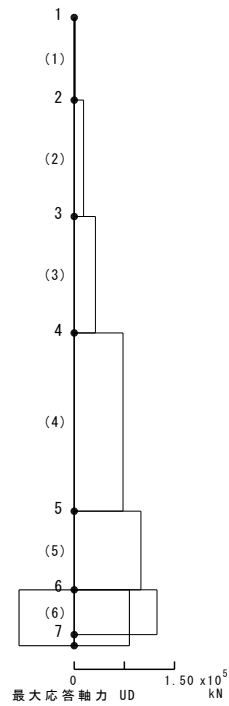


単位: cm/s^2

質点	Sd-D
1	344
2	341
3	338
4	335
5	331
6	328
7	328

図 5-13 最大応答加速度 (Sd-D, UD 方向)

— Sd-D



単位: $\times 10^2 \text{ kN}$

部材	Sd-D
1	14.63 14.63
2	140.34 140.34
3	316.70 316.70
4	730.56 730.56
5	997.40 997.40
6	1,238.31 1,238.31

※底面地盤ばね KV の最大応答軸力:

$1011.91 (\times 10^2 \text{ kN})$

図 5-14 最大応答軸力 (Sd-D, UD 方向)

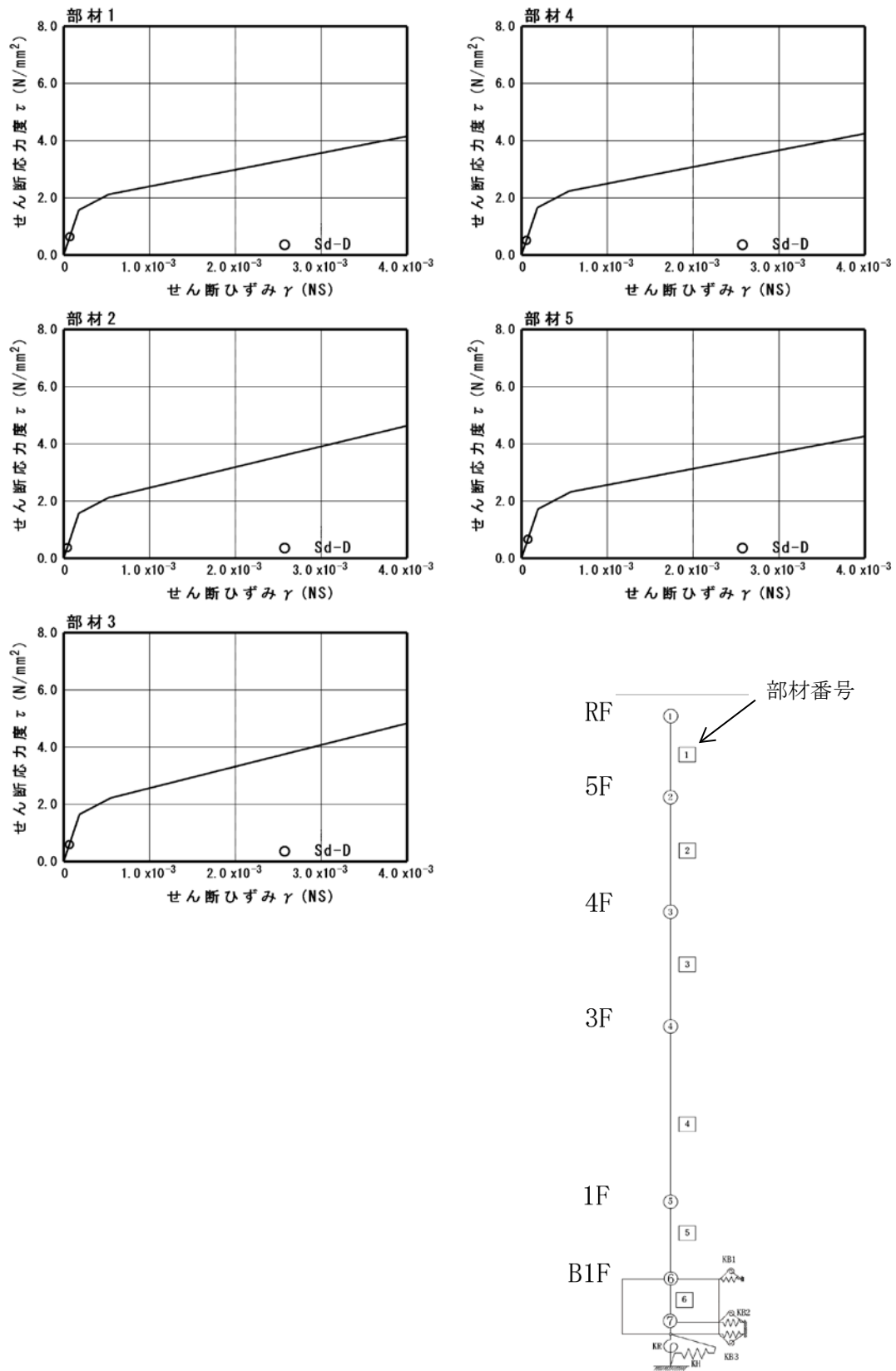


図 5-15 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(NS 方向, Sd-D)

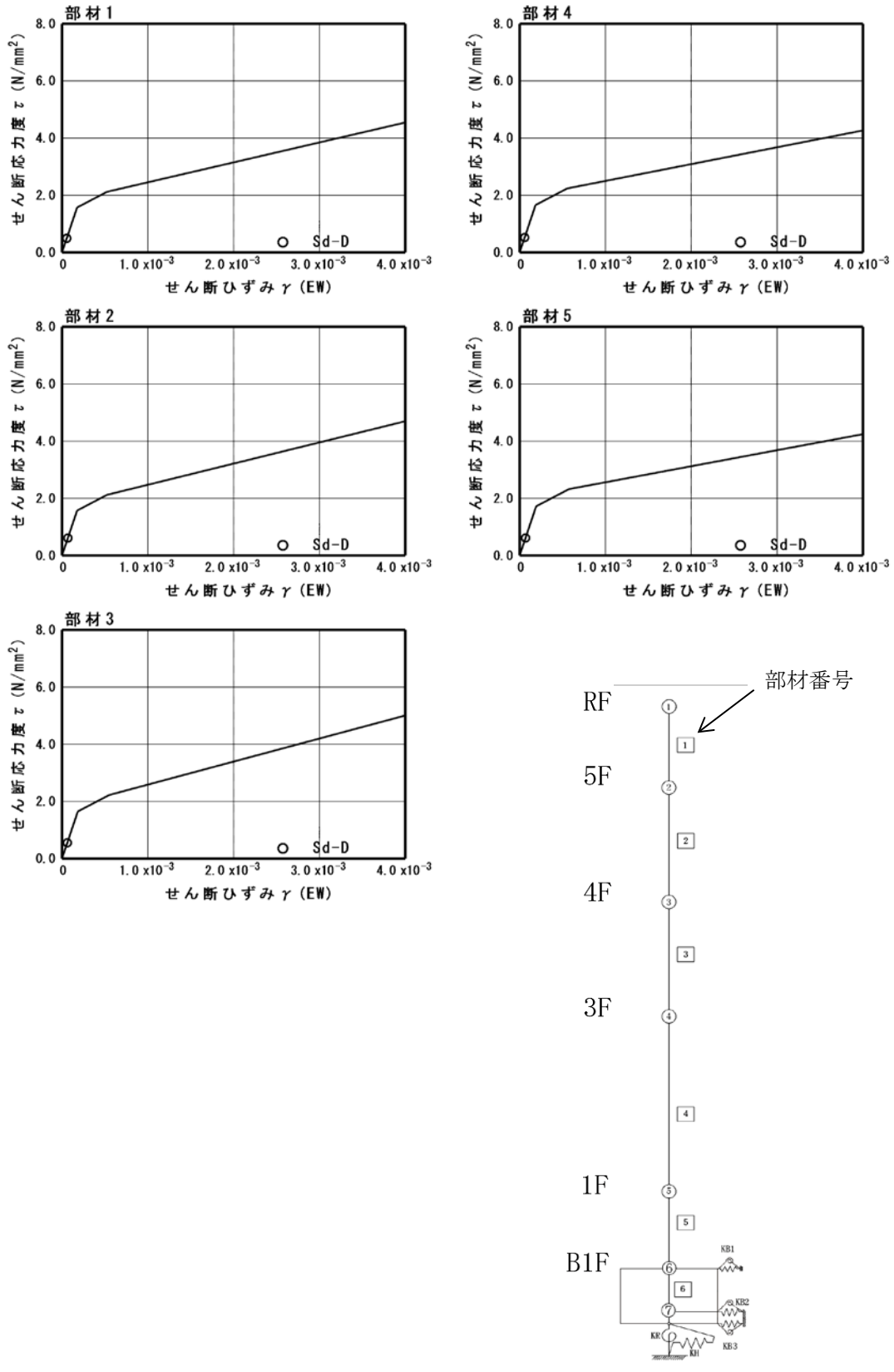


図 5-16 せん断のスケルトンカーブ上の最大応答値(EW 方向, Sd-D)

6. 基礎浮き上がりの検討

最小接地率は、建家重量に津波による浸水により生じる浮力を考慮して算定する。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	1.71	2.14	81.8

(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	1.63	2.09	79.6

7. 評価結果

高放射性廃液貯蔵場(HAW)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 6-1-3-2「Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」及び「Ⅲ-2 設計津波に対する浸水防止設備（浸水防止扉）の強度評価」における余震荷重として用いる。

Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価

1. 概要

本資料は、別添 6-1-3-2 「I 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の津波防護に関する施設の設計方針」に基づき、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、高放射性廃液貯蔵場（HAW）が構造強度・止水性を保持することを説明するものである。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）が建家であることから「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」※（以下「津波避難ビル等の指針」という。）に基づき強度評価を行う。

津波避難ビル等の指針に基づき、許容限界は終局耐力を基本とする。なお、建家外壁については、要求性能が止水性の確保であること及び津波後の再使用性を考慮し、許容限界を終局耐力から短期許容応力に読み替えて評価を行う。

※「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」－2011年11月17日「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について（技術的助言）」（国住指第2570号）の別添

2. 一般事項

2.1 位置

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の位置を図 2-1 に示す。

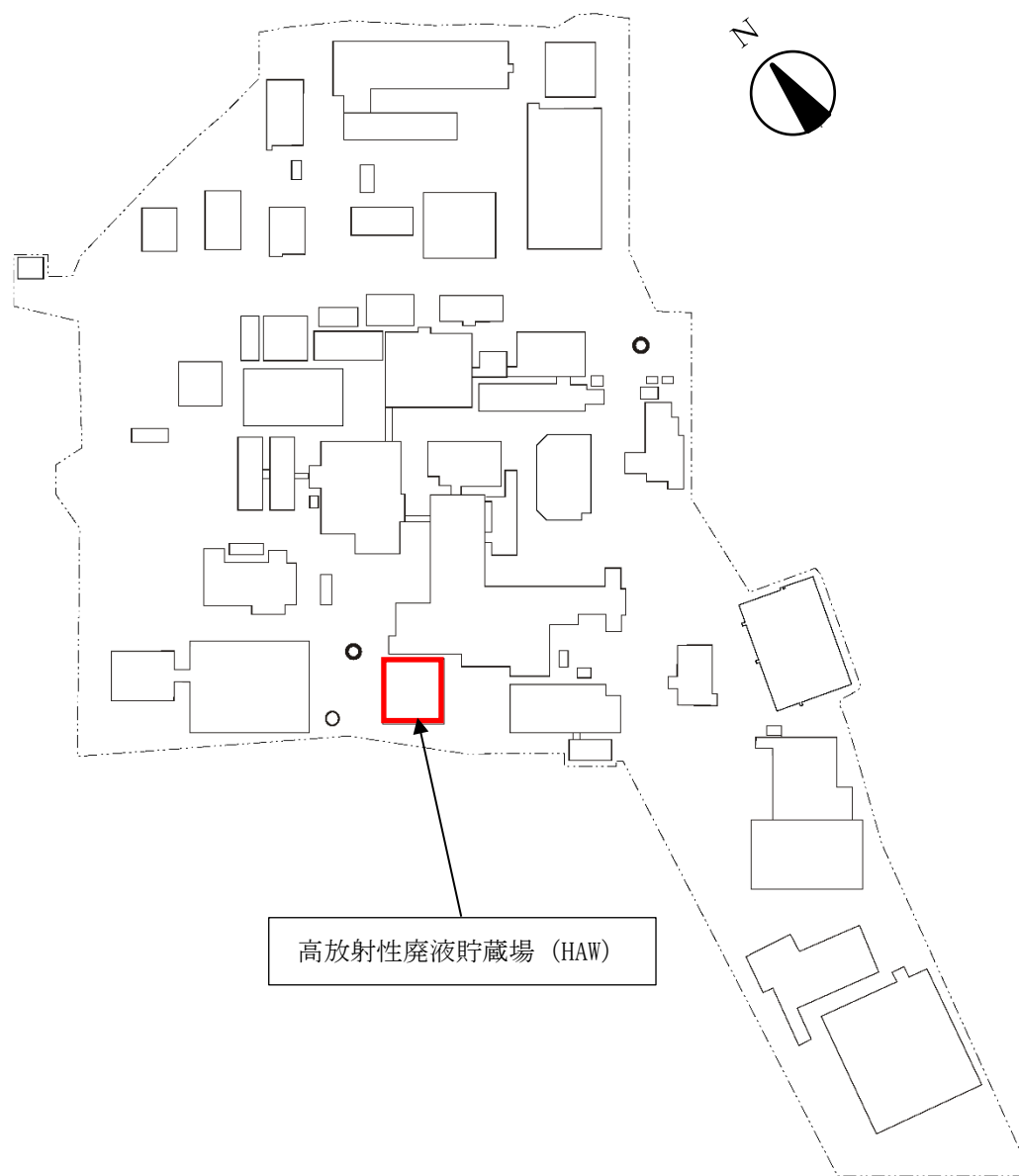


図 2-1 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の位置

2.2 構造概要

高放射性廃液貯蔵場（HAW）は、平面形状が [] のほぼ正方形を成しており、地上高さ [] の鉄筋コンクリート造の建家である。基礎は、べた基礎とし、基礎地盤である久米層（砂質泥岩）に設置されている。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）周辺において、地盤による拘束効果を高めるため、基礎地盤の深さまで地盤改良を実施する。

建家の代表的な平面図及び断面図を図 2-2 から図 2-5 に示す。

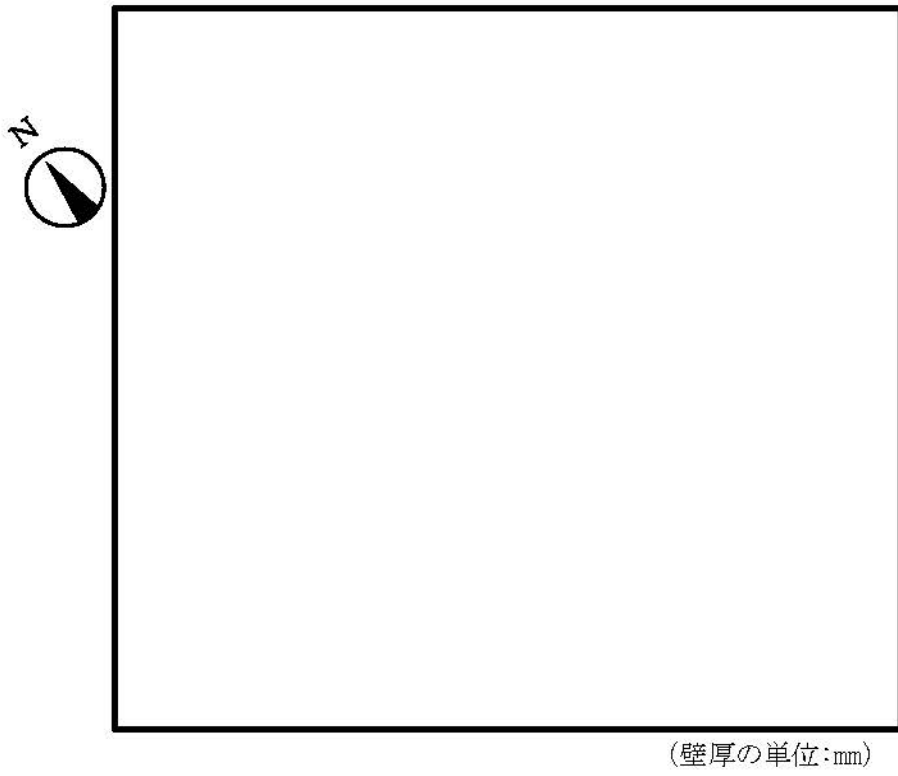


図 2-2 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 平面図 (地下1階)

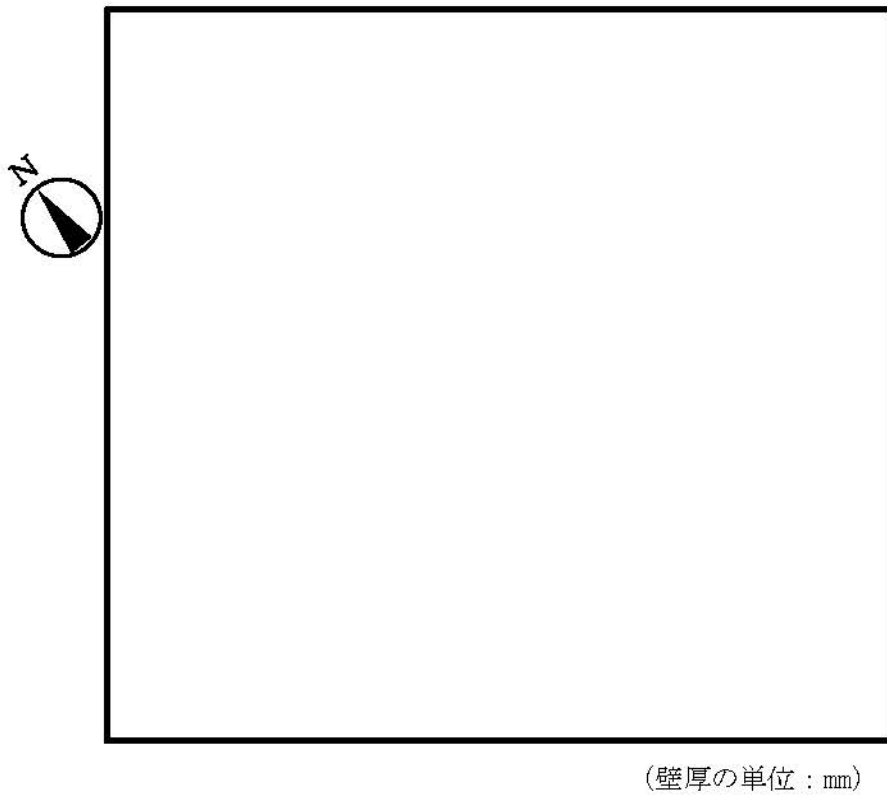


図 2-3 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 平面図 (1階)

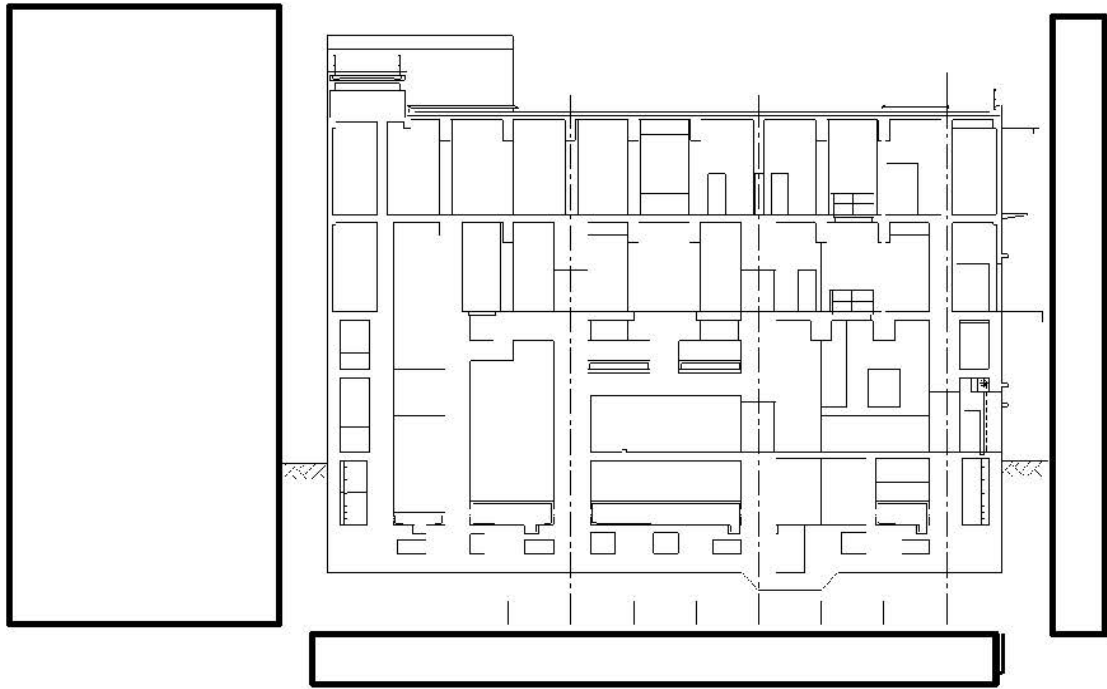


图 2-4 高放射性废液貯藏場 (HAW) 断面図 (NS 断面)

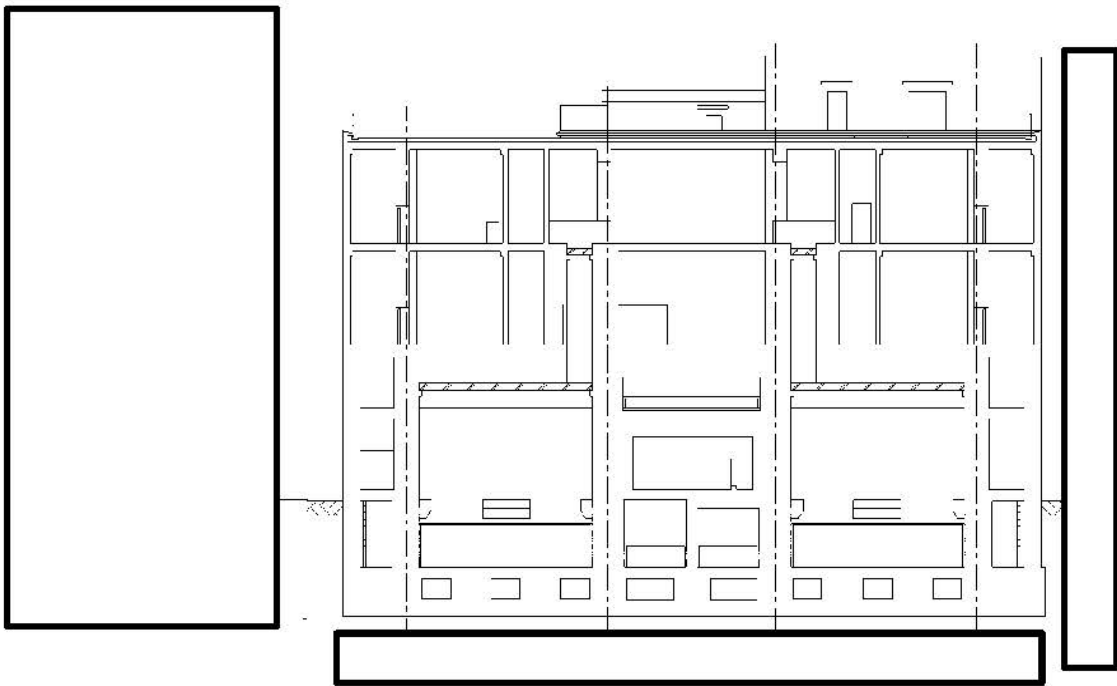


图 2-5 高放射性废液貯藏場 (HAW) 断面図 (EW 断面)

2.3 評価方針

評価に当たっては「津波避難ビル等の指針」に基づき、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の建家及び基礎地盤が設計津波による津波荷重等を考慮した荷重に対して構造強度を有することを確認する。

また、別添 6-1-3-2 「I 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の津波防護に関する施設の設計方針」に基づき、建家外壁が止水性を損なわないことを確認する。

評価項目を表 2-1 に示す。

表 2-1 評価項目

評価方針	評価項目	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	建家の健全性 (保有水平耐力)	各階の層せん断力が、 各階の許容限界以下であることを確認	保有水平 耐力
	基礎地盤の支持性能 (接地圧)	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限 支持力度
止水性を損なわないこと	部材の健全性 (建家外壁)	発生応力（曲げモーメント、 せん断）が許容限界以下であることを確認	短期 許容応力

2.4 適用基準

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の強度評価において、適用する基準等を以下に示す。

- (1) 東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（2011年11月17日「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について（技術的助言）」（国住指第2570号）の別添）
- (2) 津波避難ビル等の構造上の要件の解説（国総研資料 第673号，平成24年）
- (3) 建築基準法・同施行令
- (4) 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書（建築行政情報センター・日本建築防災協会編集，2015年）
- (5) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2018年）
- (6) 建築物荷重指針・同解説（日本建築学会，2015年）
- (7) 道路橋示方書・同解説 I 共通編，V 耐震設計編（日本道路協会，2017年）

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の強度評価の計算に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の強度評価計算に用いる記号（1/3）

記号	定義
h	波力算定用津波高さ：G. L. +6.1 m (T. P. +12.1 m)
α	水深係数
h'	浮力算定用津波高さ：G. L. +7.6 m (T. P. +13.6 m)
α_{SR}	最大応答水平加速度
P	漂流物衝突荷重
W_1	漂流物重量
V_1	流速
Qu	保有水平耐力
H	層せん断力を算定する対象階の下端の高さ
σ_u	極限支持力度
Ma	建家外壁の短期許容曲げモーメント
a_t	既存断面の引張鉄筋断面積
f_t	引張鉄筋の短期許容引張応力度
j	応力中心間距離 (7/8d)
d	部材の有効せい
T	鉄筋コンクリート外壁の壁厚
d_t	引張縁から引張鉄筋重心までの距離
Q_{AS}	建家外壁の短期許容せん断力
b	壁幅
f_s	コンクリートの短期許容せん断応力度
wf_t	せん断補強筋の短期許容引張応力度
p_w	せん断補強筋比
α'	せん断スパン比 $M/(Q \cdot d)$ による割増係数
M	建家外壁に生じる曲げモーメント
Q	建家外壁に生じるせん断力
Q_T	各荷重の組合せによる層せん断力
E	余震による層せん断力

表 3-1 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の強度評価計算に用いる記号 (2/3)

記号	定義
$P(z)$	水深 z における地震時動水圧
z	水面からの浸水深
ρ_o	海水の単位体積重量
k_h	水平震度
k	荷重増分係数
R	波力による層せん断力
h_T	水深係数 (α) \times 波力算定用津波高さ (h)
x	G. L. ± 0 m からの高さ
$w(x)$	G. L. ± 0 m からの高さ x の位置での波圧
$B(x)$	G. L. ± 0 m からの高さ x の位置での受圧面の幅
σ	接地圧
B	建家幅
L	建家長さ
F	地反力
A	接地圧係数
e	偏心距離
Q_z	浮力
W_B	建家総重量
Pv'	浸水時の動水圧による集中荷重
Mv'	浸水時の動水圧による転倒モーメント
Mv	余震による転倒モーメント
F_u	最大応答軸力
h_g	G. L. ± 0 m から基礎底面までの距離
M_t	波力による転倒モーメント
P'	波力による集中荷重
w	波圧
M_t'	漂流物衝突荷重による転倒モーメント
H_B	建家全高
M_s	三角形分布荷重による曲げモーメント
M_e	等分布荷重による曲げモーメント

表 3-1 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の強度評価計算に用いる記号 (3/3)

記号	定義
l	壁高さ
h_1	G.L. ± 0 m から上階スラブ下端までの高さ
h_2	G.L. ± 0 m から対象階の床面上端までの高さ
h_3	h_2 から平方根分布荷重の重心位置までの高さ
P_1	平方根分布荷重の合力
Ms'	平方根分布荷重による曲げモーメント
Qs'	平方根分布荷重によるせん断力
Qs	三角形分布荷重によるせん断力
Qe	等分布荷重によるせん断力
Me'	余震による曲げモーメント
w_3	余震による等分布荷重
Qe'	余震によるせん断力
ρ	鉄筋コンクリートの単位体積重量
Mp	漂流物衝突荷重による曲げモーメント
Qp	漂流物衝突荷重によるせん断力
g	重力加速度
M_w	静水圧による曲げモーメント
Q_w	静水圧によるせん断力
M_w'	動水圧による曲げモーメント
Q_w'	動水圧によるせん断力
M_R	波力による曲げモーメント
Q_R	波力によるせん断力
W	動水圧による層せん断力

3.2 評価部位

(1) 保有水平耐力評価

保有水平耐力評価は、建家各階を評価対象とする。保有水平耐力評価の概念図を図 3-1 に示す。

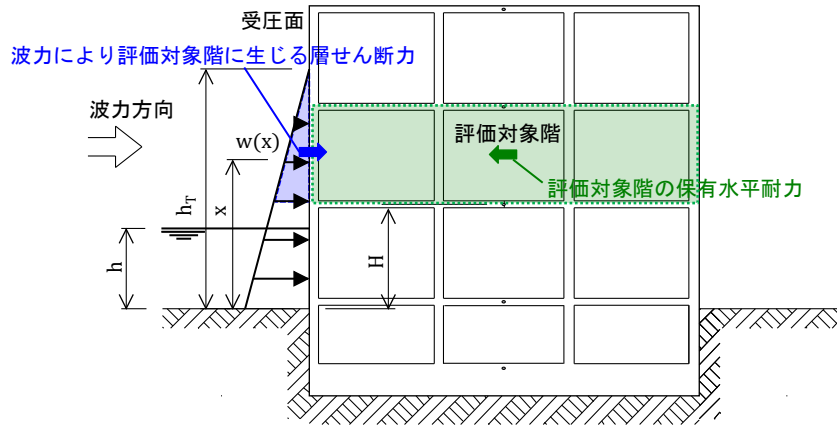


図 3-1 保有水平耐力評価の概念図

(2) 接地圧の評価

接地圧の評価は、建家を支持する基礎地盤を評価対象とする。接地圧の評価の概念図を図 3-2 に示す。

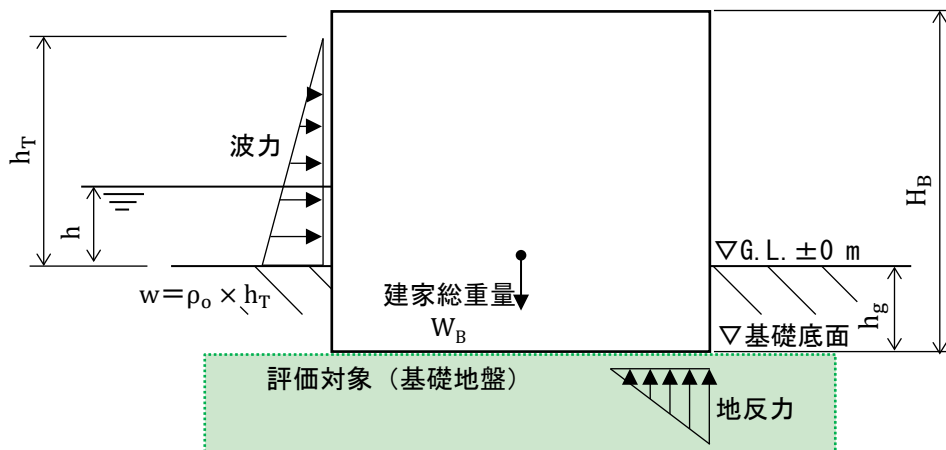


図 3-2 接地圧の評価の概念図

(3) 建家外壁の健全性評価

建家外壁の健全性評価は、図 3-3 に示す波力算定用津波高さ G.L. +6.1 m (T.P. +12.1 m) 以下の外壁を評価対象とする。

高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の外壁は、地下階から地上 2 階まで同厚・同配筋で構成されており、波力は下階の方が大きいため、1 階の無開口壁 (A-1) を評価対象とする。また、開口部の波力は開口部横の壁が負担するため、開口部横の壁 (B-1, B-2) を別途評価対象とする。

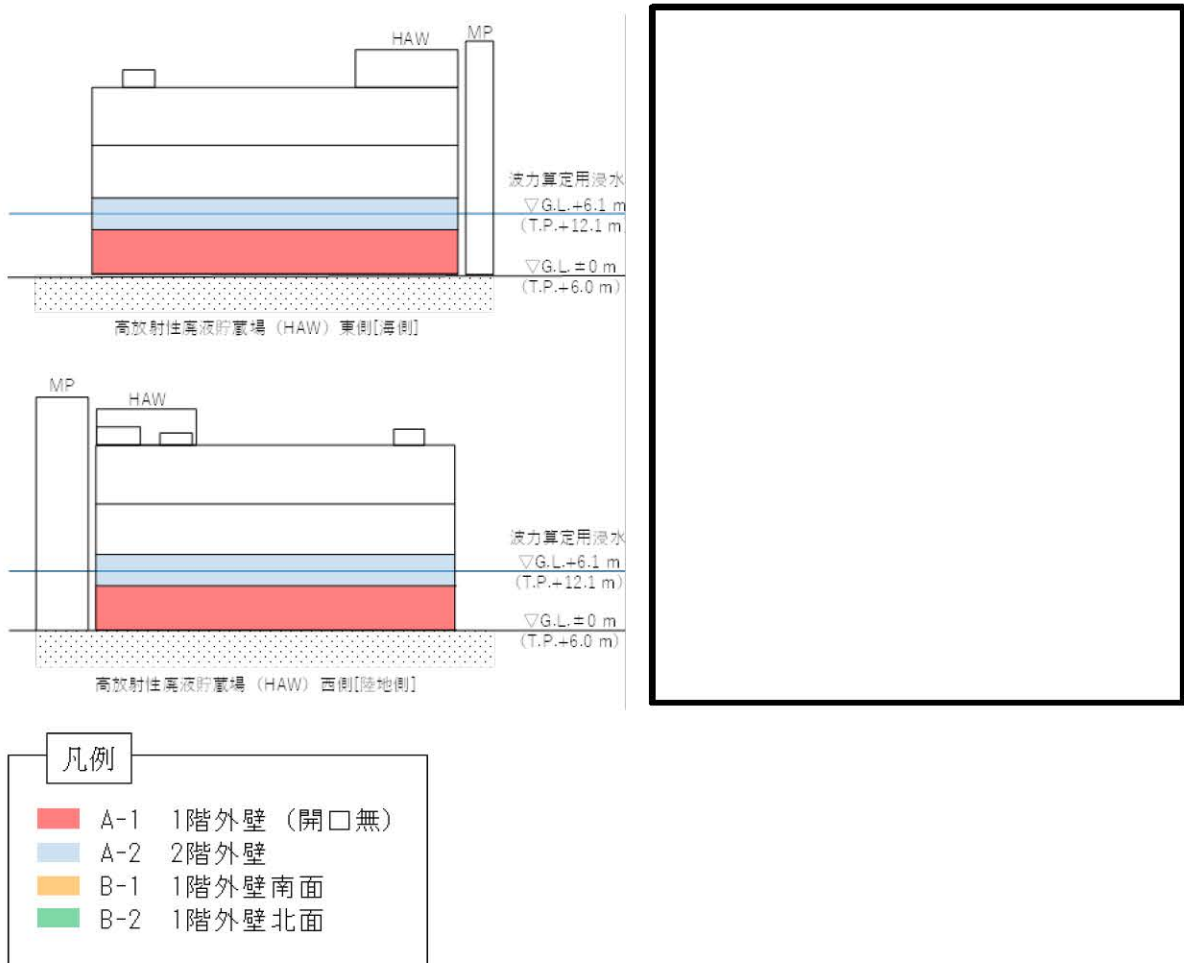


図 3-3 評価対象とする外壁

3.3 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重

① 津波による波力 (P_R)

津波による波力については、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の地表面から波力算定用津波高さ h^{*1} までの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数 $\alpha=3.0^{*2}$ を考慮する。

② 津波浸水時の浮力 (P_Q)

津波浸水時の浮力については、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) における基礎底面から浮力算定用津波高さ h^{*1} までの高さを考慮して算定する。

③ 津波浸水時の水圧 (P_W, P_W')

津波浸水時の水圧については、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) における地表面から浮力算定用津波高さ h^{*1} までの高さによる静水圧 (P_W) 及び動水圧 (余震時 (P_W')) を考慮する。

④ 余震による荷重 (P_E)

余震による荷重として、別添 6-1-3-2 「II 余震による地震応答解析」の応答値 (加速度, せん断力, 転倒モーメント, 最大応答軸力) による慣性力を考慮する。

⑤ 漂流物衝突荷重 (P_P)

津波漂流物防護柵をすり抜ける可能性がある漂流物として、防砂林 (0.55 t の流木) ^{*3} を想定する。流木は、津波漂流物防護柵への衝突等によりエネルギーを失った後に、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の建家外壁等に到達すると考えられる。このため、流木等が河川の橋脚に衝突する状況を想定した衝突力を評価する「道路橋示方書・同解説 I 共通編, V 耐震設計編」 (以下「道路橋示方書」という。) の算定式に基づく荷重を考慮する。

⑥ 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令 (昭和 25 年政令第 338 号) の規定に基づき組合せを考慮しない。

⑦ 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令 (昭和 25 年政令第 338 号) の規定に基づき特定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せは、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を参考として、津波到達時に生じる津波による波力と余震による荷重及び津波による波力と漂流物衝突荷重の同時作用を考慮する。上記2ケースに加えて、津波到達後、建家の周囲が浸水することから、浸水時の浮力と余震による荷重及び水圧の同時作用を考慮する。

表 3-2 に荷重の組合せ、表 3-3 に荷重算定条件を示す。

① ケース 1 (浮力+余震+水圧, $P_Q + P_E + P_W + P_W'$)

津波到達後、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の周囲が浸水した状況において、余震が発生することを想定する。外力として津波浸水時の浮力と静水圧、動水圧 (余震時) 及び余震による慣性力を同時に作用させる。静水圧 (P_W) は、建家両側から作用するため、保有水平耐力と接地圧の評価時は考慮しない。

② ケース 2 (波力+余震, $P_R + P_E$)

津波到達時に、余震が発生することを想定する。外力として津波による波力と余震による慣性力を同時に作用させる。地下水位による浮力を考慮する。

③ ケース 3 (波力+漂流物衝突荷重, $P_R + P_P$)

津波到達時に、漂流物が衝突することを想定する。外力として津波による波力と漂流物衝突荷重を同時に作用させる。地下水位による浮力を考慮する。

表 3-2 荷重の組合せ

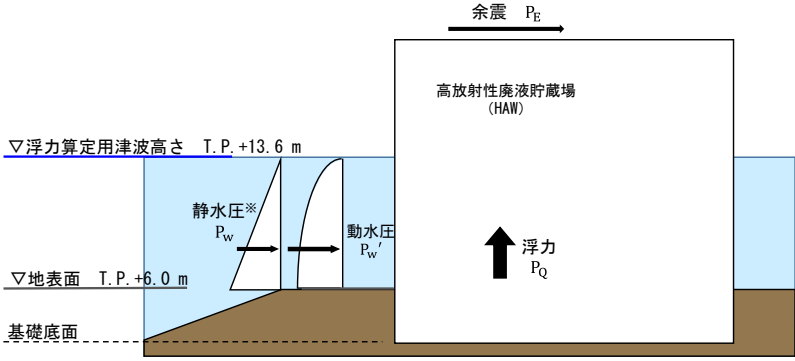
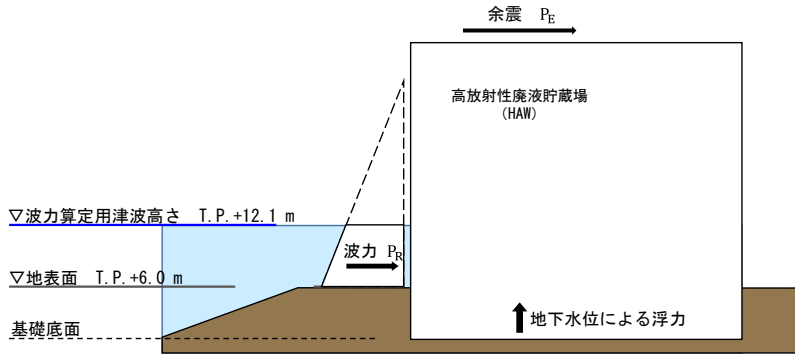
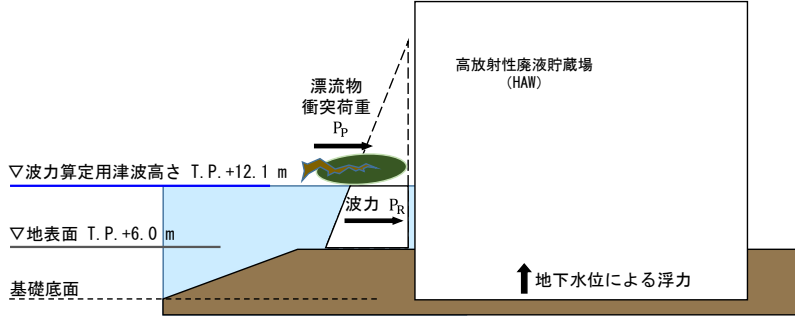
荷重の組合せ	
<p>ケース 1 (浮力+余震+水圧, $P_Q + P_E + P_w + P_w'$)</p> <p>津波到達後、建家周囲が浸水した状況において、余震が発生することを想定する。</p>	 <p>△浮力算定用津波高さ T.P. +13.6 m</p> <p>△地表面 T.P. +6.0 m</p> <p>基礎底面</p> <p>静水圧* P_w</p> <p>動水圧 P_w'</p> <p>余震 P_E</p> <p>高放射性廃液貯蔵場 (HAW)</p> <p>↑ 浮力 P_Q</p> <p>※静水圧は建家両側から作用するため、保有水平耐力と接地圧の評価時は考慮しない。</p>
<p>ケース 2 (波力+余震, $P_R + P_E$)</p> <p>津波到達時、余震が発生することを想定する。</p>	 <p>△波力算定用津波高さ T.P. +12.1 m</p> <p>△地表面 T.P. +6.0 m</p> <p>基礎底面</p> <p>波力 P_R</p> <p>余震 P_E</p> <p>高放射性廃液貯蔵場 (HAW)</p> <p>↑ 地下水位による浮力</p>
<p>ケース 3 (波力+漂流物衝突荷重, $P_R + P_P$)</p> <p>津波到達時、漂流物が衝突することを想定する。</p>	 <p>△波力算定用津波高さ T.P. +12.1 m</p> <p>△地表面 T.P. +6.0 m</p> <p>基礎底面</p> <p>漂流物衝突荷重 P_P</p> <p>波力 P_R</p> <p>高放射性廃液貯蔵場 (HAW)</p> <p>↑ 地下水位による浮力</p>

表 3-3 荷重算定条件

荷重の組合せ	評価項目	荷重算定条件
ケース 1 (浮力+余震+水圧, $P_Q + P_E + P_w + P_w'$)	建家の健全性 (保有水平耐力)	○浮力 浮力算定用津波高さ : T.P. +13.6 m ^{※1} 海水の単位体積重量 : 10.1 kN/m ³
	基礎地盤の支持性能 (接地圧)	○余震 (Sd-D) 水平加速度 (α_{SR}) : 5.0 m/s ^{2※4}
	部材の健全性 (建家外壁)	○水圧 浮力算定用津波高さ : T.P. +13.6 m ^{※1} 水平震度 (k_h) : 0.5 ^{※4}
ケース 2 (波力+余震, $P_R + P_E$)	建家の健全性 (保有水平耐力)	○波力 波力算定用津波高さ : T.P. +12.1 m ^{※1} 海水の単位体積重量 : 10.1 kN/m ³
	基礎地盤の支持性能 (接地圧)	○余震 (Sd-D) 水平加速度 (α_{SR}) : 5.0 m/s ^{2※4}
	部材の健全性 (建家外壁)	
ケース 3 (波力+漂流物衝突荷重, $P_R + P_p$)	建家の健全性 (保有水平耐力)	○波力 波力算定用津波高さ : T.P. +12.1 m ^{※1} 海水の単位体積重量 : 10.1 kN/m ³
	基礎地盤の支持性能 (接地圧)	○漂流物 代表漂流物 : 0.55 t の流木 ^{※3} 算定式 : 道路橋示方書
	部材の健全性 (建家外壁)	$P = 0.1 \times W_1 \times V_1 = 2.8 \text{ kN}$ W_1 : 流送物の重量 (漂流物重量) 5.4 kN V_1 : 表面流速 5.2 m/s ^{※1}

※1 別添 6-1-3-1 「Ⅲ 入力津波の設定」

浮力算定用津波高さ : 入力津波の最高水位

波力算定用津波高さ : 進行波による津波高さ

※2 津波避難ビル等の構造上の要件の解説 (国総研資料第 673 号, 平成 24 年)

※3 船舶や車両等の大型の漂流物に対しては, 津波漂流物防護柵の設置等の対策により捕捉し, 建家外壁への到達を防止する。流木や瓦礫等の比較的小型の漂流物は, 建家外壁に到達することを考慮する。別添 6-1-3-1 「Ⅴ 漂流可能性のある漂流物の選定 3.2 津波防護施設において考慮すべき代表漂流物」

※4 別添 6-1-3-2 「Ⅱ 余震による地震応答解析」

3.4 許容限界

(1) 使用材料

許容限界は「津波避難ビル等の指針」に基づき、終局耐力を基本とする。なお、建家外壁の許容限界については、要求機能が止水性の確保であること及び津波後の再使用性を考慮して短期許容応力とする。

強度評価に用いる使用材料は既往の設計及び工事の方法の認可「再処理施設に関する設計及び工事の方法（その25）」に基づき設定する。使用材料を表3-4に示す。

表 3-4 使用材料

使用材料	短期許容応力度
コンクリート 設計基準強度： $F_c 20.6 \text{ N/mm}^2$ ($F_c 210 \text{ kgf/cm}^2$)	せん断 1.03 N/mm^2
鉄筋 SD30 ($F = 3000 \text{ kgf/cm}^2$)	引張 295 N/mm^2

(2) 保有水平耐力

既往の「再処理施設に関する設計及び工事の方法（その25）」の保有水平耐力(Q_u)を表3-5に示す。

表 3-5 保有水平耐力

方向	高さ H (m)	階	保有水平耐力 Q_u (kN)
NS		5	7443
		4	142716
		3	203390
		1	433846
		B1	433846
		EW	
4	94624		
3	201605		
1	415871		
B1	415871		

(3) 接地圧の評価の極限支持力度

極限支持力度は、基礎地盤における平板載荷試験（「再処理施設に関する設計及び工事の方法（その 25）」）に基づき長期許容支持力度 80 tf/m^2 とし、「国土交通省告示第 1113 号：平成 13 年 7 月 2 日（最終改訂 平成 19 年 9 月 告示第 1232 号）」に基づき 3 倍して算定した。

極限支持力度（ σ_u ）を表 3-6 に示す。

表 3-6 極限支持力度

評価項目	極限支持力度 σ_u (kN/m ²)
接地圧	2350

(4) 建家外壁の短期許容応力

建家外壁の許容限界は「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づき算定する。

短期許容曲げモーメント (M_a) 及び短期許容せん断力 (Q_{AS}) の算定式を以下に示す。

$$M_a = a_t f_t j$$

- M_a : 短期許容曲げモーメント
- a_t : 既存断面の引張鉄筋断面積
- f_t : 引張鉄筋の短期許容引張応力度
- j : 応力中心間距離 ($7/8d$)
- d : 部材の有効せい

$$d = T - d_t$$

- T : 鉄筋コンクリート外壁の壁厚
- d_t : 引張縁から引張鉄筋重心までの距離

$$Q_{AS} = bj \left\{ \frac{2}{3} \alpha' f_s + 0.5_w f_t (p_w - 0.002) \right\}$$

ただし, $\alpha' = \left(\frac{4}{\frac{M}{Qd} + 1} \right)$ かつ $(1 \leq \alpha' \leq 2)$

- Q_{AS} : 短期許容せん断力
- b : 壁幅
- f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度
- wf_t : せん断補強筋の短期許容引張応力度
- p_w : せん断補強筋比
- α' : せん断スパン比 $M/(Q \cdot d)$ による割増係数
- M : 建家外壁に生じる曲げモーメント
- Q : 建家外壁に生じるせん断力

3.5 評価方法

(1) 保有水平耐力評価

各荷重の組合せによる層せん断力を算定し、既往の設計及び工事の方法の認可「再処理施設に関する設計及び工事の方法（その25）」に基づく保有水平耐力（ Q_u ）と比較する。

① ケース1（浮力+余震+水圧）

a. 余震による層せん断力

余震による層せん断力は、別添 6-1-3-2「Ⅱ 余震による地震応答解析」において算定した、各階の最大応答せん断力を用いる。

b. 動水圧による層せん断力

動水圧は道路橋示方書を参考として、ウエスタガードの補正式に基づいて算定する。水平震度 k_h は別添 6-1-3-2「Ⅱ 余震による地震応答解析」において算定した、浮力算定用津波高さ以下の最大応答加速度（質点4：470 cm/s^2 ）を保守的に0.5とする。

$$W = \int_0^{h'-H} P(z) dz \times B$$

$$P(z) = \frac{7}{8} \rho_0 k_h \sqrt{h' \cdot z}$$

W : 動水圧による層せん断力

P(z) : 水深zにおける地震時動水圧

ρ_0 : 海水の単位体積重量

k_h : 水平震度

h' : 浮力算定用津波高さ

H : 層せん断力を算定する下端の高さ

z : 水面からの浸水深

B : 建家幅（NS 評価時）

※ EW 評価時はL：建家長さを用いる。

② ケース2 (波力+余震)

余震による層せん断力は「①ケース1 (浮力+余震+水圧) a. 余震による層せん断力」と同様に用いる。

a. 波力による層せん断力

波力による層せん断力 (R) は、「津波避難ビル等の構造上の要件の解説 (国総研資料第673号, 平成24年)」により算定する。

算定の考え方を図3-4に示す。

$$R = \int_H^{h_T} w(x) \times B(x) dx$$

R : 波力による層せん断力

h_T : 水深係数 (α) × 波力算定用津波高さ (h)

H : 層せん断力を算定する対象階の下端の高さ
(地震応答解析モデルの質点高さに合わせる)

x : G. L. ±0 m からの高さ

w(x) : G. L. ±0 m からの高さxの位置での波圧

$$w(x) = \rho_o (h_T - x)$$

B(x) : G. L. ±0 m からの高さxの位置での受圧面の幅

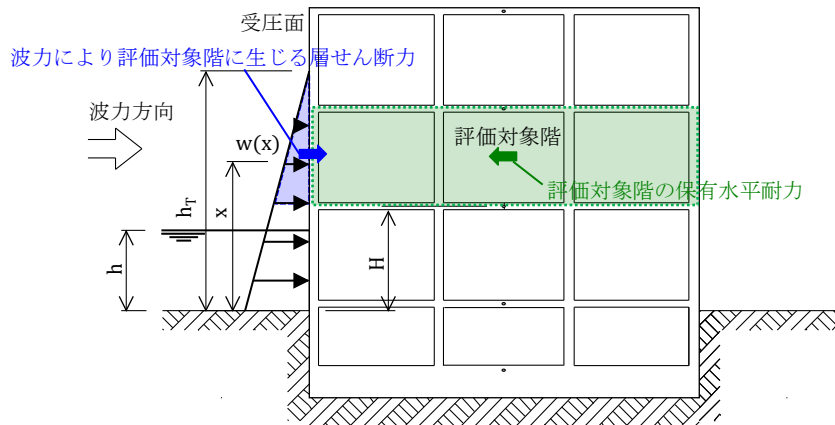


図 3-4 波力による層せん断力算定の考え方

③ ケース3（波力+漂流物衝突荷重）

波力による層せん断力は「②ケース2（波力+余震） a. 波力による層せん断力」と同様に算定する。

a. 漂流物衝突荷重による層せん断力

漂流物衝突荷重は、「道路橋示方書」により算定する。

$$P = 0.1 \times W_1 \times V_1$$

P : 漂流物衝突荷重

W_1 : 流送物の重量（漂流物重量）

V_1 : 表面流速

漂流物衝突荷重は、保守的に全ての階に作用させ、層せん断力を算定する。

(2) 接地圧の評価

接地圧の評価は、各荷重の組合せによる接地圧 (σ) を算定し、極限支持力度 (σ_u) と比較する。

接地圧は下式により算定する。

$$\sigma = A \cdot F / (B \cdot L)$$

σ : 接地圧

B : 建家幅

L : 建家長さ

F : 地反力

A : 接地圧係数

偏心率 e/L が $1/6$ 以下の場合 ($e/L \leq 1/6$)

$$A = 1 + 6e/L$$

偏心率 e/L が $1/6$ より大きい場合 ($e/L > 1/6$)

$$A = 2 / \{ 3 \times (0.5 - e/L) \}$$

e : 偏心距離

① ケース1 (浮力+余震+水圧)

余震による荷重は、別添 6-1-3-2 「II 余震による地震応答解析」において算定した、転倒モーメント及び最大応答軸力を用いる。余震の水平慣性力と鉛直慣性力は組合せ係数法に従い、水平 1.0、鉛直 0.4 で組み合わせる。鉛直力に対しては、上向きに作用した場合と下向きに作用した場合について検討する。

浸水時の動水圧による集中荷重は、道路橋示方書のウエスタガードの補正式に基づいて算定する。

算定の考え方を図 3-5 に示す。

$$e = (Mv' + Mv) / F$$

Mv : 余震による転倒モーメント

Mv' : 浸水時の動水圧による転倒モーメント

F : 地反力

$$Mv' = Pv' \cdot (2/5 \cdot h' + h_g)$$

$$Pv' = \frac{7}{12} \rho_0 k_h h' \times B^*$$

Pv' : 浸水時の動水圧による集中荷重

ρ_0 : 海水の単位体積重量

k_h : 水平震度

h' : 浮力算定用津波高さ

h_g : G. L. ± 0 m から基礎底面までの距離

B : 建家幅 (NS 評価時)

※ EW 評価時は L : 建家長さをを用いる。

地反力 F の算定式

上向き : 水平 $- 0.4 \times$ 鉛直の地反力計算

$$F = W_B - Qz - 0.4 \times Fu$$

下向き : 水平 $+ 0.4 \times$ 鉛直の地反力計算

$$F = W_B - Qz + 0.4 \times Fu$$

W_B : 建家総重量

Qz : 浮力 (津波浸水時)

Fu : 最大応答軸力

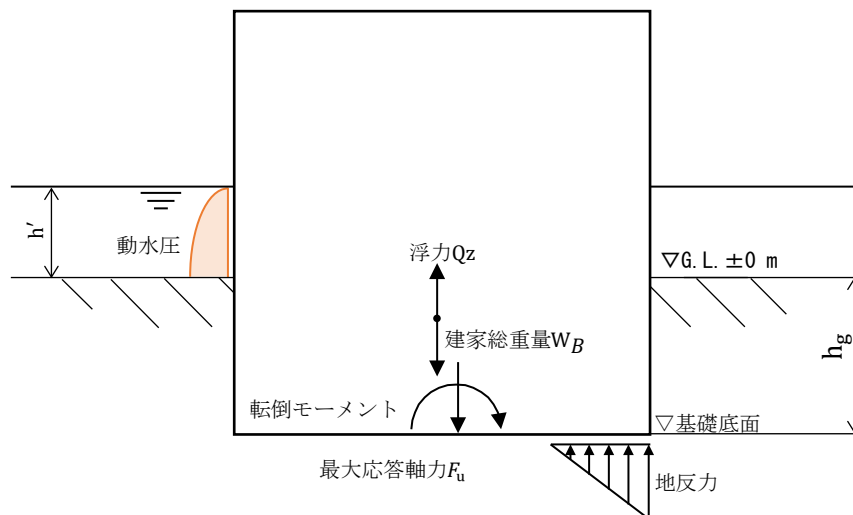


図 3-5 接地圧の評価 : ケース 1 (浮力+余震+水圧) の考え方

② ケース2 (波力+余震)

余震による転倒モーメント，最大応答軸力及び水平慣性力と鉛直慣性力の組合せ係数法はケース1 (浮力+余震+水圧) と同様に考慮する。

地下水位による浮力を考慮し，波力と余震は，保守的に同じ方向に作用するものとする。

算定の考え方を図 3-6 に示す。

$$e = (M_t + M_v) / F$$

M_v : 余震による転倒モーメント

M_t : 波力による転倒モーメント

F : 地反力

$$M_t = P' \cdot (h_T/3 + h_g)$$

$h_T/3$: 波力の作用位置

P' : 波力による集中荷重

$$P' = w \cdot B \cdot h_T/2$$

w : 波圧

$$w = \rho_o \cdot h_T$$

地反力Fの算定式

上向き : 水平 - 0.4 × 鉛直の地反力計算

$$F = W_B - Q_z - 0.4 \times F_u$$

下向き : 水平 + 0.4 × 鉛直の地反力計算

$$F = W_B - Q_z + 0.4 \times F_u$$

W_B : 建家総重量

Q_z : 浮力 (地下水位)

F_u : 最大応答軸力

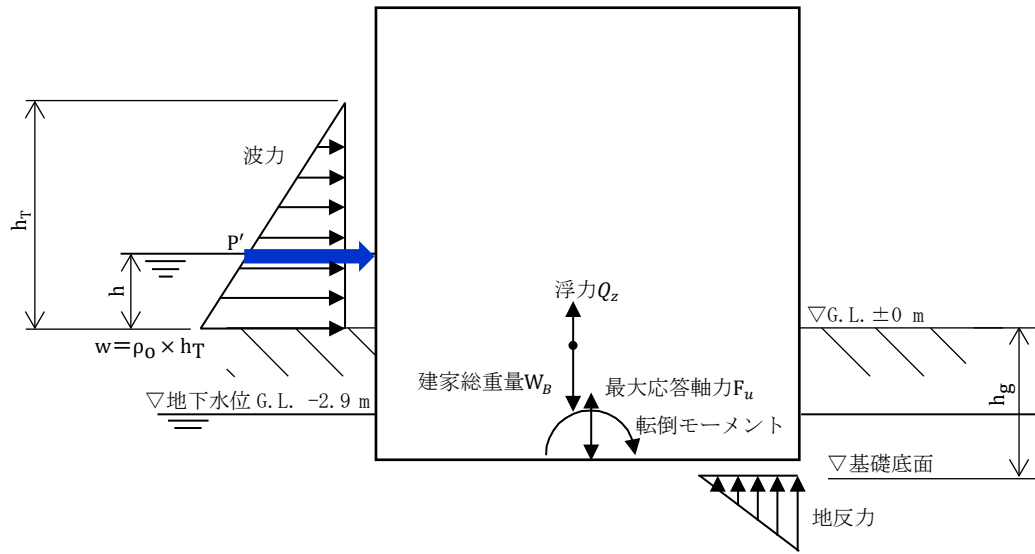


図 3-6 接地圧の評価：ケース 2（波力+余震）の考え方

③ ケース3（波力+漂流物衝突荷重）

波力による転倒モーメント及び地下水位による浮力はケース 2（波力+余震）と同様に考慮する。

漂流物衝突荷重は、保守的に津波と同じ方向に作用するものとし、衝突する箇所（荷重が作用する箇所）は、対象とする建家の最上階位置に作用するものと仮定する。

算定の考え方を図 3-7 に示す。

$$e = (Mt + Mt') / F$$

Mt : 波力による転倒モーメント

Mt' : 漂流物衝突荷重による転倒モーメント

$$Mt' = P \cdot H_B$$

P : 漂流物衝突荷重

H_B : 建家全高

F : 地反力

地反力 F の算定式

$$F = W_B - Q_z$$

W_B : 建家総重量

Q_z : 浮力（地下水位）

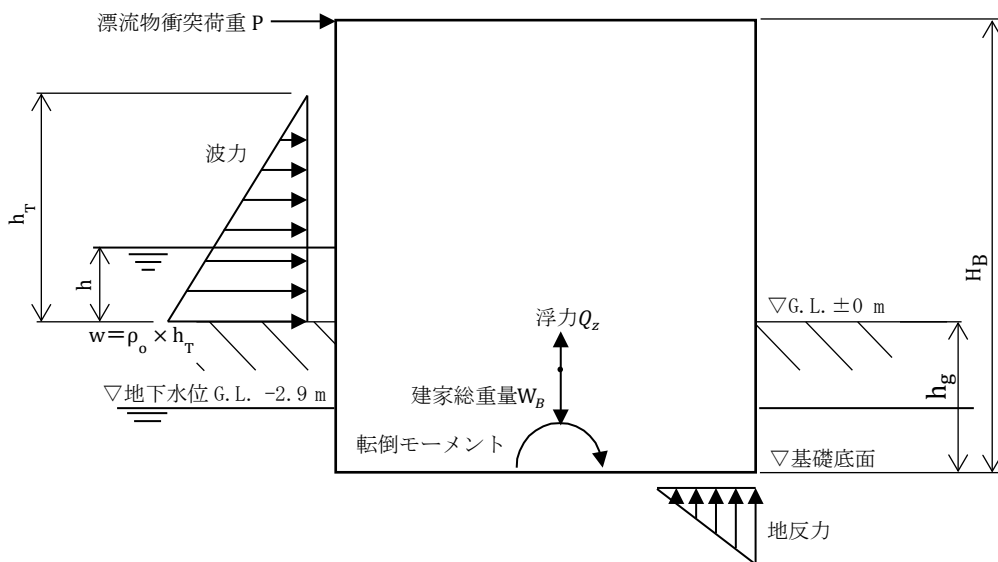


図 3-7 接地圧の評価：ケース 3（波力+漂流物衝突荷重）の考え方

(3) 建家外壁の健全性評価

建家外壁は上下階のスラブで拘束されているため、両端固定の一方向版として検討することとし、単位幅による評価を基本とする。

各荷重の組合せに対して、対象とする建家外壁に生じる応力を算定し、短期許容曲げモーメント (M_a) と、短期許容せん断力 (Q_{AS}) との比較を行う。

① ケース1 (浮力+余震+水圧)

a. 余震の慣性力による応力

余震の慣性力による応力は下式により算定する。

余震による曲げモーメント Me'

$$Me' \text{ (中央)} = \frac{w_3 \cdot l^2}{24}$$

$$Me' \text{ (下端)} = \frac{w_3 \cdot l^2}{12}$$

余震によるせん断力 Qe'

$$Qe' = \frac{w_3 \cdot l}{2}$$

w_3 : 余震による荷重

$$w_3 = \frac{\rho \cdot T \cdot \alpha_{SR}}{g}$$

ρ : 鉄筋コンクリートの単位体積重量

T : 鉄筋コンクリート外壁の壁厚

α_{SR} : 最大応答加速度

l : 壁高さ

g : 重力加速度

b. 津波浸水時の静水圧による応力

津波浸水時の静水圧による応力算定の考え方を図3-8に示す。台形分布荷重を三角形分布荷重と等分布荷重の応力の足し合わせにより求める。算定式を以下に示す。

静水圧による曲げモーメント M_W

$$M_W = M_s + M_e$$

M_s : 三角形分布荷重による曲げモーメント

M_e : 等分布荷重による曲げモーメント

三角形分布荷重による曲げモーメント算定式

$$M_s \text{ (中央)} = 0.043l \left\{ \rho_o \frac{l^2}{2} \right\}$$

$$M_s \text{ (下端)} = \frac{l}{10} \left\{ \rho_o \frac{l^2}{2} \right\}$$

等分布荷重による曲げモーメント算定式

$$M_e \text{ (中央)} = \rho_o (h' - h_1) \frac{l^2}{24}$$

$$M_e \text{ (下端)} = \rho_o (h' - h_1) \frac{l^2}{12}$$

静水圧によるせん断力 Q_w

$$Q_w = Q_s + Q_e$$

Q_s : 三角形分布荷重によるせん断力

Q_e : 等分布荷重によるせん断力

三角形分布荷重によるせん断力算定式

$$Q_s = \frac{7}{10} \left\{ \rho_o \frac{l^2}{2} \right\}$$

等分布荷重によるせん断力算定式

$$Q_e = \rho_o (h' - h_1) \frac{l}{2}$$

l : 壁高さ

h_1 : G. L. ± 0 m から上階のスラブ下端までの高さ

h' : 浮力算定用津波高さ

ρ_o : 海水の単位体積重量



図 3-8 建家外壁の津波浸水時の静水圧による応力算定の考え方

c. 津波浸水時の動水圧による応力

津波浸水時の動水圧による応力算定の考え方を図3-9に示す。算定式を以下に示す。

動水圧による曲げモーメント M_W'

$$M_W' = M_s' + M_e$$

M_s' : 平方根分布荷重による曲げモーメント

M_e' : 等分布荷重による曲げモーメント

平方根分布荷重による曲げモーメント算定式

$$M_s' \text{ (中央)} = 2 \cdot P_1 \cdot h_3^2 \cdot (l - h_3)^2 / l^3$$

$$M_s' \text{ (下端)} = P_1 \cdot h_3 \cdot (l - h_3)^2 / l^2$$

M_s' (中央) : 中央の平方根分布荷重による曲げモーメント

M_s' (下端) : 下端の平方根分布荷重による曲げモーメント

$$P_1 = \frac{7}{8} \rho_0 k_h \sqrt{h'} \times \int_{h'-h_1}^{h'-h_2} (\sqrt{z} - \sqrt{h' - h_1}) dz$$

P_1 : 平方根分布の合力

l : 壁高さ

h_3 : h_2 から平方根分布荷重の重心位置までの高さ

($l = 3.99$ m の場合, $h_3 = 1.37$ m)

($l = 4.19$ m の場合, $h_3 = 1.44$ m)

ρ_0 : 海水の単位体積重量

k_h : 水平震度

h' : 浮力算定用津波高さ

h_2 : G. L. ± 0 m から対象階の床面上端までの高さ

z : 水面からの浸水深

h_1 : G. L. ± 0 m から上階のスラブ下端までの高さ

等分布荷重による曲げモーメント算定式

$$M_e \text{ (中央)} = \frac{7}{8} \rho_0 k_h \sqrt{h' \cdot (h' - h_1)} \times \frac{l^2}{24}$$

$$M_e \text{ (下端)} = \frac{7}{8} \rho_0 k_h \sqrt{h' \cdot (h' - h_1)} \times \frac{l^2}{12}$$

動水圧によるせん断力 Q_w'

$$Q_w' = Q_s + Q_e$$

Q_s : 平方根分布荷重によるせん断力

Q_e : 等分布荷重によるせん断力

平方根分布荷重によるせん断力算定式

$$Q_s = P_1 \cdot (l - h_3)^2 \cdot (2 \cdot h_3 + l) / l^3$$

等分布荷重によるせん断力算定式

$$Q_e = \frac{7}{8} \rho_0 k_h \sqrt{h' \cdot (h' - h_1)} \times \frac{l}{2}$$



図 3-9 建家外壁の津波浸水時の動水圧による応力算定の考え方

② ケース2 (波力+余震)

余震による応力は「①ケース1 (浮力+余震+水圧) a. 余震の慣性力による応力」と同様に算定する。

a. 波力による応力

波力による曲げモーメント及びせん断力の算定の考え方を，図3-10に示す。台形分布荷重を，三角形分布荷重と等分布荷重の応力の足し合わせにより求める。算定式を以下に示す。

波力による曲げモーメント M_R

$$M_R = M_s + M_e$$

M_s : 三角形分布荷重による曲げモーメント

M_e : 等分布荷重による曲げモーメント

三角形分布荷重による曲げモーメント算定式

$$M_s \text{ (中央)} = 0.043l \left\{ \rho_o \frac{l^2}{2} \right\}$$

$$M_s \text{ (下端)} = \frac{l}{10} \left\{ \rho_o \frac{l^2}{2} \right\}$$

等分布荷重による曲げモーメント算定式

$$M_e \text{ (中央)} = \rho_o (h_T - h_1) \frac{l^2}{24}$$

$$M_e \text{ (下端)} = \rho_o (h_T - h_1) \frac{l^2}{12}$$

波力によるせん断力 Q_R

$$Q_R = Q_s + Q_e$$

Q_s : 三角形分布荷重によるせん断力

Q_e : 等分布荷重によるせん断力

三角形分布荷重によるせん断力算定式

$$Q_s = \frac{7}{10} \left\{ \rho_o \frac{l^2}{2} \right\}$$

等分布の荷重によるせん断力算定式

$$Q_e = \rho_o (h_T - h_1) \frac{l}{2}$$

l : 壁高さ

h_1 : G. L. ± 0 m から上階スラブ下端までの高さ

h_T : 水深係数 (α) \times 波力算定用津波高さ (h)

ρ_o : 海水の単位体積重量



図 3-10 建家外壁の波力による応力算定の考え方

③ ケース3 (波力+漂流物衝突荷重)

波力による応力は「②ケース2 (波力+余震) a. 波力による応力」と同様に算定する。

a. 漂流物の衝突による応力

漂流物衝突荷重の作用位置は、検討内容に応じて保守的となるように設定する。

図3-11に漂流物衝突荷重の作用位置設定の考え方を示す。

漂流物衝突荷重は、部材端部の曲げ検討時には部材下端部から壁高さの1/3の位置に、部材中央の曲げ検討時には中央に作用させる。

せん断検討時には、対象部材の端部に作用させる。

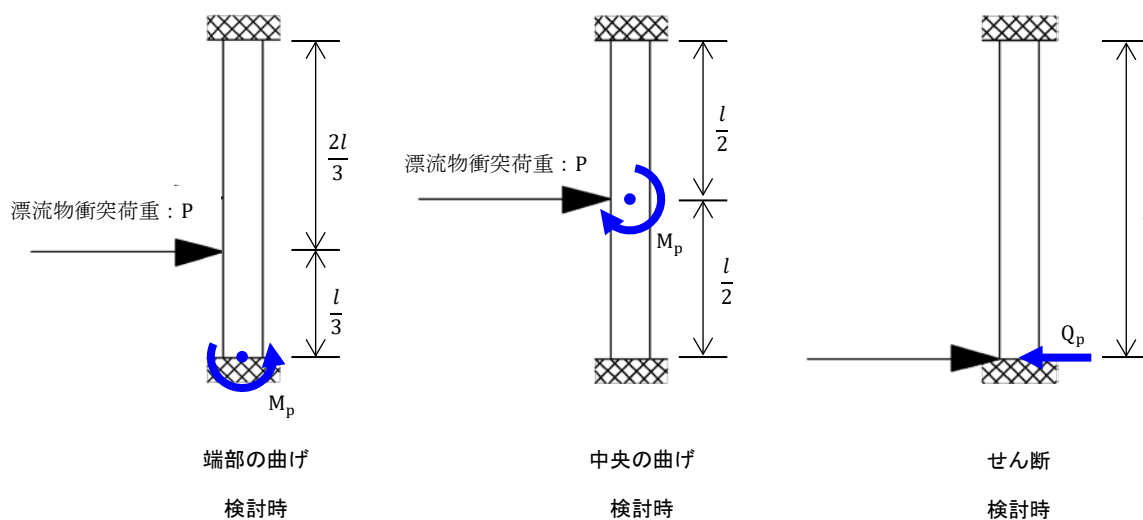


図 3-11 漂流物衝突荷重の作用位置設定の考え方

漂流物衝突荷重による応力は下式により算定する。

漂流物衝突荷重による曲げモーメント M_p

$$M_p \text{ (下端)} = \frac{4Pl}{27}$$

$$M_p \text{ (中央)} = \frac{Pl}{8}$$

P : 漂流物衝突荷重

l : 壁高さ

漂流物衝突荷重によるせん断力 Q_p

$$Q_p = P$$

④ 開口部を有する外壁の評価方法

開口部を有する外壁については、有効負担幅により評価を行う。

各荷重の組合せ荷重による応力は、単位幅の外壁の荷重に荷重増分係数を乗じて算定する（漂流物衝突荷重を除く）。

a. 有効負担幅

外壁の両側が開口部に接する外壁については、開口部間の外壁の幅を有効負担幅とする。

外壁の片側が開口部に接する外壁については、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」を踏まえ、開口端から壁厚さの2倍の範囲を有効負担幅とする。

b. 荷重増分係数

荷重増分係数の考え方を図3-12及び図3-13に示す。

荷重増分係数は、単位幅の外壁に対する有効負担幅と開口幅の1/2との和の比率とする。



図 3-12 外壁の荷重増分係数の考え方（1階外壁南面）

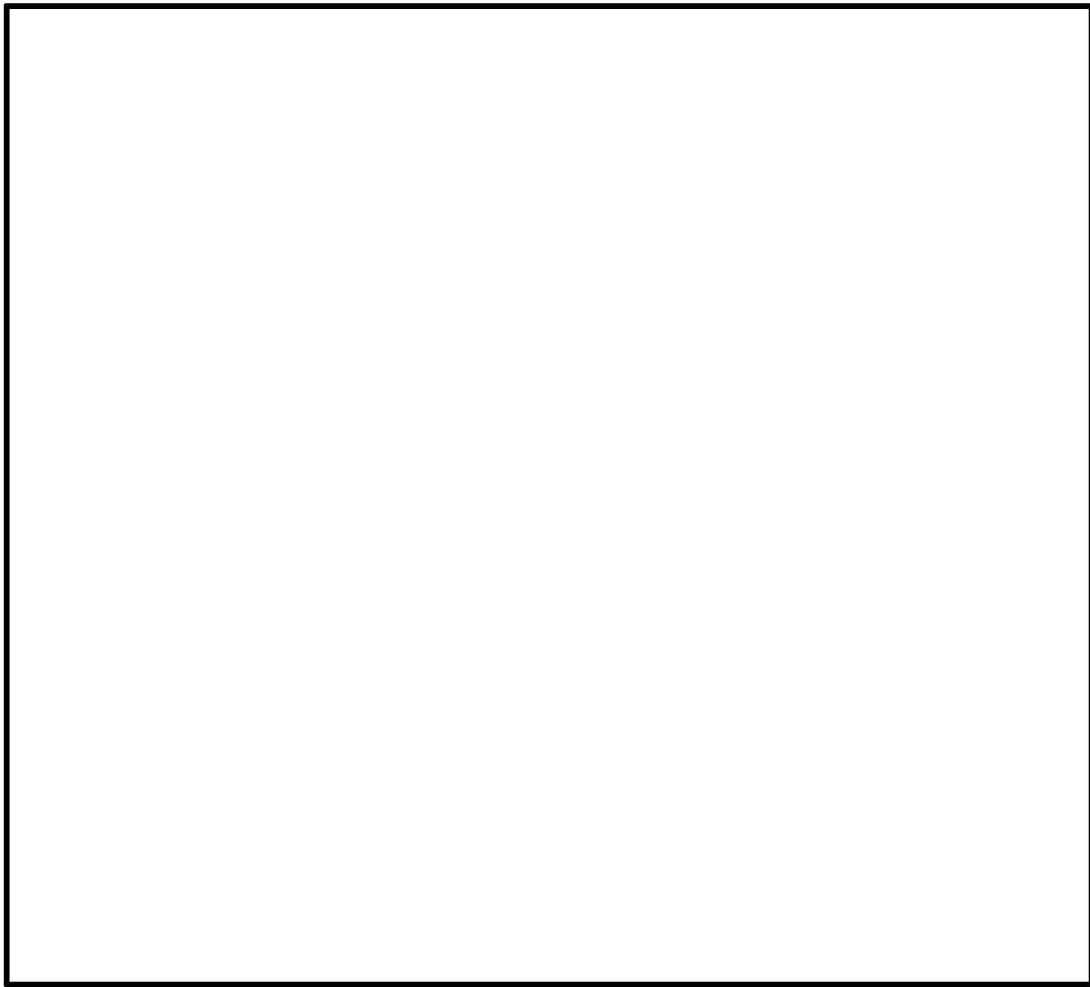



図 3-13  外壁の荷重増分係数の考え方 (1階外壁北面)

4. 評価条件

4.1 ケース1（浮力+余震+水圧）の評価条件

ケース1（浮力+余震+水圧）検討時の評価に用いる条件を表4-1に示す。

表4-1 ケース1（浮力+余震+水圧）の評価条件（1/2）








記号	定義	数値	単位	
B	建家幅		m	
L	建家長さ		m	
l	壁高さ	 ※5	m	
T	鉄筋コンクリート外壁の壁厚		m	
—	鉄筋コンクリート外壁の壁筋	D22@200D	—	
—	鉄筋コンクリート外壁の B-1, B-2  の開口補強筋	B-1 1階外壁南面  : 6-D22		
		B-2 1階外壁北面  6-D22		
ρ	鉄筋コンクリートの単位体積重量	24.0	kN/m ³	
ρ_0	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³	
h'	浮力算定用津波高さ※1	7.6	m	
α	水深係数※2	3	—	
h _g	G. L. ±0 m から基礎底面までの距離	6.0	m	
k _h	水平震度※4	0.5	—	
α_{SR}	最大応答加速度※4	5.0	m/s ²	
保有水平耐力評価の諸元				
E	余震による層せん断力	各階の層せん断力は※4による	kN	
接地圧評価の諸元				
W _B	建家総重量	395,609	kN	
Q _Z	浮力（津波浸水時）	175,455	kN	
F _u	最大応答軸力※4	101,191	kN	
M _V	余震による転倒モーメント※4	NS	2,135,747	kN・m
		EW	2,086,001	
M _V '	浸水時の動水圧による転倒モーメント	NS	53,682	kN・m
		EW	56,297	

表 4-1 ケース 1 (浮力+余震+水圧) の評価条件 (2/2)

記号	定義	数値	単位
建家外壁評価の諸元			
評価部位：A-1 1階外壁 (<input type="text"/>)			
k	荷重増分係数	1.000	—
M_e'	余震による曲げモーメント	9.8	kN・m
M_w	静水圧による曲げモーメント	74.0	kN・m
M_w'	動水圧による曲げモーメント	42.3	kN・m
Q_e'	余震によるせん断力	14.7	kN
Q_w	静水圧によるせん断力	119.3	kN
Q_w'	動水圧によるせん断力	59.9	kN
評価部位：B-1 1階外壁南面 (<input type="text"/>)			
k	荷重増分係数	2.765	—
M_e'	余震による曲げモーメント	29.9	kN・m
M_w	静水圧による曲げモーメント	230.6	kN・m
M_w'	動水圧による曲げモーメント	131.1	kN・m
Q_e'	余震によるせん断力	42.6	kN
Q_w	静水圧によるせん断力	354.7	kN
Q_w'	動水圧によるせん断力	176.0	kN
評価部位：B-2 1階外壁北面 (<input type="text"/>)			
k	荷重増分係数	1.715	—
M_e'	余震による曲げモーメント	16.8	kN・m
M_w	静水圧による曲げモーメント	126.9	kN・m
M_w'	動水圧による曲げモーメント	72.5	kN・m
Q_e'	余震によるせん断力	25.2	kN
Q_w	静水圧によるせん断力	204.7	kN
Q_w'	動水圧によるせん断力	102.7	kN

※1 別添 6-1-3-1 「Ⅲ 入力津波の設定」

※2 津波避難ビル等の構造上の要件の解説 (国総研資料第 673 号, 平成 24 年)

※4 別添 6-1-3-2 「Ⅱ 余震による地震応答解析」

※5 1階外壁南面の評価部位の壁高さ

4.2 ケース2（波力+余震）の評価条件

ケース2（波力+余震）検討時の評価に用いる条件を表4-2に示す。

表4-2 ケース2（波力+余震）の評価条件（1/2）

記号	定義	数値	単位	
B	建家幅	<input type="text"/>	m	
L	建家長さ	<input type="text"/>	m	
l	壁高さ	<input type="text"/> ※5	m	
—	鉄筋コンクリート外壁の壁筋	D22@200D	—	
—	鉄筋コンクリート外壁の B-1, B-2 <input type="text"/> の開口補強筋	B-1 1階外壁南面 <input type="text"/> : 6-D22 B-2 1階外壁北面 <input type="text"/> : 6-D22		
ρ	鉄筋コンクリートの単位体積重量	24.0	kN/m ³	
ρ_0	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³	
h	波力算定用津波高さ※1	6.1	m	
α	水深係数※2	3	—	
h_T	水深係数×波力算定用津波高さ	18.3	m	
h_g	G. L. ±0 m から基礎底面までの距離	6.0	m	
α_{SR}	最大応答加速度※4	5.0	m/s ²	
保有水平耐力評価の諸元				
E	余震による層せん断力	各階の層せん断力は※4による	kN	
接地圧評価の諸元				
W_B	建家総重量	395,609	kN	
Q_Z	浮力（地下水位）	39,994	kN	
F_u	最大応答軸力	101,191	kN	
M_t	波力による転倒モーメント	NS	714,178	kN・m
		EW	748,966	
M_v	余震による転倒モーメント※4	NS	2,135,747	kN・m
		EW	2,086,001	

表 4-2 ケース 2 (波力+余震) の評価条件 (2/2)

記号	定義	数値	単位
建家外壁評価の諸元			
評価部位：A-1 1階外壁 ()			
k	荷重増分係数	1.000	—
M_R	波力による曲げモーメント	217.4	kN・m
M_e'	余震による曲げモーメント	9.8	kN・m
Q_R	波力によるせん断力	334.9	kN
Q_e'	余震によるせん断力	14.7	kN
評価部位：B-1 1階外壁南面 ()			
k	荷重増分係数	2.765	—
M_R	波力による曲げモーメント	667.8	kN・m
M_e'	余震による曲げモーメント	29.9	kN・m
Q_R	波力によるせん断力	980.7	kN
Q_e'	余震によるせん断力	42.6	kN
評価部位：B-2 1階外壁北面 ()			
k	荷重増分係数	1.715	—
M_R	波力による曲げモーメント	372.8	kN・m
M_e'	余震による曲げモーメント	16.8	kN・m
Q_R	波力によるせん断力	574.4	kN
Q_e'	余震によるせん断力	25.2	kN

※1 別添 6-1-3-1 「Ⅲ 入力津波の設定」

※2 津波避難ビル等の構造上の要件の解説 (国総研資料第 673 号, 平成 24 年)

※4 別添 6-1-3-2 「Ⅱ 余震による地震応答解析」

※5 1階外壁南面の評価部位の壁高さ: ()

4.3 ケース3（波力+漂流物衝突荷重）の評価条件

ケース3（波力+漂流物衝突荷重）検討時の評価に用いる条件を表4-3に示す。

表4-3 ケース3（波力+漂流物衝突荷重）の評価条件（1/2）

記号	定義	数値		単位
B	建家幅	[]		m
L	建家長さ	[]		m
l	壁高さ	[] ^{**5}		m
—	鉄筋コンクリート外壁の壁筋	D22@200D		—
—	鉄筋コンクリート外壁の B-1, B-2 [] の開口補強筋	B-1 1階外壁南面 [] : 6-D22		
		B-2 1階外壁北面 [] : 6-D22		
H _B	建家全高	28.44		m
ρ ₀	海水の単位体積重量	10.1		kN/m ³
h	波力算定用津波高さ ^{**1}	6.1		m
α	水深係数 ^{**2}	3		—
h _T	水深係数×波力算定用津波高さ	18.3		m
h _g	G. L. ±0 m から基礎底面までの距離	6.0		m
保有水平耐力評価の諸元				
P	漂流物衝突荷重（各階共通）	2.8		kN
接地圧評価の諸元				
W _B	建家総重量	395,609		kN
Q _Z	浮力（地下水位）	39,994		kN
M _t	波力による転倒モーメント	NS	714,178	kN・m
		EW	748,966	
M _t '	漂流物による転倒モーメント	NS	80	kN・m
		EW	80	

表 4-3 ケース 3 (波力+漂流物衝突荷重) の評価条件 (2/2)

記号	定義	数値	単位
建家外壁評価の諸元			
評価部位：A-1 1階外壁 (<input type="text"/>)			
k	荷重増分係数	1.000	—
M_R	波力による曲げモーメント	217.4	kN・m
M_P	漂流物による曲げモーメント	1.7	kN・m
Q_R	波力によるせん断力	334.9	kN
Q_P	漂流物によるせん断力	2.8	kN
評価部位：B-1 1階外壁南面 (<input type="text"/>)			
k	荷重増分係数	2.765	—
M_R	波力による曲げモーメント	667.8	kN・m
M_P	漂流物による曲げモーメント	1.7	kN・m
Q_R	波力によるせん断力	980.7	kN
Q_P	漂流物によるせん断力	2.8	kN
評価部位：B-2 1階外壁北面 (<input type="text"/>)			
k	荷重増分係数	1.715	—
M_R	波力による曲げモーメント	372.8	kN・m
M_P	漂流物による曲げモーメント	1.7	kN・m
Q_R	波力によるせん断力	574.4	kN
Q_P	漂流物によるせん断力	2.8	kN

※1 別添 6-1-3-1 「Ⅲ 入力津波の設定」

※2 津波避難ビル等の構造上の要件の解説 (国総研資料第 673 号, 平成 24 年)

※5 1階外壁南面の評価部位の壁高さ:

5. 評価結果

5.1 ケース1（浮力+余震+水圧）の強度評価結果

(1) 保有水平耐力

ケース1（浮力+余震+水圧）に対する保有水平耐力の評価結果を表5-1に示す。

各層に生じる層せん断力はいずれも保有水平耐力以下であることを確認した。

表5-1 保有水平耐力評価結果ケース1（浮力+余震+水圧）

方向	評価高さ H (m)	階	保有水平耐力 Qu (kN)	余震 E (kN)	水圧 W (kN)	層せん断力 $Q_T = E + W$ (kN)	検定比 Q_T/Q_u
NS		5	7443	2856	0	2856	0.39
		4	142716	24340	0	24340	0.18
		3	203390	51810	0	51810	0.26
		1	433846	109600	5834	115434	0.27
		B1	433846	141800	5938	147738	0.35
EW		5	8738	2726	0	2726	0.32
		4	94624	24450	0	24450	0.26
		3	201605	51670	0	51670	0.26
		1	415871	109100	6118	115218	0.28
		B1	415871	141200	6228	147428	0.36

(2) 接地圧

ケース 1 (浮力+余震+水圧) に対する接地圧の評価結果を表 5-2, 表 5-3 に示す。

浮力と余震及び水圧による転倒モーメントが作用した場合に発生する接地圧は極限支持力度以下であることを確認した。

表 5-2 接地圧評価結果 (上向き 0.4×鉛直)

ケース 1 (浮力+余震+水圧)

評価項目	極限支持力度 σ_u (kN/m ²)	転倒方向	接地圧 σ (kN/m ²)	検定比 σ/σ_u
接地圧	2350	NS	561	0.24
		EW	592	0.26

表 5-3 接地圧評価結果 (下向き 0.4×鉛直)

ケース 1 (浮力+余震+水圧)

評価項目	極限支持力度 σ_u (kN/m ²)	転倒方向	接地圧 σ (kN/m ²)	検定比 σ/σ_u
接地圧	2350	NS	503	0.22
		EW	514	0.22

(3) 建家外壁

ケース1（浮力+余震+水圧）に対する建家外壁の健全性評価結果を表5-4に示す。

1階外壁（）及び1階外壁北面（）の応力は短期許容応力以下であるが、1階外壁南側（）の発生するせん断力は短期許容応力を超えており、補強が必要である。

表5-4 建家外壁評価結果ケース1（浮力+余震+水圧）

評価対象部位		短期許容曲げモーメント Ma (kN・m)	曲げモーメント M (kN・m)	検定比 M/Ma
A-1 1階外壁	<input type="text"/>	273.7	126.1	0.47
B-1 1階外壁南面	<input type="text"/>	383.2	391.6	1.03
B-2 1階外壁北面	<input type="text"/>	437.9	216.2	0.50

評価対象部位		短期許容せん断力 Q _{AS} (kN)	せん断力 Q (kN)	検定比 Q/Q _{AS}
A-1 1階外壁	<input type="text"/>	602.9	193.9	0.33
B-1 1階外壁南面	<input type="text"/>	440.2	573.3	1.31
B-2 1階外壁北面	<input type="text"/>	723.7	332.6	0.46

5.2 ケース2（波力+余震）の強度評価結果

(1) 保有水平耐力

ケース2（波力+余震）に対する保有水平耐力の評価結果を表5-5に示す。

各層に生じる層せん断力はいずれも保有水平耐力以下であることを確認した。

表5-5 保有水平耐力評価結果ケース2（波力+余震）

方向	評価高さ H (m)	階	保有水平耐力 Qu (kN)	波力 R (kN)	余震 E (kN)	層せん断力 $Q_T = R + E$ (kN)	検定比 Q_T/Q_u
NS		5	7443	0	2856	2856	0.39
		4	142716	4180	24340	28520	0.20
		3	203390	18121	51810	69931	0.35
		1	433846	58450	109600	168050	0.39
		B1	433846	59023	141800	200823	0.47
EW		5	8738	0	2726	2726	0.32
		4	94624	4384	24450	28834	0.31
		3	201605	19004	51670	70674	0.36
		1	415871	61297	109100	170397	0.41
		B1	415871	61898	141200	203098	0.49

(2) 接地圧

ケース 2 (波力+余震) に対する接地圧の評価結果を表 5-6, 表 5-7 に示す。

波力と余震による転倒モーメントが作用した場合に発生する接地圧は極限支持力度以下であることを確認した。

表 5-6 建家の接地圧に関する評価結果 (上向き 0.4×鉛直)

ケース 2 (波力+余震)

評価項目	極限支持力度 σ_u (kN/m ²)	方向	接地圧 σ (kN/m ²)	検定比 σ/σ_u
接地圧	2350	NS	650	0.28
		EW	679	0.29

表 5-7 建家の接地圧に関する評価結果 (下向き 0.4×鉛直)

ケース 2 (波力+余震)

評価項目	極限支持力度 σ_u (kN/m ²)	方向	接地圧 σ (kN/m ²)	検定比 σ/σ_u
接地圧	2350	NS	681	0.29
		EW	701	0.30

(3) 建家外壁

ケース 2 (波力+余震) に対する建家外壁の健全性評価結果を表 5-8 に示す。

1 階外壁 () 及び 1 階外壁北面 () の応力は短期許容応力以下であるが、1 階外壁南側 () の発生する曲げモーメント及びせん断力は短期許容応力を超えており、補強が必要である。

表 5-8 建家外壁の健全性評価結果ケース 2 (波力+余震)

評価対象部位		短期許容曲げモーメント Ma (kN・m)	曲げモーメント M (kN・m)	検定比 M/Ma
A-1 1 階外壁	()	273.7	227.2	0.84
B-1 1 階外壁南面	()	383.2	697.7	1.83
B-2 1 階外壁北面	()	437.9	389.6	0.89

評価対象部位		短期許容せん断力 Q _{AS} (kN)	せん断力 Q (kN)	検定比 Q/Q _{AS}
A-1 1 階外壁	()	603.1	349.6	0.58
B-1 1 階外壁南面	()	440.6	1023.3	2.33
B-2 1 階外壁北面	()	723.8	599.6	0.83

5.3 ケース3（波力+漂流物衝突荷重）の強度評価結果

(1) 保有水平耐力

ケース3（波力+漂流物衝突荷重）に対する保有水平耐力の評価結果を表5-9に示す。

各層に生じる層せん断力はいずれも保有水平耐力以下であることを確認した。

表5-9 保有水平耐力評価結果ケース3（波力+漂流物衝突荷重）

方向	評価高さH (m)	階	保有水平耐力 Q_u (kN)	波力R (kN)	漂流物衝突荷重P (kN)	層せん断力 $Q_T = R + P$ (kN)	検定比 Q_T/Q_u
NS		5	7443	0	2.8	3	0.01
		4	142716	4180	2.8	4183	0.03
		3	203390	18121	2.8	18124	0.09
		1	433846	58450	2.8	58453	0.14
		B1	433846	59023	2.8	59026	0.14
EW		5	8738	0	2.8	3	0.01
		4	94624	4384	2.8	4387	0.05
		3	201605	19004	2.8	19007	0.10
		1	415871	61297	2.8	61300	0.15
		B1	415871	61898	2.8	61901	0.15

(2) 接地圧

ケース3（波力+漂流物衝突荷重）に対する接地圧の評価結果を表5-10に示す。

波力と漂流物衝突荷重による転倒モーメントが作用した場合に発生する接地圧は極限支持力度以下であることを確認した。

表5-10 建家の接地圧に関する評価結果ケース3（波力+漂流物衝突荷重）

評価項目	極限支持力度 σ_u (kN/m ²)	方向	接地圧 σ (kN/m ²)	検定比 σ/σ_u
接地圧	2350	NS	370	0.16
		EW	379	0.17

(3) 建家外壁

ケース 3 (波力+漂流物衝突荷重) に対する建家外壁の健全性評価結果を表 5-11 に示す。

1 階外壁 () 及び 1 階外壁北面 () の外壁の応力は短期許容応力以下であるが、1 階外壁南側 () の発生する曲げモーメント及びせん断力は短期許容応力を超えており、補強が必要である。

表 5-11 建家外壁の健全性評価結果ケース 3 (波力+漂流物衝突荷重)

評価対象部位		短期許容曲げモーメント Ma (kN・m)	曲げモーメント M (kN・m)	検定比 M/Ma
A-1 1 階外壁	()	273.7	219.0	0.81
B-1 1 階外壁南面	()	383.2	669.5	1.75
B-2 1 階外壁北面	()	437.9	374.4	0.86

評価対象部位		短期許容せん断力 Q _{AS} (kN)	せん断力 Q (kN)	検定比 Q/Q _{AS}
A-1 1 階外壁	()	604.8	337.7	0.56
B-1 1 階外壁南面	()	441.0	983.5	2.23
B-2 1 階外壁北面	()	724.4	577.2	0.80

5.4 評価のまとめ

高放射性廃液貯蔵場（HAW）は、ケース1（浮力＋余震＋水圧）、ケース2（波力＋余震）、ケース3（波力＋漂流物衝突荷重）の荷重条件に対して、保有水平耐力の検定比は最大0.49、接地圧の検定比は最大0.30であり、許容限界（終局耐力）以下であることを確認した。また、建家外壁のうち1階外壁（）及び1階外壁北面（）についても検定比は最大0.89であり、許容限界（短期許容応力）以下であることを確認した。

建家外壁の評価に用いた応力（曲げモーメント、せん断力）は、表4-1～表4-3に示すとおり、水圧や余震、漂流物による応力に比べて波力による応力が大きい。波力算定に用いる津波高さについては「港湾構造物なし、周辺建家なし」とし、潮位変動に基づき潮位のばらつきを考慮した値とするなど、安全側となる荷重の設定しており、1階外壁（）及び1階外壁北面（）も含め、耐津波設計上の余裕度を有している。

一方、1階外壁南面（）の応力は、ケース1、2、3いずれにおいても許容限界を超えるため、当該部位に対しコンクリートの増打ち補強を実施する。具体的な補強方法については、令和2年7月に変更申請を行う。

外壁補強に係る補足説明を「添付資料6-1-3-2-3 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の外壁の補強について」に示す。

Ⅲ-2 設計津波に対する浸水防止設備(浸水防止扉)の強度評価

1. 概要

本資料は、別添 6-1-3-2「I 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の津波防護に関する施設の設計方針 2. 設計の基本方針」に基づき、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の扉及びシャッター一部の構造強度評価に関する方針について説明し、今後の強度評価に資するものである。

「耐津波設計に係る工認審査ガイド」において、「津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路(扉、開口部、貫通部等)を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。」とあり、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の浸水防止扉に対して設計津波による強度評価を行う。

2. 扉及びシャッター部

高放射性廃液貯蔵場(HAW)外壁の扉及びシャッター部には、緊急安全対策として T.P.+14.4 m の範囲で浸水防止扉を設置しており、1 階に 3 箇所、3 階に 2 箇所の計 5 箇所に設置している。

これらの浸水防止扉の設置状態を図 2-1 に示す。高放射性廃液貯蔵場(HAW)に設置している浸水防止扉は T.P.+14.4 m までの浸水を想定し、最大浸水深の3倍の水圧が浸水防止扉に作用するものとして設計・施工している。これら浸水防止扉は東日本大震災直後の緊急安全対策(「原子力発電所の外部電源の信頼性確保について」平成 23・04・15 原院発第 3 号)の一つとして設置されたものであるが、令和 2 年 2 月に廃止措置計画用設計地震動及び設計津波が認可されたことに伴い、その他の津波に対する防護施設の設計と併せ、設計地震動及び設計津波に対する適合性評価を行う計画である。

3. 評価の考え方

設計津波の浸水防止設備(浸水防止扉)については、廃止措置計画用設計地震動による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。また、設計津波の遡上波による浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を確認し、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できることを評価する。

以下に浸水防止設備について荷重の組合せ、荷重の設定及び許容限界について考え方を示す。

a. 荷重の組合せ

常時荷重、津波荷重及び地震荷重を適切に組合せる。

風荷重は、竜巻による風荷重又は竜巻以外の風荷重として「建築基準法(建設告示第 1454 号)」に基づく立地地域(東海村)の基準風速による風荷重を考慮する。

・常時荷重+地震荷重

- ・常時荷重＋津波荷重
- ・常時荷重＋津波荷重＋余震荷重
- ・常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重

b. 荷重の設定

- ・常時荷重
自重等を考慮する。
- ・地震荷重
設計用地震動 S_s を考慮する。
- ・津波荷重
各設備の荷重水位を考慮する。
- ・余震荷重
 $S_d - D$ (廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル比率を 0.5 倍として設定)を考慮する。
- ・漂流物衝突荷重
流木等の比較的小型の漂流物は建家外壁に到達することを考慮する。

c. 許容限界

津波防護に対する機能限界保持として、津波後の再使用性や津波の繰り返し作用を想定し、止水性の面も踏まえることにより、当該構造物全体の变形能力(終局耐力時の变形)に対して十分な余裕を有し、浸水防止機能を保持することを確認する。

4. 今後の対応

これらの浸水防止扉は「原子力発電所の外部電源の信頼性確保について」(平成 23・04・15 原院発第 3 号)を受けて平成 26 年 3 月までに設置されたもので、T.P.+14.4 m の浸水深の津波波力と 1000 cm/s^2 の水平地震動に耐えられるものとして設計されている。

なお、令和 2 年 2 月に廃止措置計画用設計地震動及び設計津波が認可されたことに伴い、今後、それらへの適合性評価を行う。

図2-1 浸水防止扉等の設置状態

高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家貫通部からの
浸水の可能性について

高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家貫通部からの浸水の可能性について

1. はじめに

「耐津波設計に係る工認審査ガイド」において、「津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路(扉, 開口部, 貫通部等)を特定し, それらに対して浸水対策を施すこと。」とあり, 高放射性廃液貯蔵場(HAW)に対して浸水の可能性のある経路について確認した。

2. 確認対象箇所

2.1 トレンチ及び連絡管路



これらのトレンチや連絡管路(以下「トレンチ等」という。)の配置を図2-1に示す。

2.2 壁貫通部



これらの壁貫通部の施工状態等について図2-2～図2-6に示す。

2.3 扉及びシャッター部



これらの浸水防止扉の設置状態について図2-7に示す。

3. 浸水の可能性のある経路の構造

3.1 トレンチ及び連絡管路

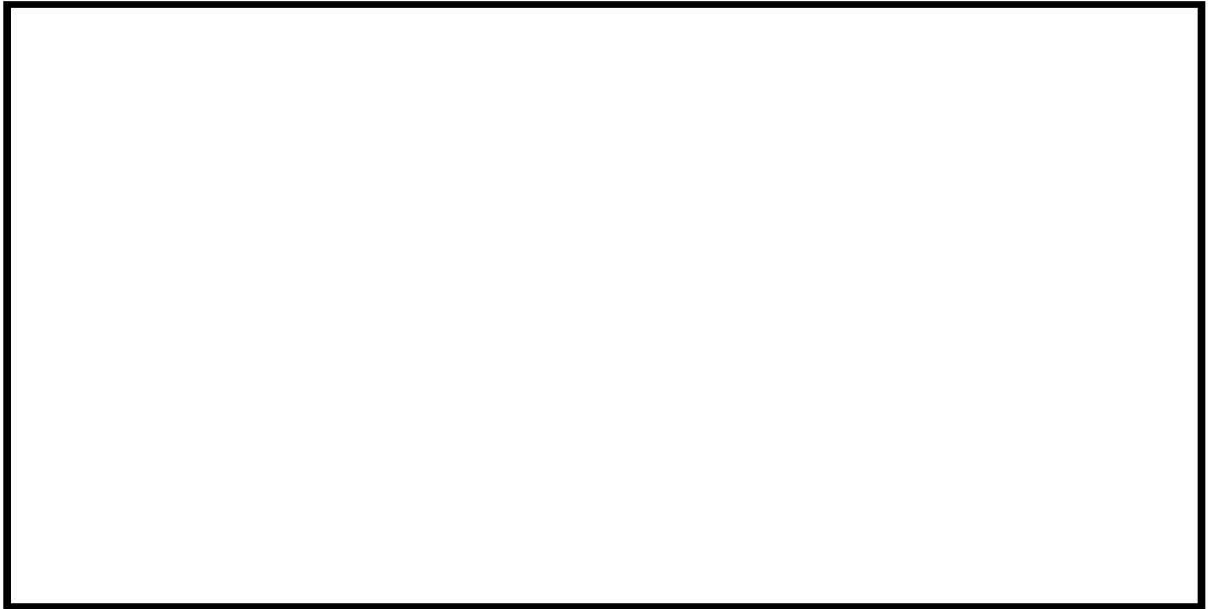
高放射性廃液貯蔵場(HAW)と接続するトレンチ及び連絡管路の構造を以下に示す。

(1) T21 トレンチ(図 3-1 参照)





(2)連絡管路(図 3-2 参照)



(3)T15 トレンチ(図 3-3 参照)



3.2 壁貫通部

高放射性廃液貯蔵場(HAW) 建家外壁を貫通する配管等の施工状態について、現場調査及び図書による確認結果を図2-2～図2-6に示す。

すべての壁貫通配管等において、モルタル及びシーリング材による止水措置が施されていることを確認した。

3.3 扉及びシャッター部

高放射性廃液貯蔵場(HAW) に設置している浸水防止扉は、T.P.+14.4 mまでの浸水を想定し、最大浸水深の3倍の水圧が浸水防止扉に作用するものとして設計・施工している。

4. トレンチ及び連絡管路の耐震性

4.1 T21 トレンチ

T21トレンチ(図3-1)は、高放射性廃液貯蔵場(HAW) 建家とガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟建家間の約30 mを結ぶ地下洞道であるため、設計用地震動に対する応答について二次元FEMを用いて詳細な評価を実施し、耐震性を確認した(別添6-1-2-3「建物・構築物及び機器・配管系の構造(耐震性)に関する説明書」参照)。

4.2 連絡管路及び T15 トレンチ

高放射性廃液貯蔵場(HAW) 建家と分離精製工場(MP)建家間を、それぞれ地上と地表面付近の地下で結ぶ連絡管路(図3-2)及びT15トレンチ(図3-3)は鉄筋コンクリート構造でHAW 建家側に一体で取り付けられており、長さが約1.4 mと短い。そのため、地震時には高放射性廃液貯蔵場(HAW) 建家と一体で振動することになり、高放射性廃液貯蔵場(HAW) 建家と分離精製工場(MP)建家それぞれの建家振動挙動の違いによって分離精製工場(MP)建家に衝突するおそれがある。そこで、設計地震動において生じる高放射性廃液貯蔵場(HAW) 建家と分離精製工場(MP)建家の最大相対変位を時刻歴応答解析により評価した。評価においては、各建家の地震時の変位の同時性を無視し、それぞれの建家の最大変位の絶対値を加算して相対変位とすることで保守的な評価とした。

その結果、表4-1に示すように設計地震動によって生じる建家間の最大相対変位(暫定値)は連絡管路及びT15トレンチの分離精製工場(MP)建家取り付け位置に設けられているクリアランス以内であり、地震時に連絡管路及びT15トレンチが分離精製工場(MP)建家躯体に衝突して損傷することはないことを確認した。

5. 貫通部等の点検

5.1 トレンチ等の点検(図 5-1, 図 5-2, 図 5-3 参照)

津波襲来時における、トレンチ等と接するセル壁及び建屋内壁等の健全性を令和 2 年 5 月

末までに確認する(確認結果については、令和2年7月末までに示す)。

評価として

- ①トレンチ等と接する高放射性廃液貯蔵場(HAW)セル壁の健全性評価(最大浸水深においてセル壁が水圧に耐えることの確認)
- ②トレンチ等と接する高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家内壁の健全性評価(最大浸水深においてトレンチ等の内壁が水圧に耐えることの確認)
- ③トレンチ等の内部の2重管(T15, 連絡管路)の健全性評価(最大浸水深において2重管が水圧に耐えることの確認)

5.2 トレンチ等を除く壁貫通配管等の点検

トレンチ等を除く壁貫通配管等に対して以下の点検・評価を実施した。

- ①高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家外壁貫通部の健全性評価(津波波力が作用する外壁の壁貫通部のシール材等が波力に耐えることを確認)
 - ・シール材の水圧試験(令和2年3月実施)の実施状況を図5-4に示す。
津波波力を上回る0.5 MPaの水圧をかけても、シール材からの漏れのないことを確認した。
 - ・モルタルの水圧試験(令和2年5月実施)の実施状況を図5-5に示す。
津波波力を上回る0.5 MPaの水圧をかけても、モルタル材からの漏れのないことを確認した。

なお、トレンチ等の構造上、建家内に浸水することは考えにくいですが、建家内に浸水した場合の影響については別紙6-1-3-2-1-1に示す。



図2-1 高放射性廃液貯蔵場(HAW)と接続しているトレンチ等

図2-2 高放射性廃液貯蔵場(HAW)のトレンチ以外の壁貫通部調査(東側)

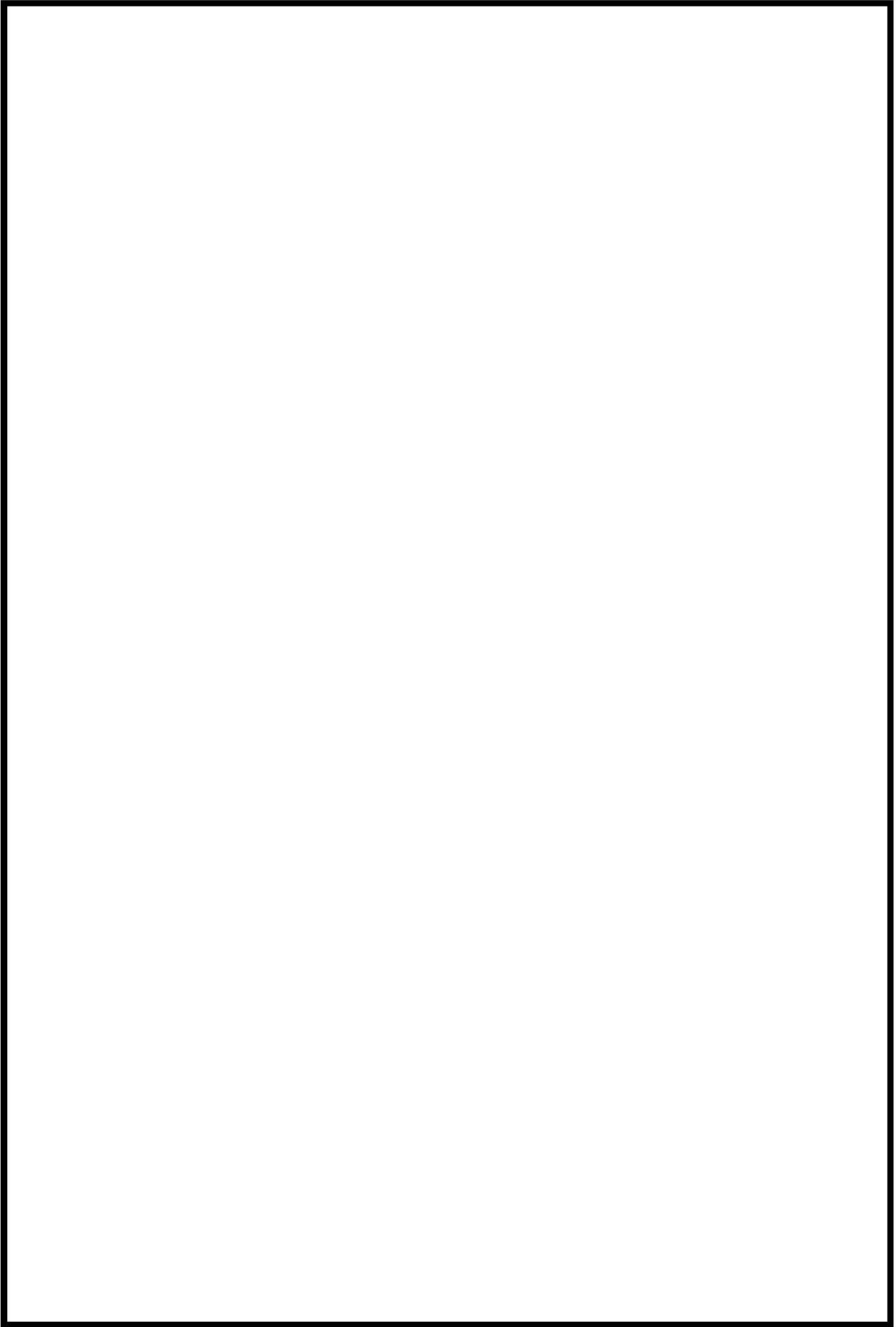


図2-3 高放射性廃液貯蔵場(HAW)のトレンチ以外の壁貫通部調査(北側)1/2

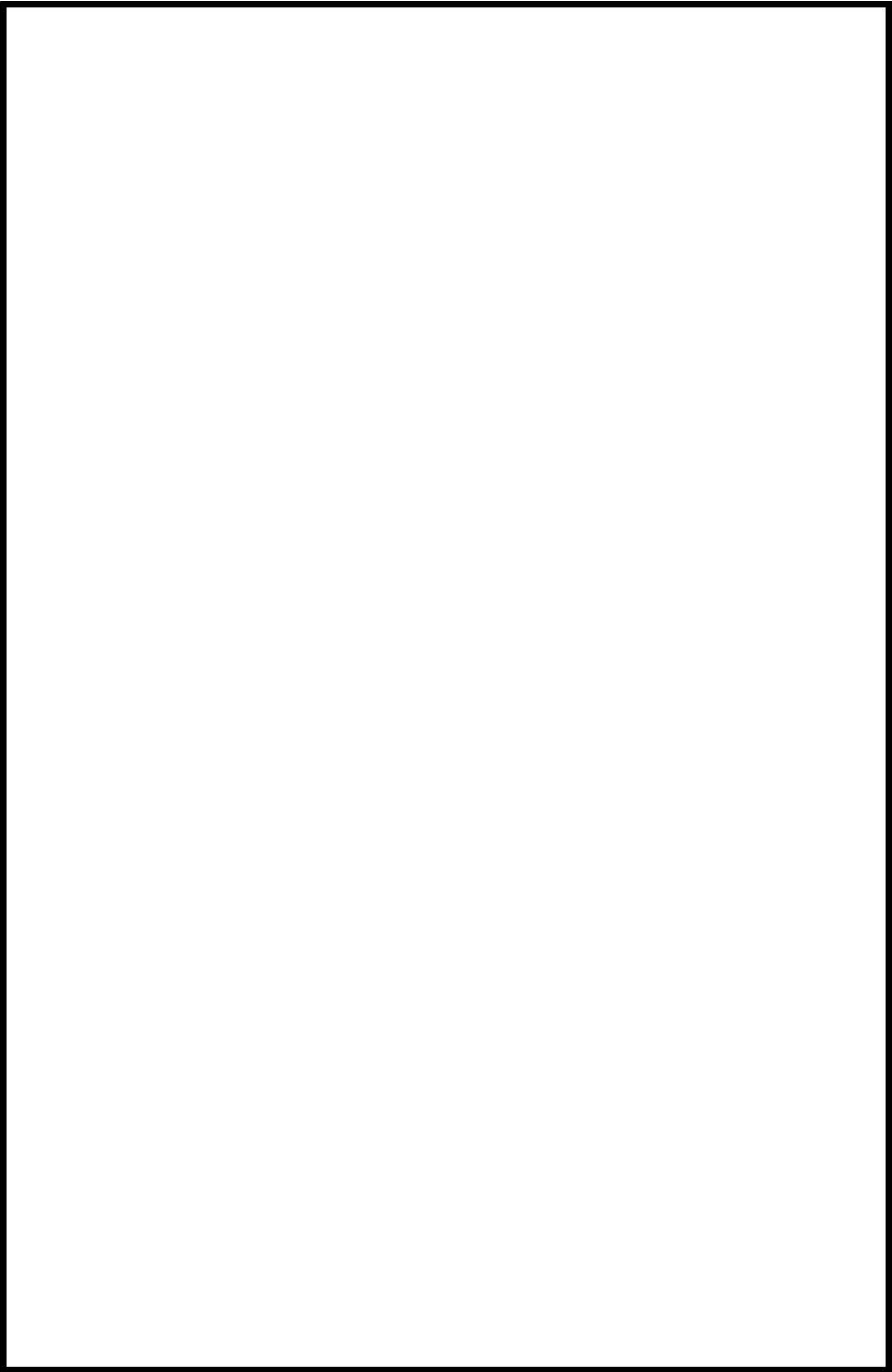


図2-3 高放射性廃液貯蔵場(HAW)のトレンチ以外の壁貫通部調査(北側)2/2

図2-4 高放射性廃液貯蔵場(HAW)のトレンチ以外の壁貫通部調査(西側)

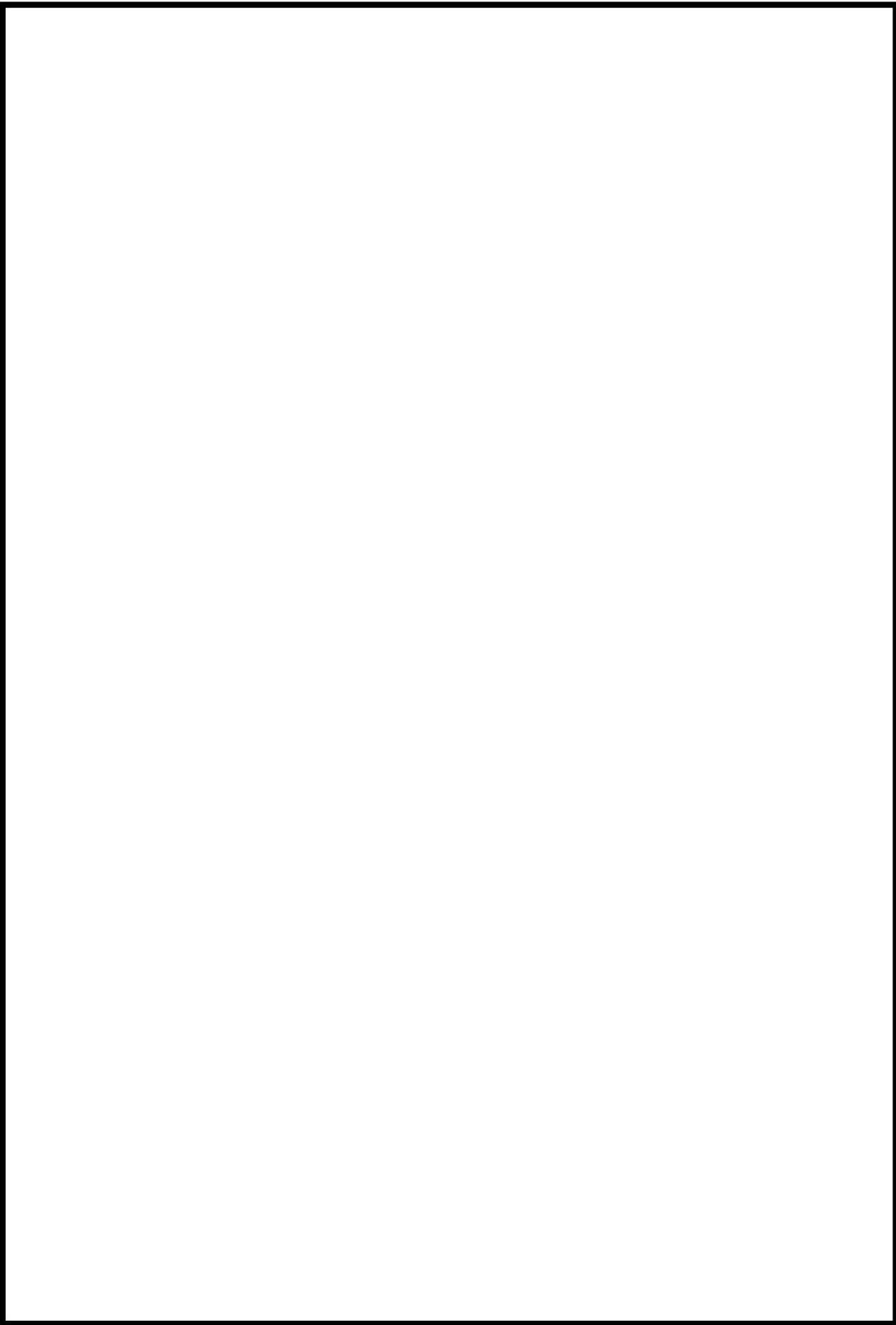


図2-5 高放射性廃液貯蔵場(HAW)のトレンチ以外の壁貫通部調査(南側)1/3

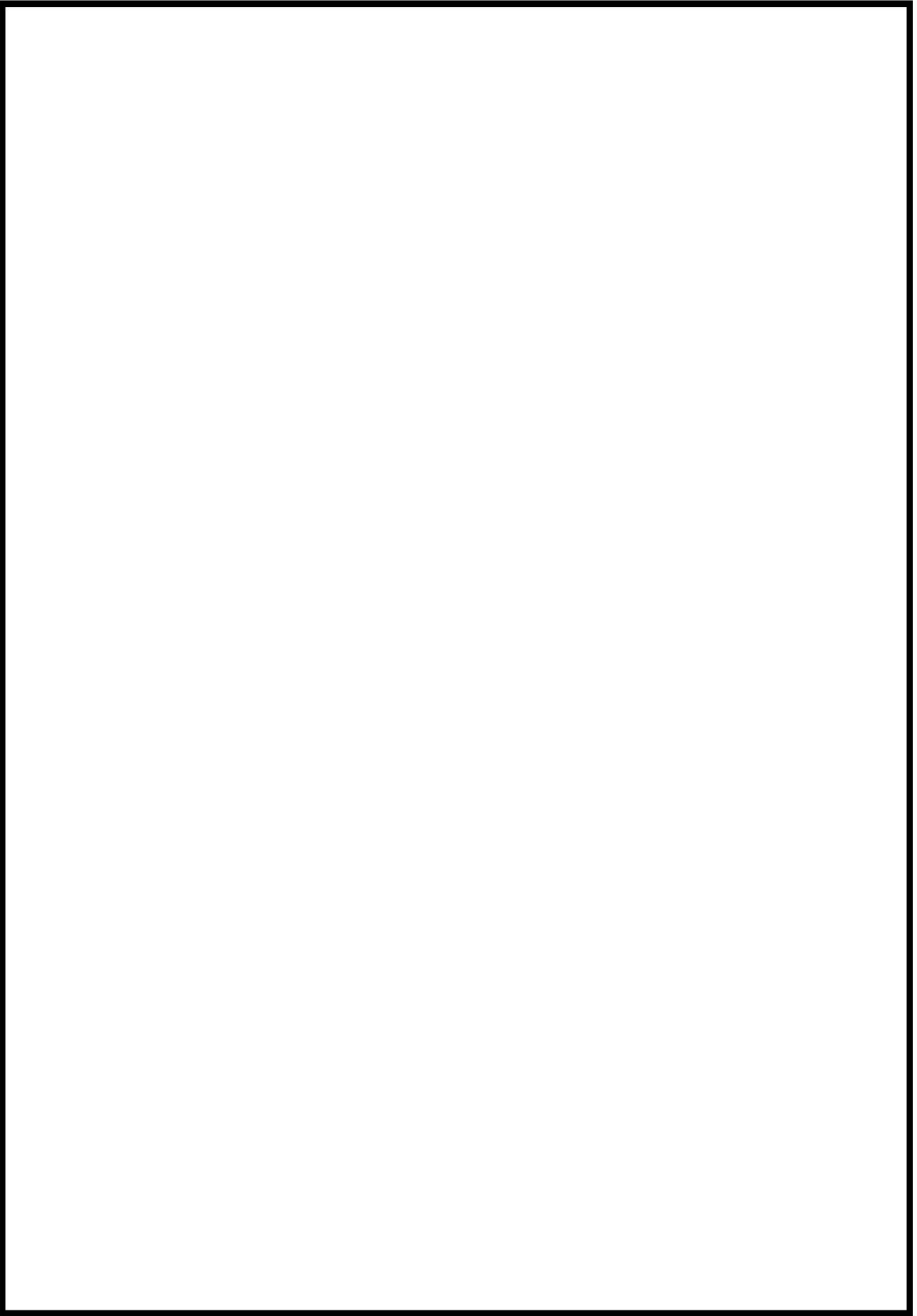


図2-5 高放射性廃液貯蔵場(HAW)のトレンチ以外の壁貫通部調査(南側)2/3

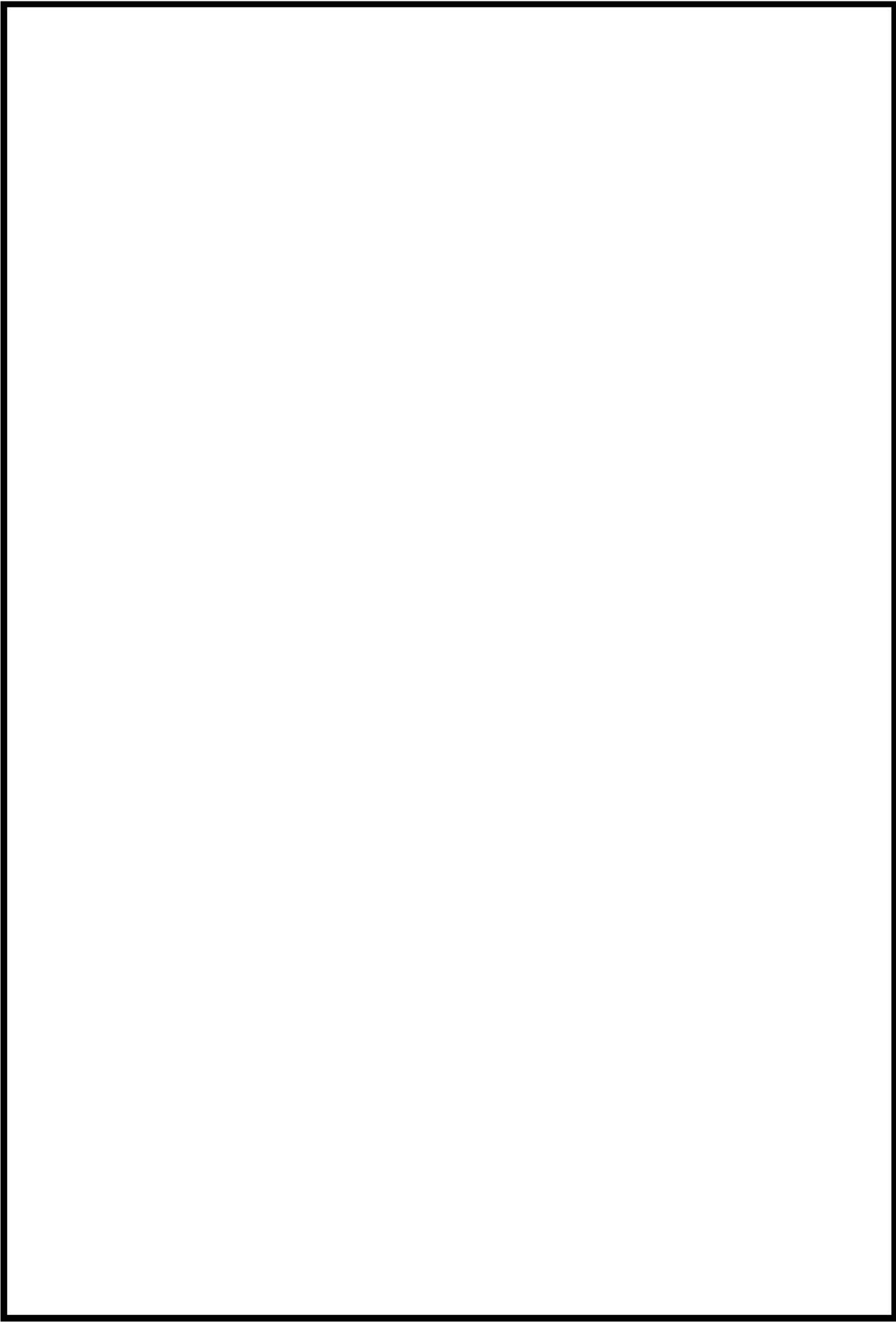


図2-5 高放射性廃液貯蔵場(HAW)のトレンチ以外の壁貫通部調査(南側)3/3

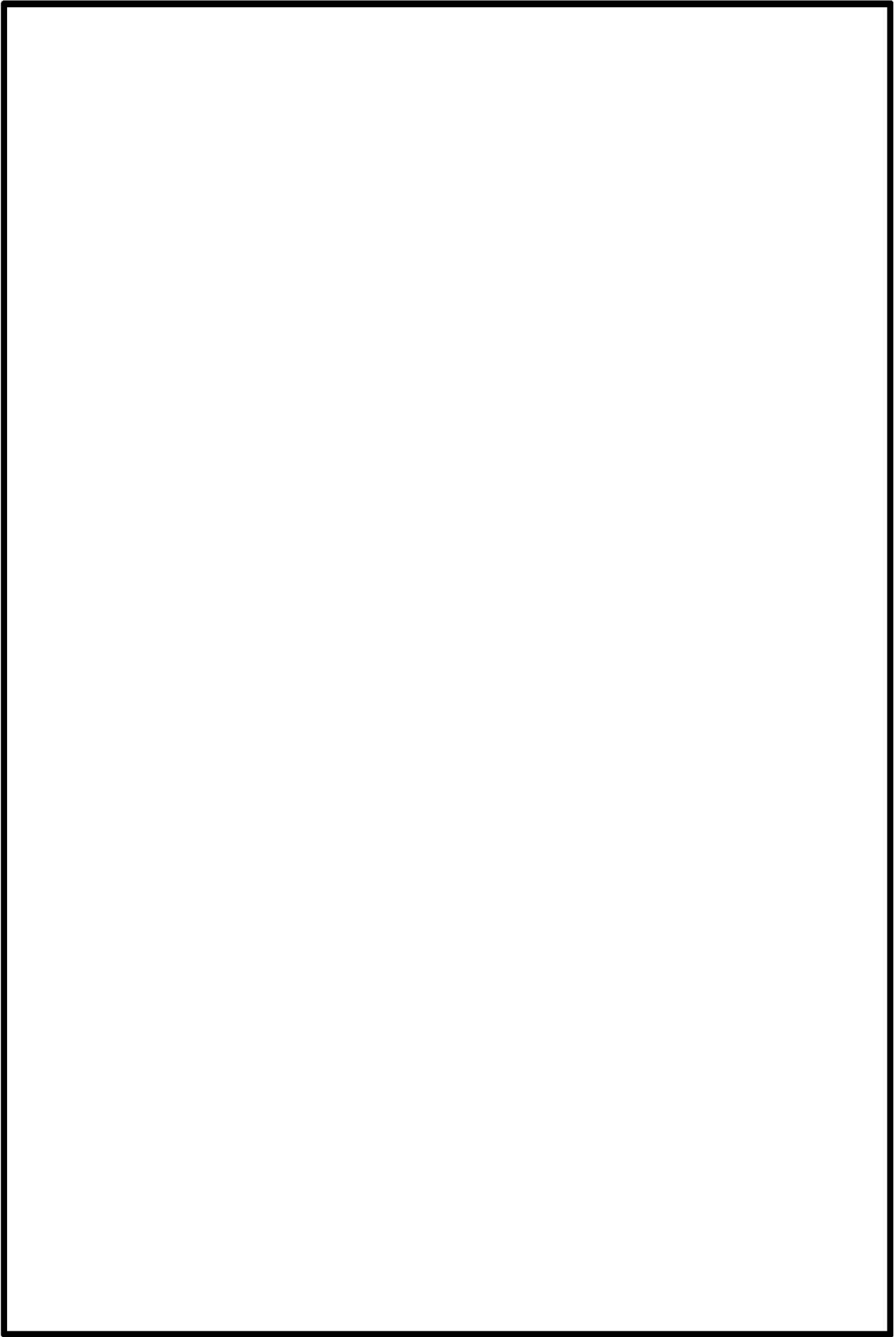


図2-6 T.P.+14.2 m以下の建家外壁開口部の施工概要

図2-7 浸水防止扉等の設置状態

図3-1 T21トレンチの構造(概要)

図3-2 連絡管路の構造(概要)

図3-3 T15トレンチの構造(概要)

図5-1 T21トレンチの構造(浸水想定)

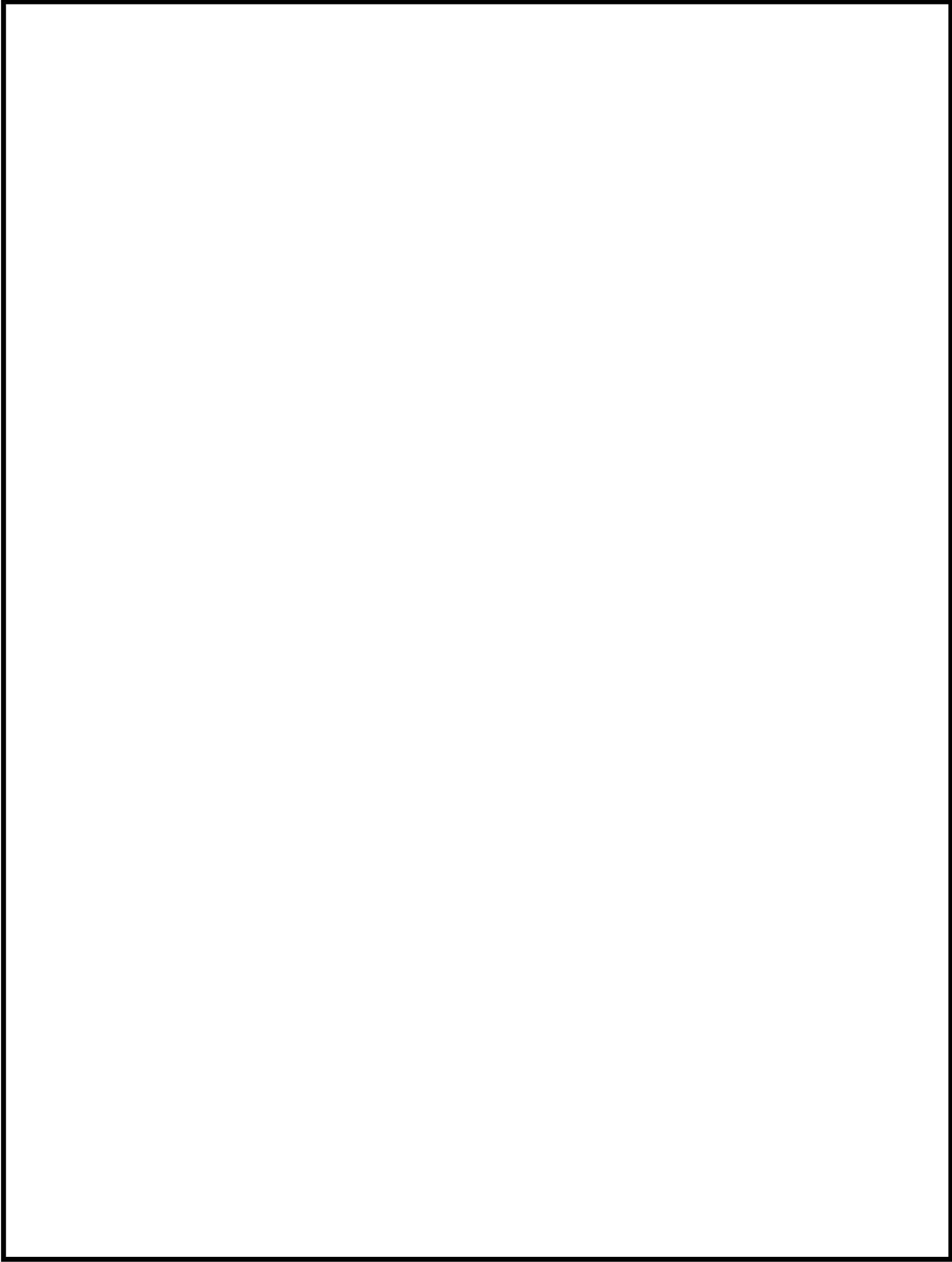


図5-2 連絡管路の構造(浸水想定)

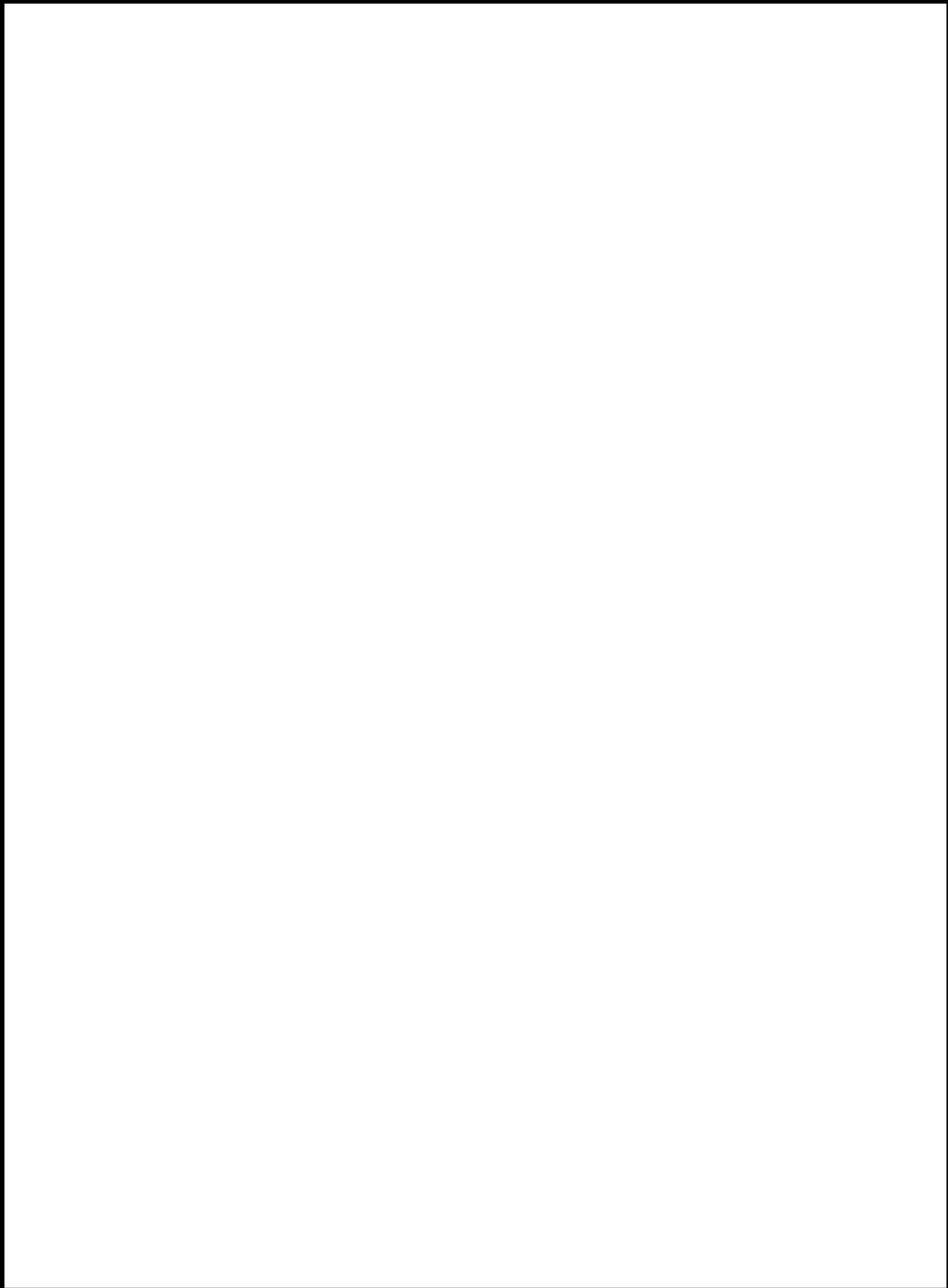


図5-3 T15トレンチの構造(浸水想定)

連絡管路

振動方向		設計用地震動に対する HAW-MP間最大相対変位*1[mm]			接合部 クリアランス [mm]
		Ss-D	Ss-1	Ss-2	
水平	NS	19	7	21	50
	EW	19	8	15	50
鉛直		7	3	6	50

*1 相対変位は、HAW建家、MP建家それぞれの時刻歴応答における最大変位の発生時刻の同時性を保守的に無視し、時刻にかかわらずそれぞれの最大変位の絶対値を加えて評価した。また、連絡管路上部位置より高い位置の床応答変位を保守的に用いた。

T15トレンチ

振動方向		設計用地震動に対する HAW-MP間最大相対変位*1[mm]			接合部 クリアランス [mm]
		Ss-D	Ss-1	Ss-2	
水平	NS	15	5	16	100
	EW	15	6	11	100
鉛直		6	3	6	100

*1 相対変位は、HAW建家、MP建家それぞれの時刻歴応答における最大変位の発生時刻の同時性を保守的に無視し、時刻にかかわらずそれぞれの最大変位の絶対値を加えて評価した。また、連絡管路上部位置より高い位置の床応答変位を保守的に用いた。

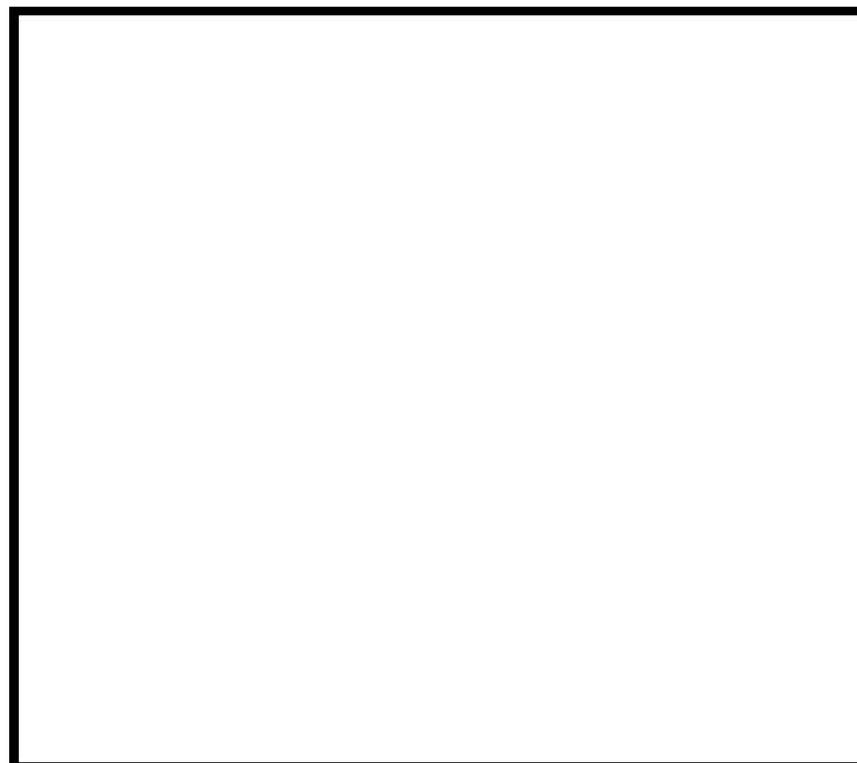


表4-1 設計地震動によりHAWとMPに生じる相対変位(暫定値)

図5-4 シール材(難燃性気密防水材)の耐圧試験の実施状況(R2.3.25実施)

図5-5 モルタル充填の耐圧試験の実施状況 (R2.5.8実施)

建家内へ浸水した場合の影響について

トレンチ等の構造上、建家内に浸水することは考えにくいですが、浸水した場合の影響について以下の通り検討した。

(1) T21 トレンチ

T21 トレンチは高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家外壁との接合部があることから、仮に当該部が損傷し隙間が生じた際の浸水経路及び浸水量を図 1(1/3)に示す。当該部が損傷しひび割れが生じた際は、1 階の廊下から最終的に地下ピット(2 重スラブ含む)に流入する。流入が継続し地下ピット(2 重スラブ含む)が満水になれば、地下 1 階の廊下に溢れ、セル入気口の高さまで水位が上昇した場合は、セル内に流入することとなるが、浸水量は、境界部に 5 mm のひび割れが発生した場合を想定すると、約 300 m³でありセル内に流入することはない。

(2) 連絡管路

連絡管路は高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家外壁と一体構造であり接合部がないが、仮に高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家外壁との境界部が損傷し隙間が生じた際の浸水の影響について図 1(2/3)に示す。連絡管路と高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家外壁にひび割れが生じた際は、2 階の廊下及び 1 階の廊下から最終的に地下ピット(2 重スラブ含む)に流入する。流入が継続し地下ピット(2 重スラブ含む)が満水になれば、地下 1 階の廊下に溢れ、セル入気口の高さまで水位が上昇した場合セル内に流入することとなるが、浸水量は、周方向に T21 トレンチと同等のひび割れが発生した場合を想定すると、約 140 m³でありセル内に流入することはない。また、仮に 2 重管に浸水した際は、ドレン配管を通してセル内に設置している水封槽に入り、中間貯槽へ流入する。

(3) T15 トレンチ

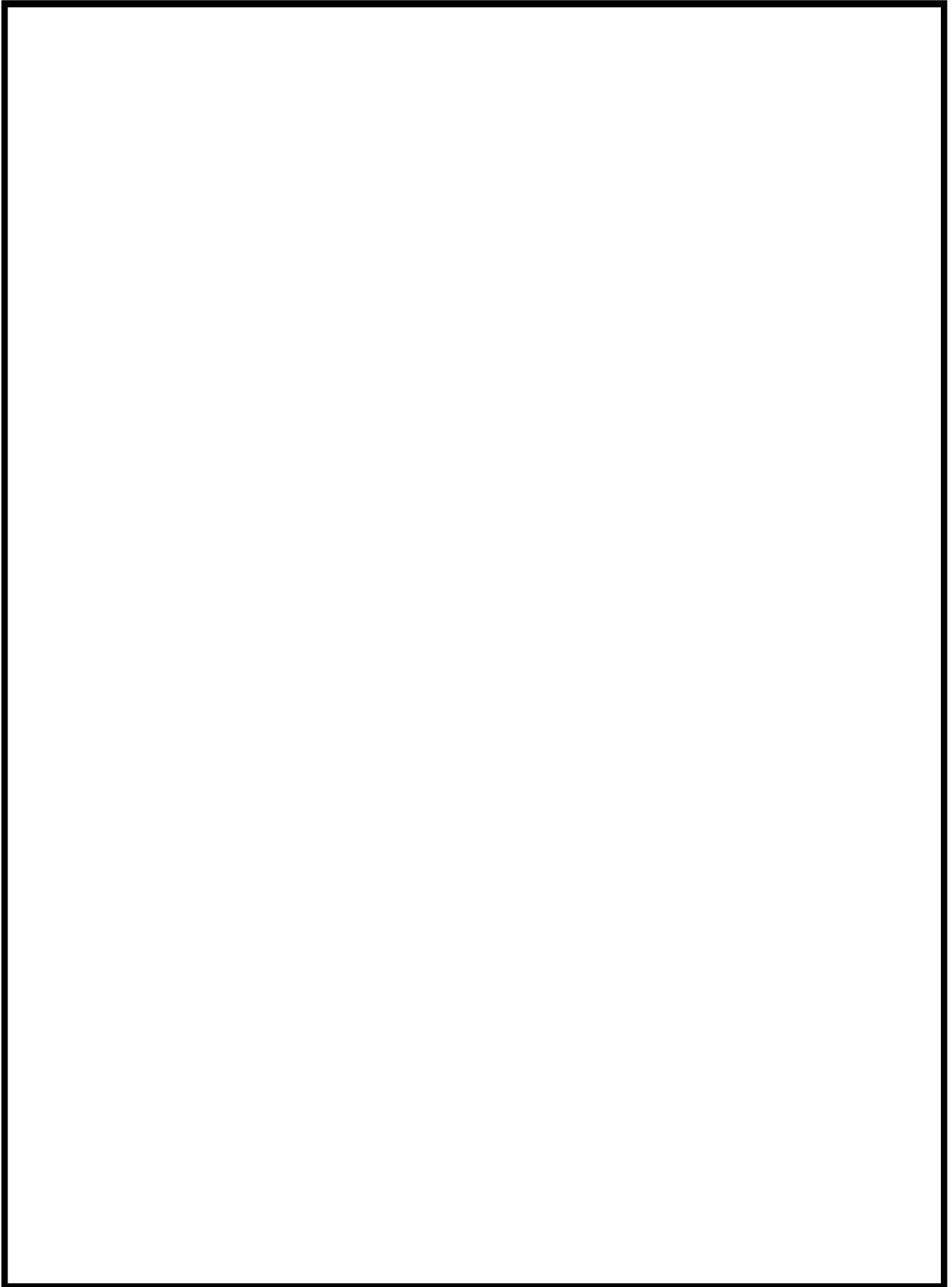
T15 トレンチは高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家外壁と一体構造であり接合部がないが、仮に高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家外壁との境界部が損傷し隙間が生じた際の浸水の影響について図 1(3/3)に示す。トレンチと高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家外壁の境界部にひび割れが生じた際は、1 階の廊下から最終的に地下ピット(2 重スラブ含む)に流入する。流入が継続し地下ピット(2 重スラブ含む)が満水になれば、地下 1 階の廊下に溢れ、セル入気口の高さまで水位が上昇した場合セル内に流入することとなるが、浸水量は、T21 トレンチと同等のひび割れが発生した場合を想定すると、約 220 m³でありセル内に流入することはない。また、仮に 2 重管に浸水した際は、分離精製工場(MP)側のセル内のドリフトレイに流入することから、高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家への影響はない。

(4) トレンチ等を除く壁貫通配管等

トレンチ等を除く壁貫通配管等は止水処置がなされているが、仮に止水処置部が損傷し隙間が生じた際の浸水の影響について図2に示す。貫通部の外径が最も大きく、高さが低い箇所(図4 No.3 制御ケーブル電線管)から浸水した際は、1階の廊下及び2階の廊下から最終的に地下ピット(2重スラブ含む)に集約されることとなるが、浸水量は約 21 m³ でありセル内に流入することはない。

建家内に流入した水については、中型送水ポンプ又はエンジン付きポンプを使用し回収することができる。また、仮にセル内に流入した場合でもエンジン付きポンプを使用し回収できる。排水方法については図3に示す。

なお、浸水した場合の排水作業については、継続的な訓練を行い、事故対処設備での対応が確実にできることを確認していく。



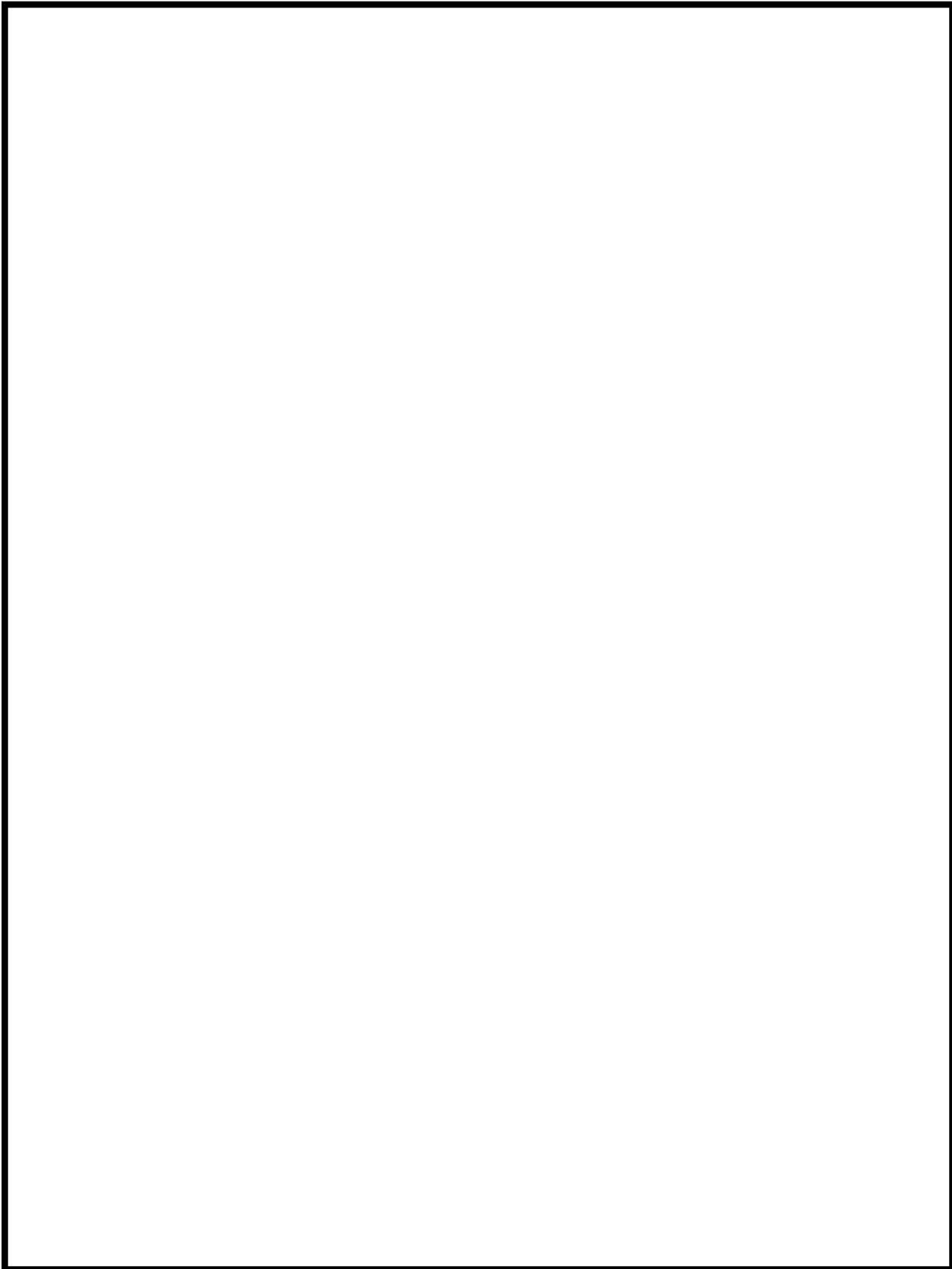


図2 建家内へ浸水した場合の影響(壁貫通配管部)

図3 建家内等浸水時の排水方法

屋外監視カメラについて

屋外監視カメラについて

1. 概要

再処理施設への津波の襲来状況等を把握するため、繰り返しの襲来を察知し、津波防護施設及び浸水防止設備の機能、敷地東側の沿岸域並びに敷地内外の状況を監視するために、津波監視設備として、屋外監視カメラを設計津波の影響を受けにくい分離精製工場の屋上に設置している(図-1)。当該監視カメラの機能等について規制要求と比較し、要求を満たすための対応について整理した。

2. 屋外監視カメラの設備構造及び運用

現在運用している屋外監視カメラは、赤外線カメラと可視光カメラを登載した屋外防水防塵構造のデュアルカメラであり(表-1)、カメラの左右旋回(360度)、上下旋回(水平±90度)及びズーム(2倍、4倍)の操作が可能であり、屋外における津波等の災害の状況を把握することができる。また、カメラの操作は分離精製工場の中央制御室にて行い、カメラ映像は分離精製工場の中央制御室と現場指揮所の監視パソコンにおいて確認することができる。

全交流電源喪失時には無停電電源装置、カセットボンベ式のポータブル発電機を用いて屋外監視カメラ及び監視パソコンに給電し、プラトニウム転換技術開発施設の管理棟駐車場に設置している可搬型発電機が使用できる場合は当該発電機から給電することが可能であり、停電時の運用が可能である。

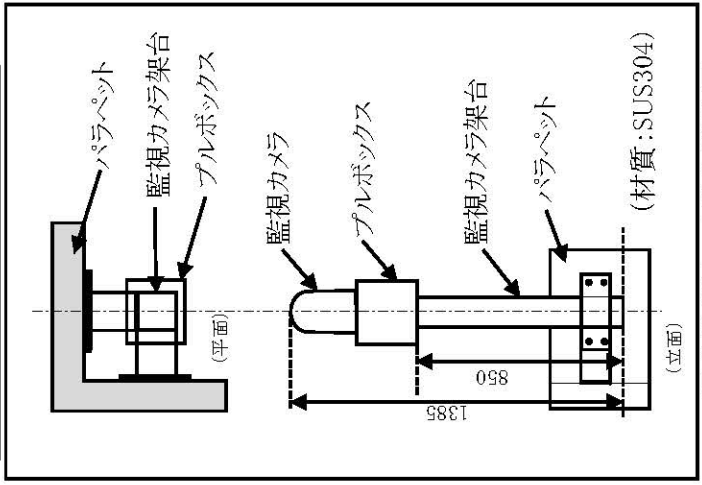
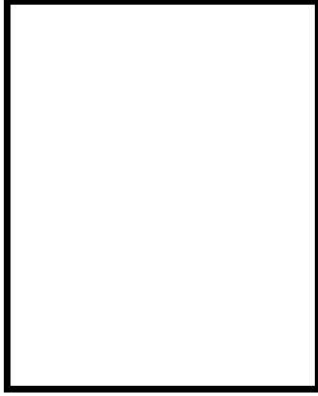
また、機能維持のため、定期点検の実施(外観目視、作動確認を毎月実施)及び予備品の確保を行っている。

3. 屋外監視カメラの現状と規制要求の整理

「耐震設計に係る工認審査ガイド」、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」及び「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」が屋外監視カメラに要求している事項と、再処理施設の屋外監視カメラの現状を整理した(表-2)。

4. まとめ

現在運用している屋外監視カメラについては、機能が維持できない場合には建家屋上から目視で施設周辺を監視する代替措置により対応する。



屋外監視カメラ架台構造図

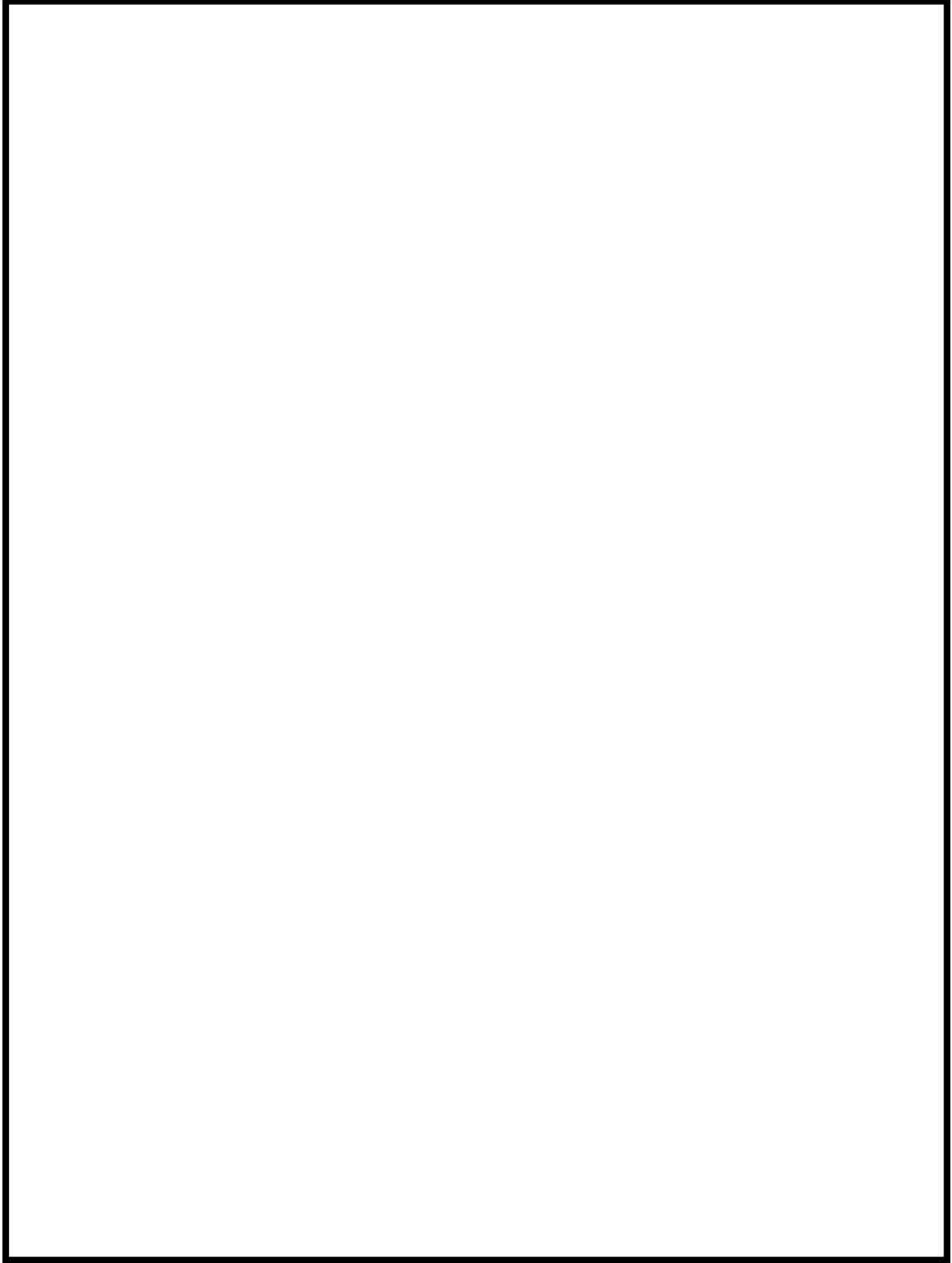


図1 屋外監視カメラの設置場所(1/2)

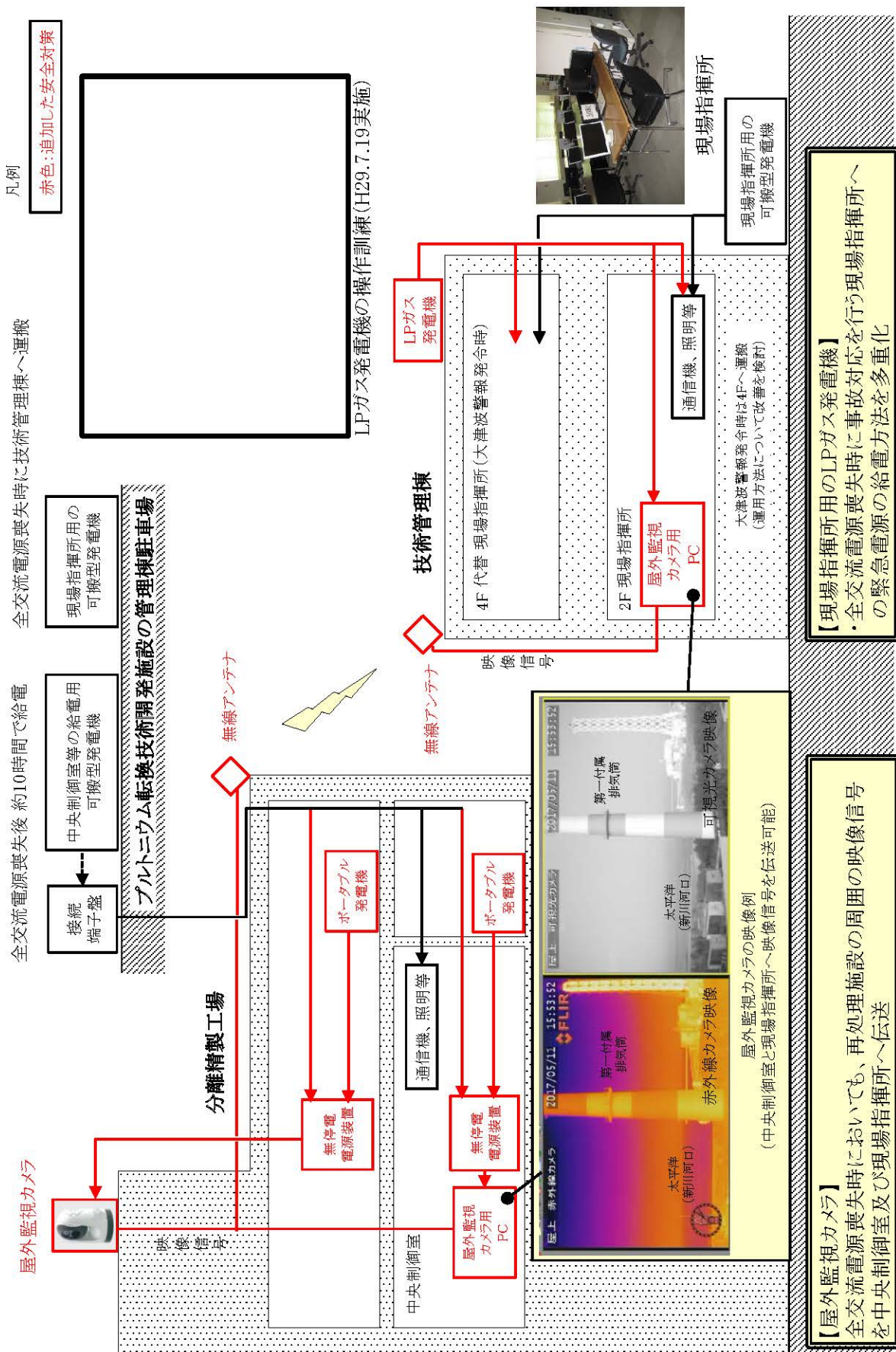


図1 屋外監視カメラの設置場所 (2/2)

表1 屋外監視カメラの主な仕様

		使用範囲など
	動作温度範囲	-25度～+55度
	防塵性能	MIL標準810E
	防水性能	IPx6
	視野角	25° × 20°
	パン(左右旋回)	連続 360°
	チルト(上下旋回)	水平±90°
	消費電力	25 W(最大50 W)
赤外線 カメラ	画像	夜間でも温度差に基づいたカラー画像を表示
	ズーム機能	デジタルズーム(×2倍、×4倍)
可視光 カメラ	画像	日中、微光環境下での白黒画像を表示
	ズーム機能	無

表2 屋外監視カメラの現状と規制要求の整理結果

規制要求		屋外監視カメラの現状		
ガイド名	要求事項	要求を満たしている事項	要求を満たしていない事項	要求を満たすための対応
耐震設計に係る工認審査ガイド	津波監視設備の耐震設計上の重要度分類はSクラスとし、基準地震動に対して十分な余裕を考慮して設計すること。	カメラ本体は水平方向9G、垂直方向15Gの耐衝撃性能を有している(メーカーカタログ値)。	廃止措置計画用設計地震動により、屋外監視カメラの付属機器(パソコン、ルーター、ケーブル等)及び可搬型電源は動的機能維持が確認された仕様ではないことから監視機能が損なわれるおそれがある。	カメラ本体及び付属機器の予備品を確保しており、破損した場合は、速やかに交換し、監視機能を復旧させる。PCについては、耐衝撃性能等を考慮した仕様として改善する。
	津波監視設備は、地震時又は地震後に機能保持が要求される動的機器であるため、基準地震動により、動的機能が保持されること。	カメラ本体は水平方向9G、垂直方向15Gの耐衝撃性能を有している(メーカーカタログ値)。	廃止措置計画用設計地震動により、屋外監視カメラの付属機器(パソコン、ルーター、ケーブル等)及び可搬型電源は動的機能維持が確認された仕様ではないことから監視機能が損なわれるおそれがある。	カメラ本体及び付属機器の予備品を確保しており、破損した場合は、速やかに交換し、監視機能を復旧させる。PCについては、耐衝撃性能等を考慮した仕様として改善する。
耐津波設計に係る工認審査ガイド	設置位置 遡上解析結果に基づき、津波防護施設や浸水防止設備の状態を監視でき、津波影響を受けにくい位置に設置されること。	カメラ本体は鉄筋コンクリート構造である分離精製工場 [*] の屋上(T.P.約33 m)に、監視モニターは分離精製工場の中央制御室(T.P.約20 m)に設置されており、津波の影響を受けにくい位置に設置している。	高放射性廃液貯蔵場及び浸水防止扉への状態は、屋外監視カメラの死角となっており視認できない。	高放射性廃液貯蔵場の浸水防止扉の状態は、高台の旧転換駐車場や建家屋上から目視などにより監視する。
	地震後や津波前後の主要位置における津波防護施設及び浸水防止設備の状態、並びに敷地前面の津波の襲来の状況等をリアルタイムかつ継続的に把握できる仕様であること。	カメラ本体は水平方向9G、垂直方向15Gの耐衝撃性能を有している(メーカーカタログ値)。	遡上津波の襲来の状況はリアルタイムで監視できる。	設置当時、1000ガル相当の地震動を想定し、耐えうるように据付ボルトの耐震設計を行った。
基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	構造及び強度(カメラ本体) 入力津波による荷重及び地震による荷重等の組み合わせを考慮して設定した、設備に生じる応力又は変形等の値が、許容限界値に対して妥当な余裕を有していること。	屋外監視カメラは津波の影響を受けにくい位置に設置されている。 カメラ本体は水平方向9G、垂直方向15Gの耐衝撃性能を有している(メーカーカタログ値)。	設置当時、1000ガル相当の地震動を想定し、耐えうるように据付ボルトの耐震設計を行った。	カメラ本体及び付属機器の予備品を確保しており、破損した場合は、速やかに交換し、監視機能を復旧させる。PCについては、耐衝撃性能等を考慮した仕様として改善する。
	構造及び強度(屋外監視カメラを設置する建家や建築物等) 地震や津波に対して屋外監視カメラの正常動作に影響を及ぼすことが無いこと。	屋外監視カメラの架台は剛構造であり、共振のおそれはない。主なケーブルは電線管等に収納し固有振動数が20Hz以上となるよう固定して敷設。	屋外監視カメラの架台は剛構造であり、共振のおそれはない。主なケーブルは電線管等に収納し固有振動数が20Hz以上となるよう固定して敷設。	廃止措置計画用設計地震動により、屋外監視カメラの付属機器(パソコン、ルーター、ケーブル等)及び可搬型電源は動的機能維持が確認された仕様ではないことから監視機能が損なわれるおそれがある。

* 廃止措置計画用設計地震動による地震力や廃止措置計画用設計津波による波圧、漂流物の衝突を考慮した場合においても倒壊しない見通しであり、令和2年11月までに行う詳細評価において十分な構造強度を有することを確認する。

屋外監視カメラの監視機能維持の方法

屋外監視カメラを構成する部品は、監視機能を維持するために、交換可能な設計とするとともに、監視装置等と屋外監視カメラ本体とを直接接続可能な設計としており、中央制御室に常駐する要員により構成部品の交換又は監視装置との接続操作は速やかに行える。

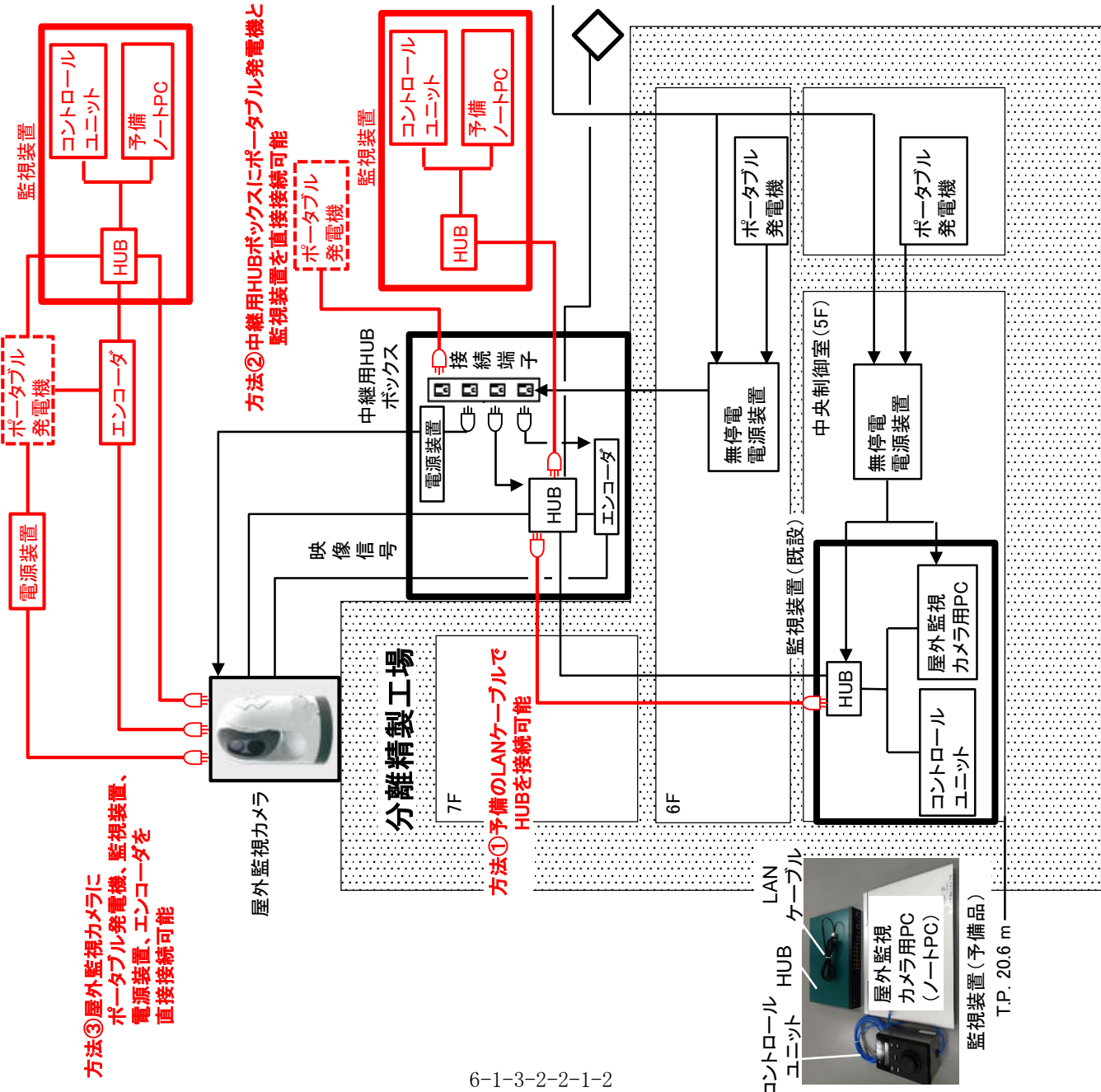
これらの操作は、設計津波の遡上波が敷地へ浸入するまでの時間を考慮し、要員による対応が確実に実施できることを確認する。

さらに、監視機能が維持できない場合には設計津波の遡上高さを上回る建家屋上等から目視により施設周辺を監視する代替措置により対応することができることを確認する。

上記の対応については、令和2年7月までに実施する事故対処設備の有効性評価に合わせて確認する。

以上

屋外監視カメラの構成と監視機能維持の方法



方法③屋外監視カメラにポータブル発電機、監視装置、電源装置、エンコーダを直接接続可能

方法②中継用HUBボックスにポータブル発電機と監視装置を直接接続可能

方法①予備のLANケーブルでHUBを接続可能

凡例
— : 監視機能維持の方法

- 屋外監視カメラ等の耐震性**
- ・屋外監視カメラ本体は、水平方向9 G、垂直方向15 Gの耐衝撃性能を有している。屋外監視カメラの架台は剛構造であり、1000ガル相当の地震動に耐え得る据付ボルトで分離精製工場屋上に固定している。
 - ・分離精製工場建家は、設計地震動による地震力や設計津波による波浪、漂流物の衝突を考慮した場合においても倒壊しない見通しであり、令和2年11月までに行う詳細評価において十分な構造強度を有することを確認する。
 - ・屋外のケーブル類は電線管に収納し、定ピッチスパン法で算出した固有振動数20 Hz以上になるサポート間隔で分離精製工場の外壁に固定している。

IEPCDF管理棟駐車場の可搬型発電機から給電
無線アンテナ（現場指揮所へ伝送）

- 監視機能維持の方法**
- 方法①中継用HUBボックスのHUBと中央制御室のHUBを予備のLANケーブル（約50 m）で接続することで監視機能を維持可能。
- 方法②中継用HUBボックスの接続端子、HUBにポータブル発電機（屋内に配備済）と監視装置を直接接続することで、監視機能を維持可能。
- 方法③屋外監視カメラ本体にポータブル発電機と、監視装置、電源装置、エンコーダを直接接続することで、監視機能を維持可能。

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の外壁の補強について

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の外壁の補強について

1. 概要

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の建家1階にはシャッターと扉による開口部(以下「開口部」という。)があり、開口部の外側には浸水防止扉が設置されている(別紙 6-1-3-2-3-1参照)。

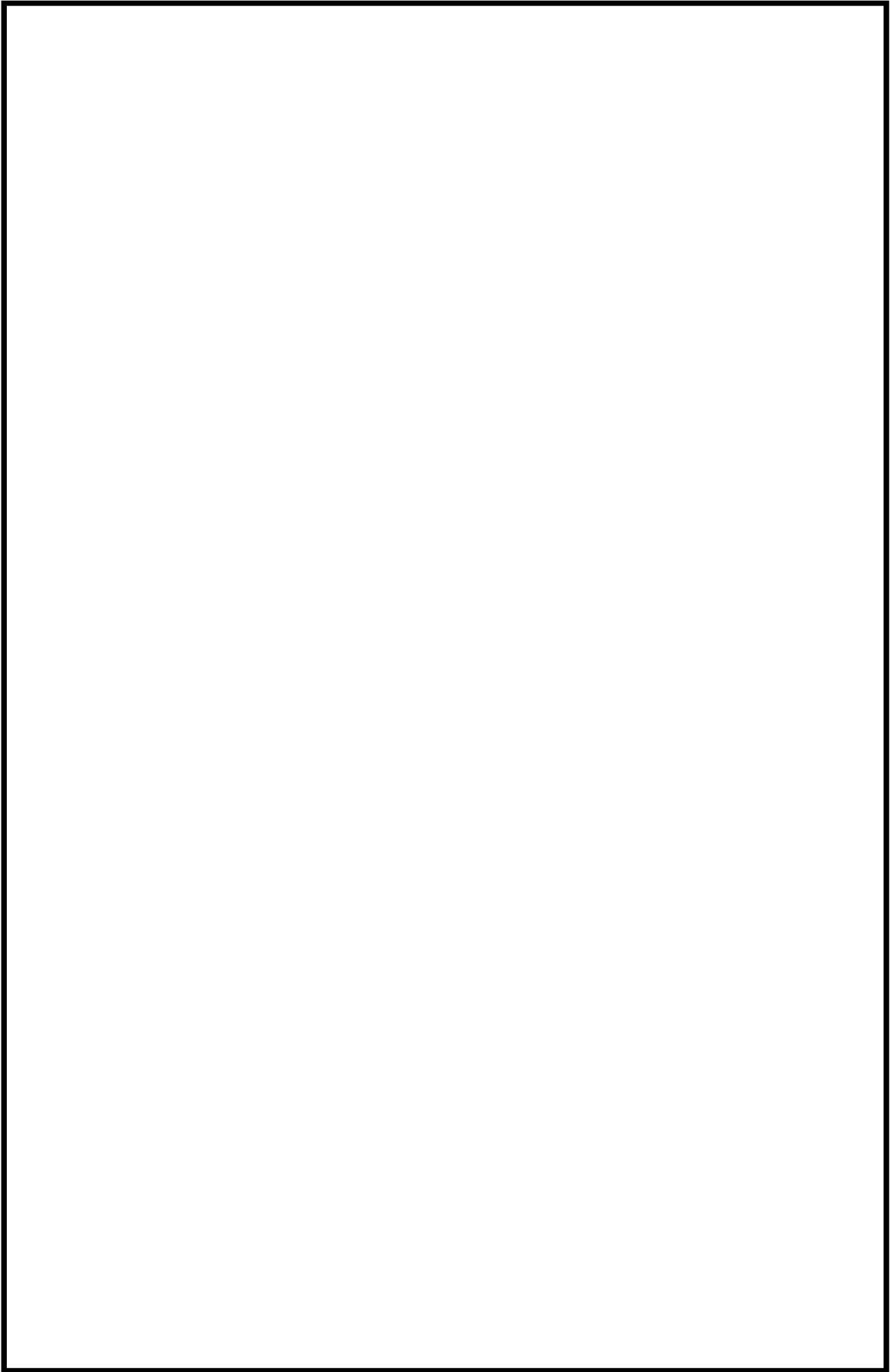
高放射性廃液貯蔵場(HAW)1階南面開口部周辺の外壁は、浸水防止扉に加わる津波波力を負担することから応力が部材耐力を超えるため補強対策を行う(別紙 6-1-3-2-3-2参照)*。補強に当たっては、外壁外側はスライド式浸水防止扉と干渉するため、内側にコンクリートの増し打ち補強を行う補強設計を進めており、令和2年7月に申請を予定している(別紙 6-1-3-2-3-3参照)。

*当該箇所を除くその他の外壁については、津波波力に対し部材耐力を超過せず、補強を要さない

2. 開口部周辺の補強の考え方(別紙 6-1-3-2-3-4参照)

津波の波力による応力は下部で大きくなるため、これまでの概略検討では下部の補強が必要となっている。

現在、実施中の補強設計では、既存躯体との一体性を確保するため、開口部周辺の外壁全面を補強範囲とし、既存躯体にあと施工アンカーを打設し、増打ち壁と連結する計画である。



廃止措置計画用設計津波による波力＋余震に対して 補強が必要な高放射性廃液貯蔵場(HAW)の外壁面について

- 廃止措置計画用設計津波を基に評価した高放射性廃液貯蔵場(HAW)の波力算定用津波高さは T.P.+12.1 m。
- 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の外壁に作用する津波波力(水深係数3)に余震を重畳させた場合の荷重と外壁の短期許容応力の検定比を評価した(表1, 2)。
- 2箇所の開口部(浸水防止扉)を有する外壁(南側)は、津波波力と余震による荷重が、短期許容応力を上回るため、開口部周辺の補強を行い、高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家内への浸水を防止する。

表2 評価結果 (詳細は次頁参照)

評価対象外壁	照査項目	外壁の短期許容応力に対する 津波波力＋余震による 荷重の検定比*1
開口壁 (南側[高台側])	曲げ	1.64
	せん断	2.14
無開口壁 (東側[海側])	曲げ	0.84
	せん断	0.58
開口壁 (北側[新川側])	曲げ	0.89
	せん断	0.83
無開口壁 (西側[陸地側])	曲げ	0.84
	せん断	0.58

表1 評価条件

項目	条件
波力算定用 津波高さ	T.P.+12.1 m
水深係数	3
余震	Sd=1/2Ss
外壁の 評価基準	短期許容応力

*1 小数点第三位を切り上げ

短期許容曲げモーメントの算出式※1

$$M = a_t f_t j$$

- M : 短期許容曲げモーメント [N・mm]
 a_t : 引張鉄筋断面積 [mm²]
 f_t : 引張鉄筋の許容引張応力度 [N/mm²]
 j : 梁の応力中心距離で、(7/8) d としてよい

部材の有効せいの算出式

$$d = D - d_t$$

- d : 部材の有効せい [mm]
 D : 壁厚 [mm]
 d_t : 引張縁から引張鉄筋重心までの距離 [mm]

短期許容せん断力の算出式※2

$$Q_{AS} = bj \left\{ \frac{2}{3} \alpha f_s + 0.5_w f_t (p_w - 0.002) \right\}$$

ただし、

$$\alpha = \left(\frac{4}{\frac{M}{Qd} + 1} \right) \text{ かつ } (1 \leq \alpha \leq 2)$$

(柱は $1 \leq \alpha \leq 1.5$)

p_w の値が 1.2% を超える場合は、1.2% として許容せん断力を計算する。

- Q_{AS} : 短期許容せん断力 [N]
 b : 壁幅 [mm]
 j : 応力中心間距離 [mm]
 f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 [N/mm²]

- α : せん断スパン比 $\frac{M}{Qd}$ による割増係数
 M : 最大曲げモーメント [N・mm]
 Q : 最大せん断力 [N]
 d : 部材の有効せい [mm]

- $_w f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度 [N/mm²]
 (390 N/mm² を超える場合は 390 N/mm² として許容せん断力を計算する)
 p_w : せん断補強筋比

※1 出典: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説2018 (13.1) 式
 ※2 出典: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説2018 (15.3) 式

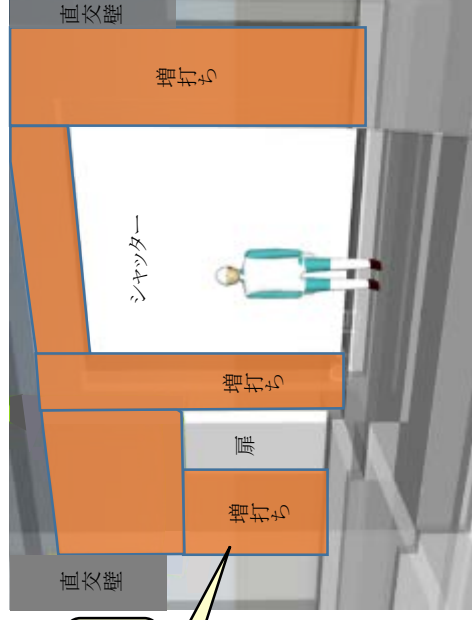
津波波圧による曲げモーメントの算出式※3	津波波圧によるせん断力の算出式※3
<p style="text-align: center;">$M = M_s + M_e$</p> <p>M_s : 三角分布の荷重による曲げモーメント[kN・m] M_e : 等分布の荷重による曲げモーメント[kN・m]</p> <p>三角分布の荷重による曲げモーメント算出式</p> $M_s(\text{中央}) = 0.043l \left\{ 10.1 \frac{l^2}{2} \right\}$ $M_s(\text{下端}) = \frac{l}{10} \left\{ 10.1 \frac{l^2}{2} \right\}$ <p>等分布の荷重による曲げモーメント算出式</p> $M_e(\text{中央}) = 10.1(h_T - h_1) \frac{l^2}{24}$ $M_e(\text{下端}) = 10.1(h_T - h_1) \frac{l^2}{12}$ <p>l : 壁高さ[m] h_1 : 壁上端までの高さ[m] h_T : 水深係数α × 静水圧換算津波高さh</p>	<p style="text-align: center;">$Q = Q_s + Q_e$</p> <p>Q_s : 三角分布の荷重によるせん断力[kN] Q_e : 等分布の荷重によるせん断力[kN]</p> <p>三角分布の荷重によるせん断力算出式</p> $Q_s = \frac{7}{10} l \left\{ 10.1 \frac{l^2}{2} \right\}$ <p>等分布の荷重によるせん断力算出式</p> $Q_e = 10.1(h_T - h_1) \frac{l}{2}$
<p>水深係数 × 津波高さ</p> <p>h_T</p> <p>h_1</p> <p>l</p> <p>G.L.</p>	<p>三角分布</p> <p>等分布</p> <p>台形分布の応力を三角分布と等分布の和で算出</p>

※3 津波による曲げモーメント及びせん断力は、弾性梁の理論式から算出。出典：建築構造ポケットブック（共立出版）、建築構造力学（培風館）

- 開口部周辺の外壁は、浸水防止扉が受ける波力を負担することから応力が大きくなり、部材耐力を超えるため、補強する必要がある。
- 外壁外側はスライド式浸水防止扉と干渉するため、内側にコンクリートの増打ち補強を行う。

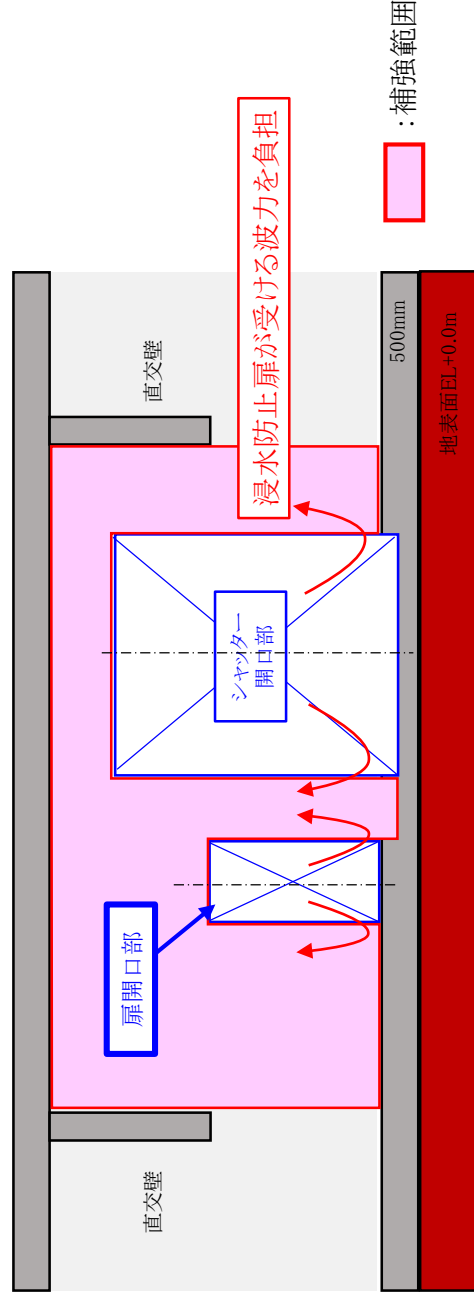


建家内から開口部周辺を
コンクリートで増打ち



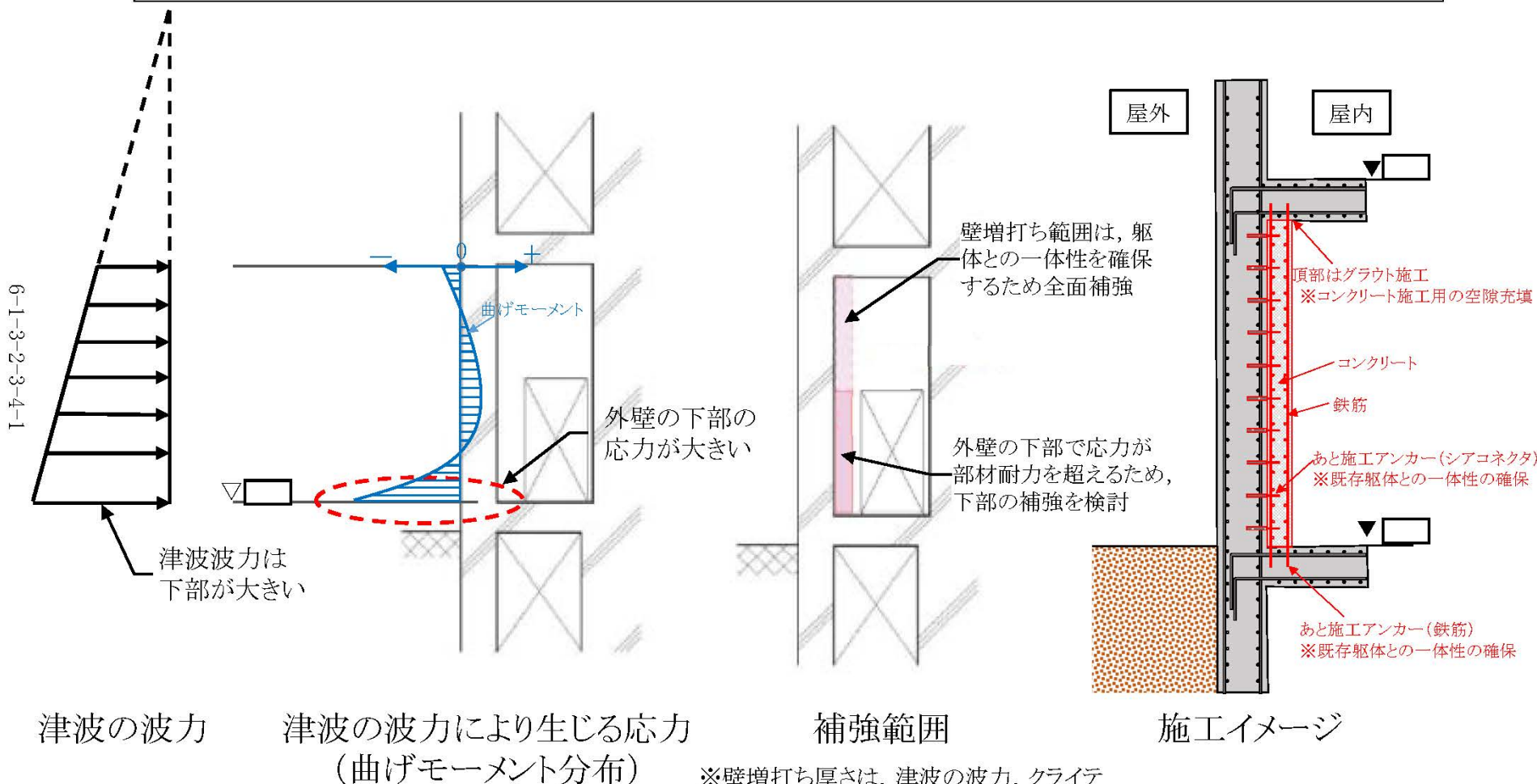
建家外側の状況 (スライド式浸水防止扉)

建家内開口部周辺の増打ちのイメージ図



建家内開口部周辺の補強のイメージ図 (建家内断面図)

- ・津波波力は下部の方が大きく、外壁の下部の応力が大きくなるため、補強が必要となる。
- ・開口部周辺の外壁下部の補強が必要となるが、既存躯体との一体性を確保するため、開口部周辺の外壁全面を補強範囲として設計を進める。
- ・あと施工アンカーにより、既存躯体と増打ち壁の一体性を高める。



※壁増打ち厚さは、津波の波力、クライテリアに応じて仕様を確定する。

(別冊 1－12)

再処理施設に関する設計及び工事の計画

(高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及び配管トレンチ (T21) 周辺の地盤改良工事)

建物（その 16）高放射性廃液貯蔵場

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	6
6. 工事の工程	8

別 図 一 覧

- 別図-1 再処理施設の構成及び申請範囲
- 別図-2 置換コンクリート施工範囲平面図
- 別図-3 A- A' 断面図
- 別図-4 B- B' 断面図
- 別図-5 C- C' 断面図
- 別図-6 D- D' 断面図
- 別図-7 置換コンクリート工事フロー図

表 一 覧

表-1 設計条件 1

表-2 設計条件 2

表-3 設計仕様

表-4 置換コンクリート工の範囲

表-5 高放射性廃液貯蔵場（HAW）及び配管トレンチ（T21）周辺の地盤改良工事工程表

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」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 2 年 2 月 10 日付け原規規発第 2002103 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について、変更認可の申請を行う。

今回、高放射性廃液貯蔵場（HAW）は地盤の拘束効果により建物の接地率及び接地圧の向上、配管トレンチ（T21）は躯体の曲げ及びせん断力に対する耐震性を向上させることを目的として、周辺地盤を置換コンクリートにより改良する。

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)

「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)

「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

(平成 25 年 原子力規制委員会規則第 27 号)

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

(平成 25 年 原子力規制委員会規則第 5 号)

「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601)」 (日本電気協会)

「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)」

「コンクリート標準示方書」 (土木学会)

「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震設計に関する安全性照査マニュアル」

(平成 4 年 9 月 土木学会 原子力土木委員会)

「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」

(平成 17 年 6 月 土木学会 原子力土木委員会)

3. 設計の基本方針

高放射性廃液貯蔵場（HAW）は地盤の拘束効果により建物の接地率及び接地圧の向上、配管トレンチ（T21）は躯体の曲げ及びせん断力に対する耐震性を向上させることを目的として、周辺地盤を置換コンクリートにより改良する。

4. 設計条件及び仕様

(1) 設計条件

表-1 設計条件 1

名 称	高放射性廃液貯蔵場 (HAW)
耐震重要度分類	セル Sクラス (旧 A類) 建家 Bクラス (旧 B類)
構 造	鉄筋コンクリート造

表-2 設計条件 2

名 称	配管トレンチ (T21)
耐震重要度分類	Sクラス (旧 A類)
構 造	鉄筋コンクリート造

(2) 仕様

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及び配管トレンチ（T21）の耐震性向上のため、以下の施工を行う。

表-3 設計仕様

名 称	高放射性廃液貯蔵場（HAW）及び配管トレンチ（T21）
仕 様	高放射性廃液貯蔵場（HAW）周辺地盤 置換コンクリート：普通コンクリート（JIS A 5308） 設計基準強度 18 N/mm ² 配管トレンチ（T21）周辺地盤 置換コンクリート：普通コンクリート（JIS A 5308） 設計基準強度 18 N/mm ²
図	別図-1～別図-6

表-4 置換コンクリート工の範囲

対 象	底面（m）※1, 2	上面（m）※1
高放射性廃液貯蔵場（HAW）	T.P. ±0.00 以深	T.P. +4.00 以浅
配管トレンチ（T21）	T.P. +0.70 以深	T.P. +5.30 以浅

※1：既設構造物の状況により、改良範囲が異なる場合がある。

※2：砂質泥岩層（久米層）（以下「久米層」という。）の出現深度により、改良範囲が異なる場合がある。

5. 工事の方法

(1) 工事の方法及び手順

本工事は、まず、地表面から、置換コンクリート底面深さである T.P. ±0.00 m（配管トレンチ（T21）周辺は T.P. +0.70 m）まで掘削する。掘削完了前に久米層が確認された場合は、確認された深さで掘削を止める。掘削床に関して、基面整形を行った後、型枠の組立て及び置換コンクリート上面深さである T.P. +4.00 m（配管トレンチ（T21）周辺は T.P. +5.30 m）になるまでコンクリート打設を繰り返す（ただし、既設構造物がある場合は改良深さが異なる場合がある。）。置換コンクリートの上面深さに達した後、地表面まで埋め戻す。この工程を置換コンクリートの施工範囲が完了するまで繰り返す（ただし、既設構造物がある場合は改良範囲が異なる場合がある。）。なお、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟近傍の置換コンクリートの直下のみ、地表面から沖積層の地盤補強を実施する。

本工事のフローを別図-7 に示す。また、本工事において実施する試験・検査項目、検査方法、判定基準を以下に示す。

1) 試験・検査項目

試験・検査は、工事の工程にしたがい、次の項目について実施する。

① 強度検査

方 法： 置換コンクリートの強度を圧縮強度試験により確認する。

判 定： 置換コンクリートの圧縮強度の平均値が表-3 に示す設計基準強度の値以上であり、かつ、個々の値が表-3 に示す設計基準強度の値の 85 %以上であること。

② 寸法検査 1

方 法： 置換コンクリートの底面深さを測定により確認する。ただし、久米層の出現深度が表-4 より浅い場合には久米層を底面とする。久米層は地盤調査時に採取した土質試料との比較により確認する。

判 定： 置換コンクリートの底面深さが表-4 に示す範囲であること。ただし、久米層の出現深度が表-4 より浅い場合には、地盤調査時に採取した土質試料と同じ土質であることの確認結果を踏まえ、置換コンクリートの底面を別図-3～別図-6 に示す久米層とする。

寸法検査 2

方 法： 置換コンクリートの上面深さを測定により確認する。

判 定： 置換コンクリートの上面深さが表-4 に示す範囲であること。

③ 外観検査

方 法： 置換コンクリートの範囲を目視により確認する。

判 定： 置換コンクリートが別図-2 に示す範囲であること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の注意事項にしたがい行う。

- 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、労働安全衛生法に従い、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、作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した上で、作業を実施する。
- ③ 本工事においては、ヘルメット、保護手袋等の保護具を作業の内容に応じて着用し、災害防止に努める。
- ④ 本工事における火気作業時は、近傍の可燃物を除去した上で実施する。ただし、可燃物を除去できない場合は、不燃シートによる作業場所の養生等を行い、火災を防止する。
- ⑤ 本工事における高所作業時は、墜落制止用器具等の保護具を着用し、災害防止に努める。
- ⑥ 本工事における掘削作業時は、既設埋設物及び既設構築物を図面及び現地にて確認し、既設埋設物及び既設構築物の損傷防止に努める。
- ⑦ 本工事においては、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、分離精製工場（MP）、リサイクル機器試験施設（RETF）リサイクル機器試験棟、主排気筒、第二付属排気筒及び配管トレンチ等の躯体に対して損傷を与えないよう、監視の強化、躯体近傍での重機の制限等を要領書等に定めて工事を行う。なお、補修等の必要がある劣化等が確認された場合は、速やかに補修等の適切な対処を行う。

- ⑧ 本工事においては、工事期間中も電源、冷却水供給等の事故対処ができるように、高放射性廃液貯蔵場（HAW）へのアクセスに支障の無いよう仮設足場等、工事状況に応じて適切な措置を講じる。

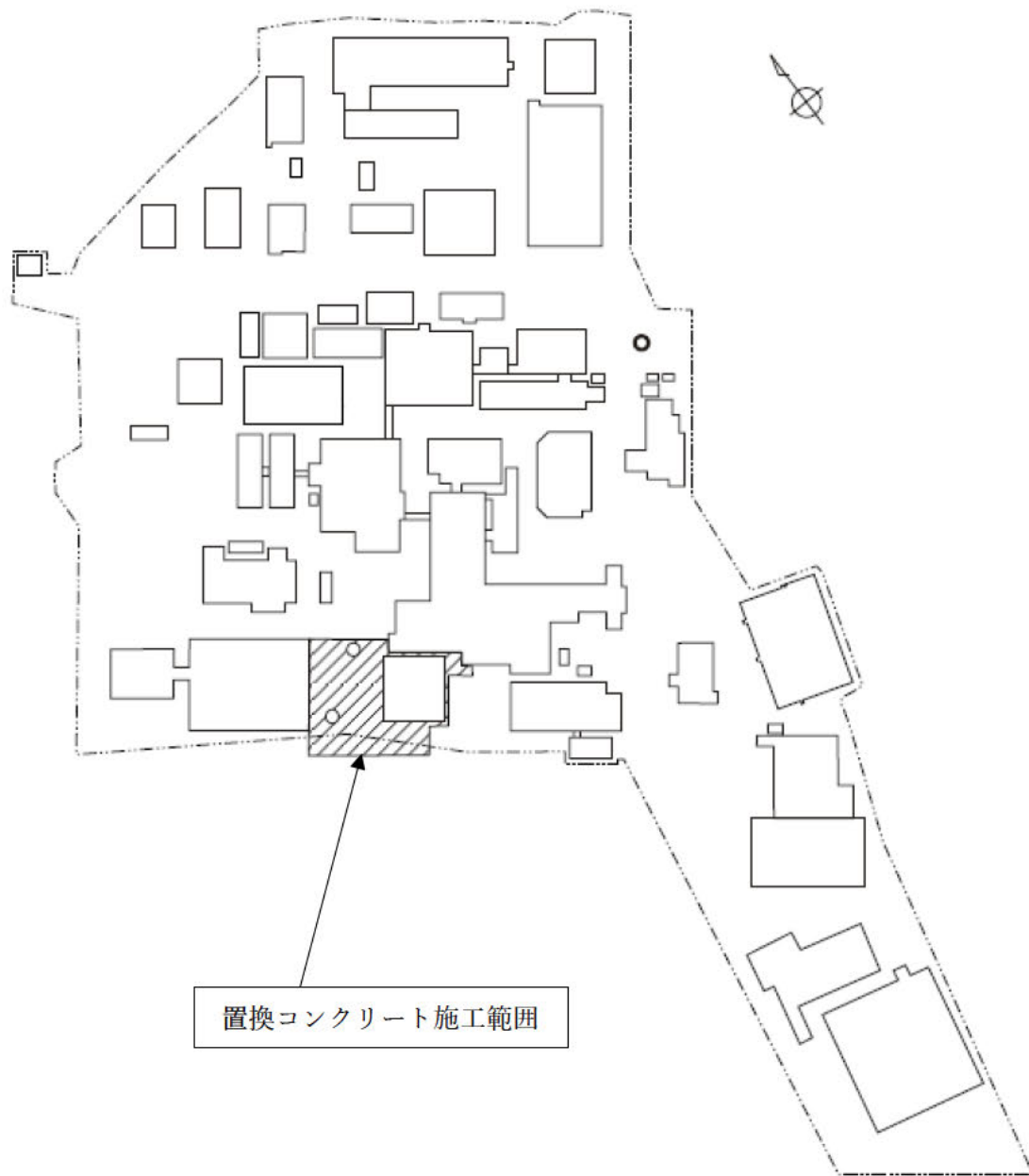
6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-5 に示す。

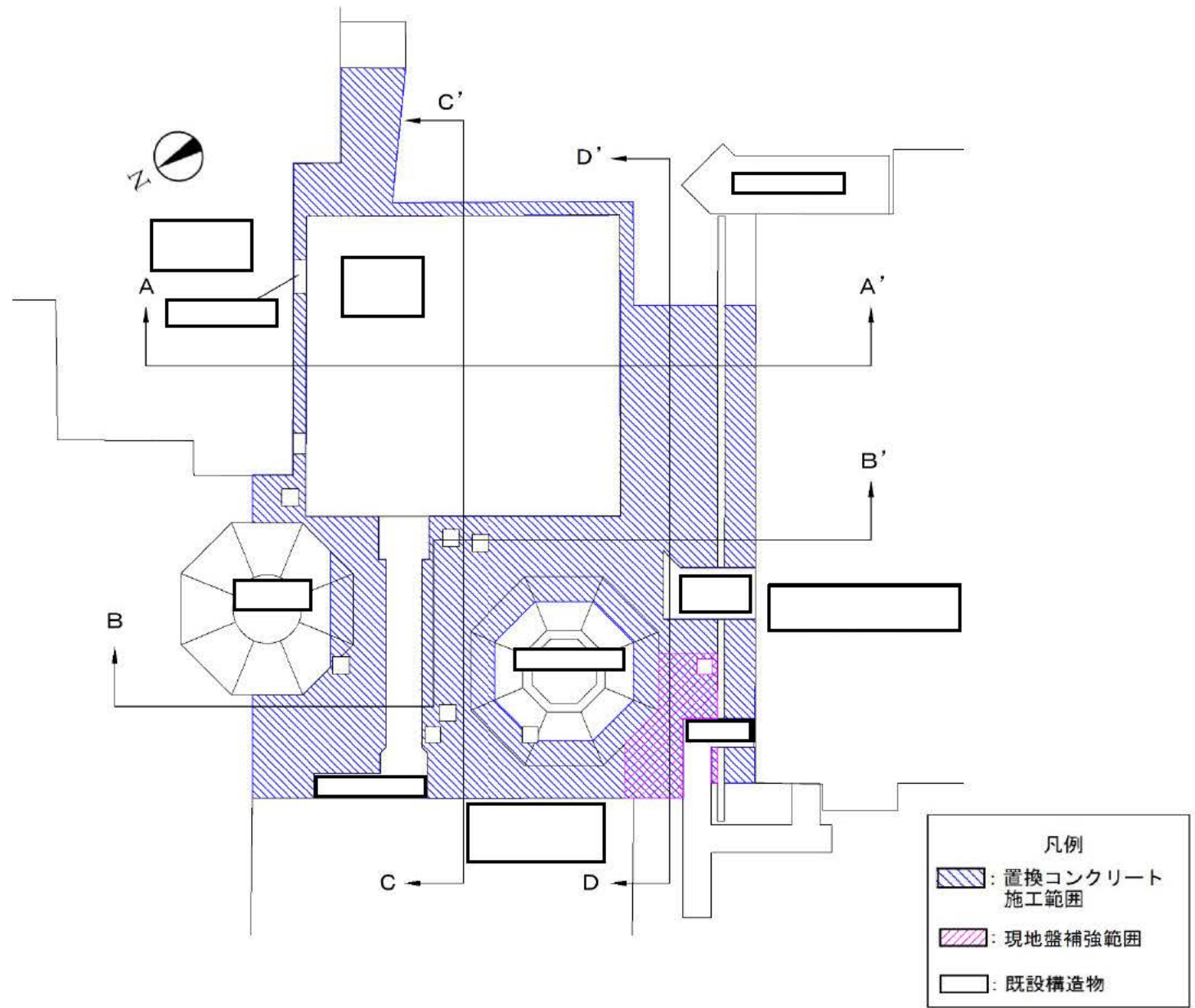
表-5 高放射性廃液貯蔵場（HAW）及び配管トレンチ（T21）周辺の地盤改良工事工程表

	令和2年度		令和3年度		備考
高放射性廃液貯蔵場（HAW） 及び配管トレンチ（T21）周 辺の地盤改良工事					

(別図)

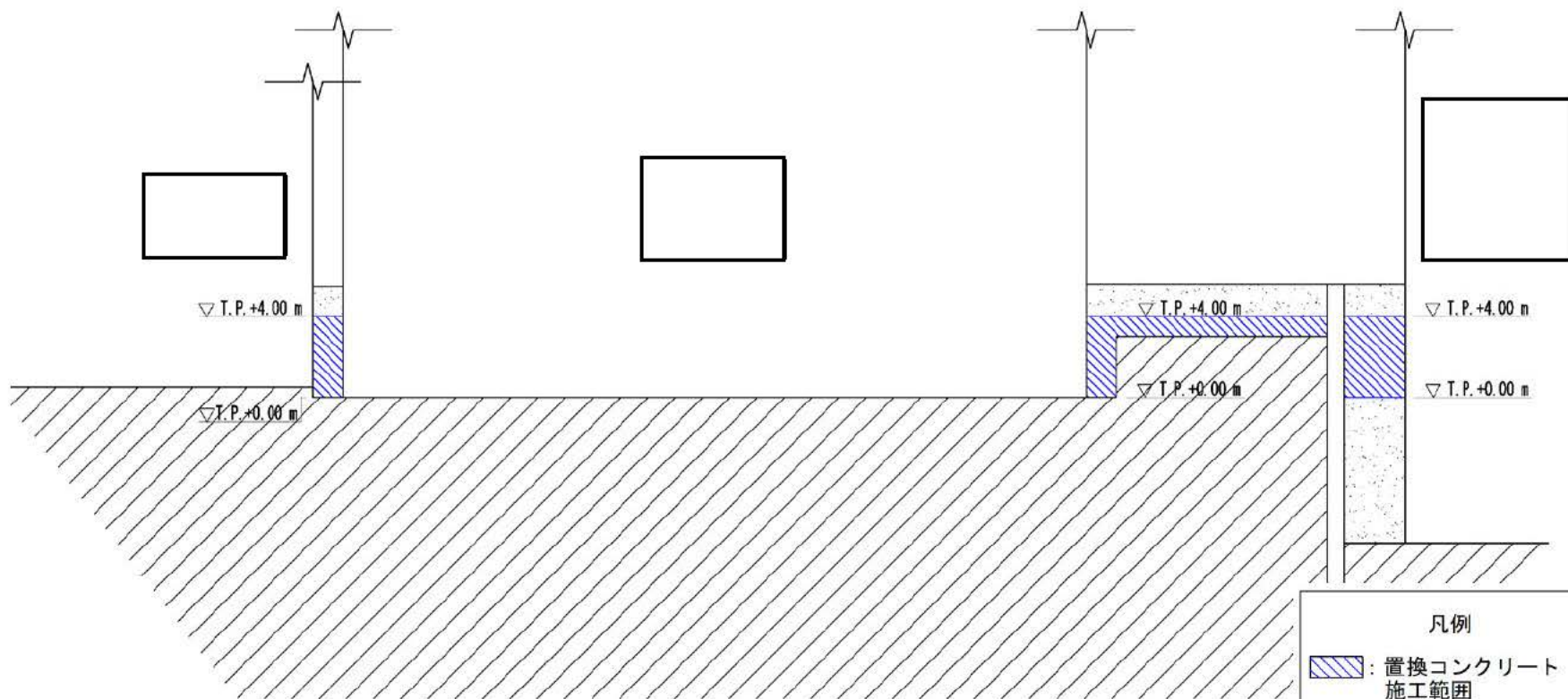


別図-1 再処理施設の構成及び申請範囲



※久米層の出現深度及び既設構造物の状況により、改良範囲が異なる場合がある。





別図-2 置換コンクリート施工範囲平面図

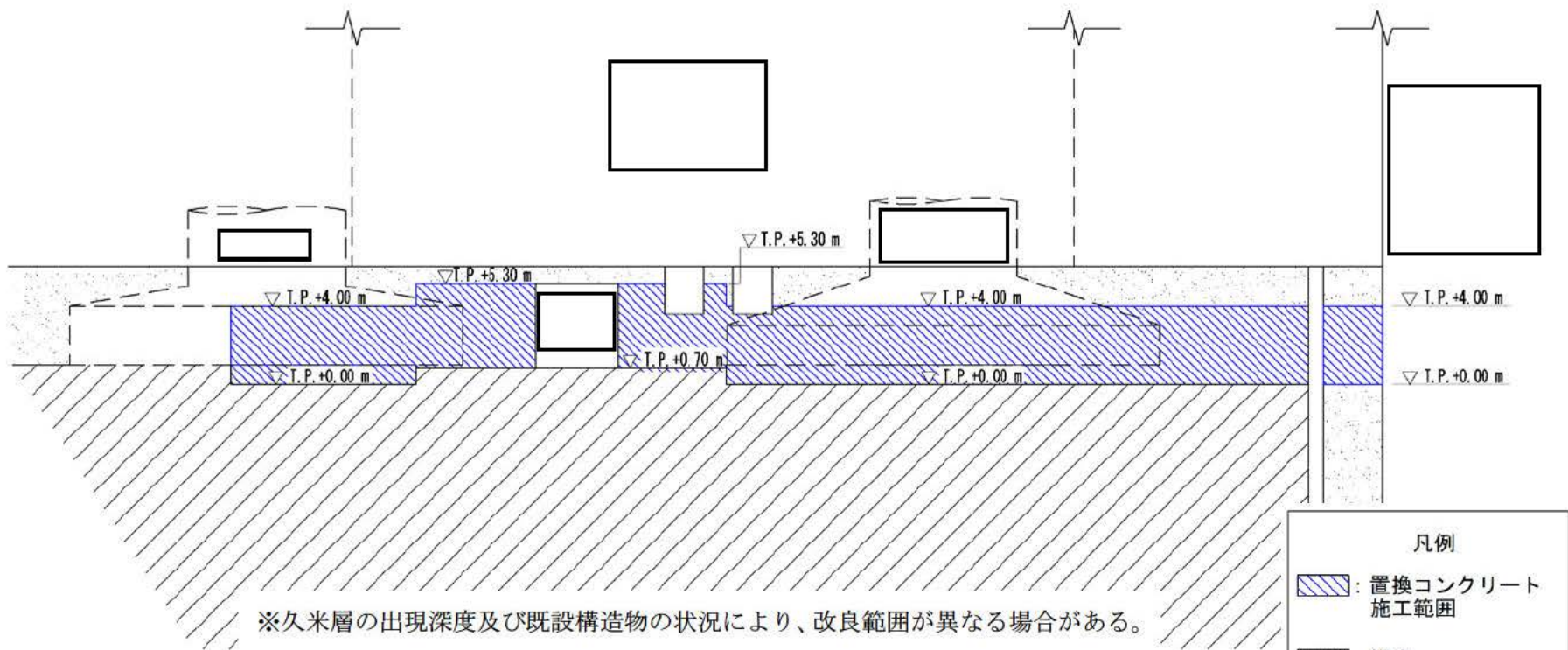


※久米層の出現深度及び既設構造物の状況により、改良範囲が異なる場合がある。

別図-3 A-A' 断面図

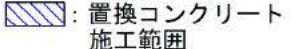

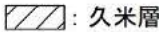
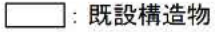
凡例

-  : 置換コンクリート
施工範囲
-  : 埋土
-  : 久米層
-  : 既設構造物

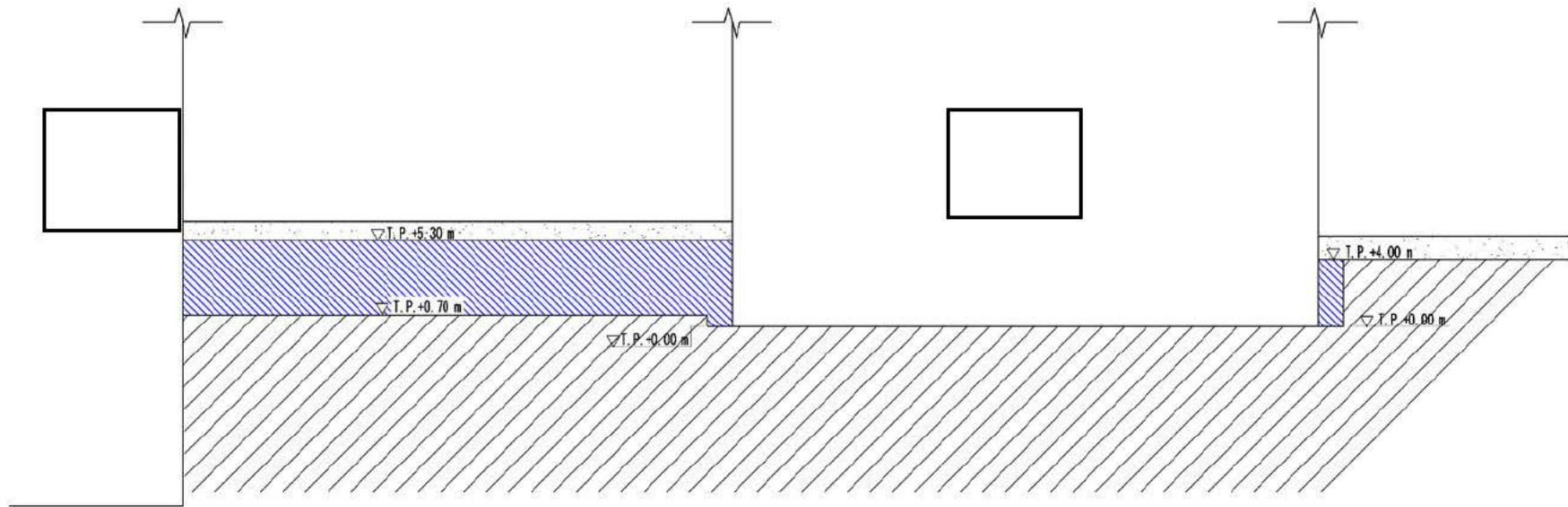


※久米層の出現深度及び既設構造物の状況により、改良範囲が異なる場合がある。

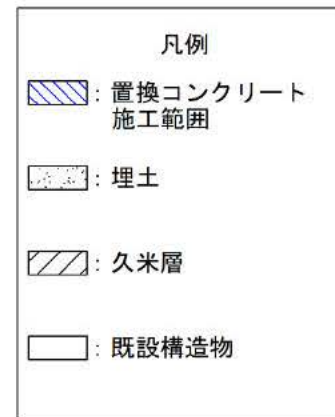
凡例

-  : 置換コンクリート施工範囲
-  : 埋土
-  : 久米層
-  : 既設構造物

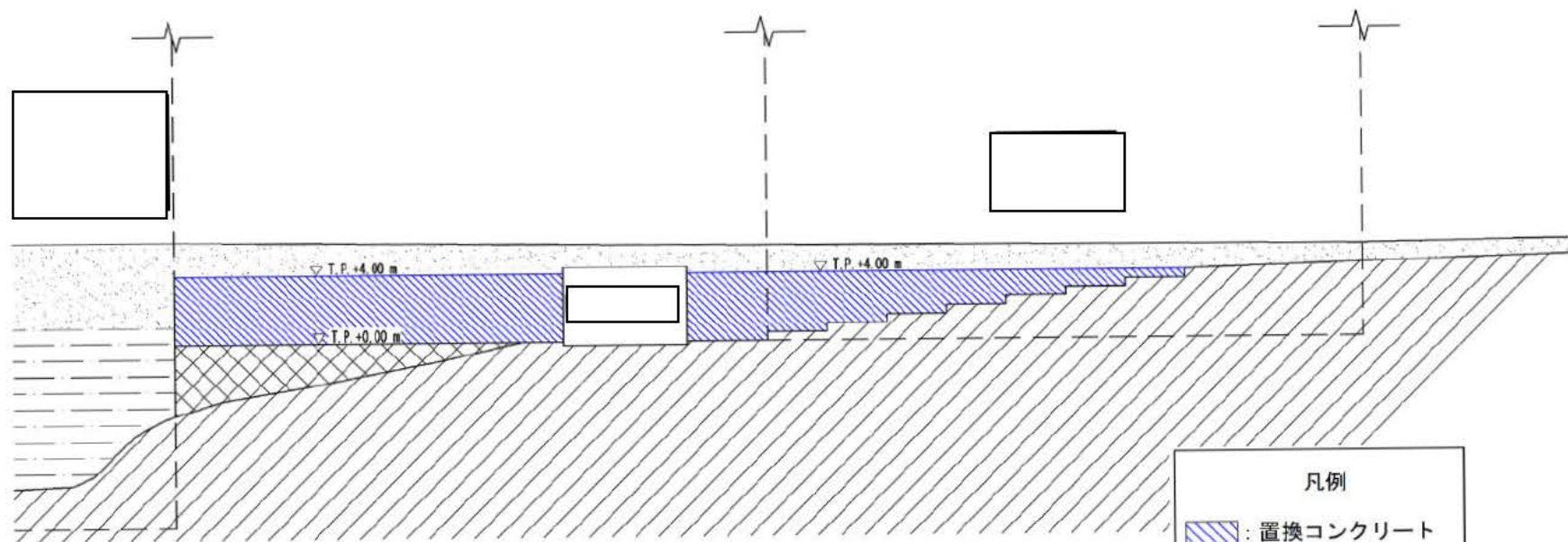
別図-4 B-B' 断面図



※久米層の出現深度及び既設構造物の状況により、改良範囲が異なる場合がある。







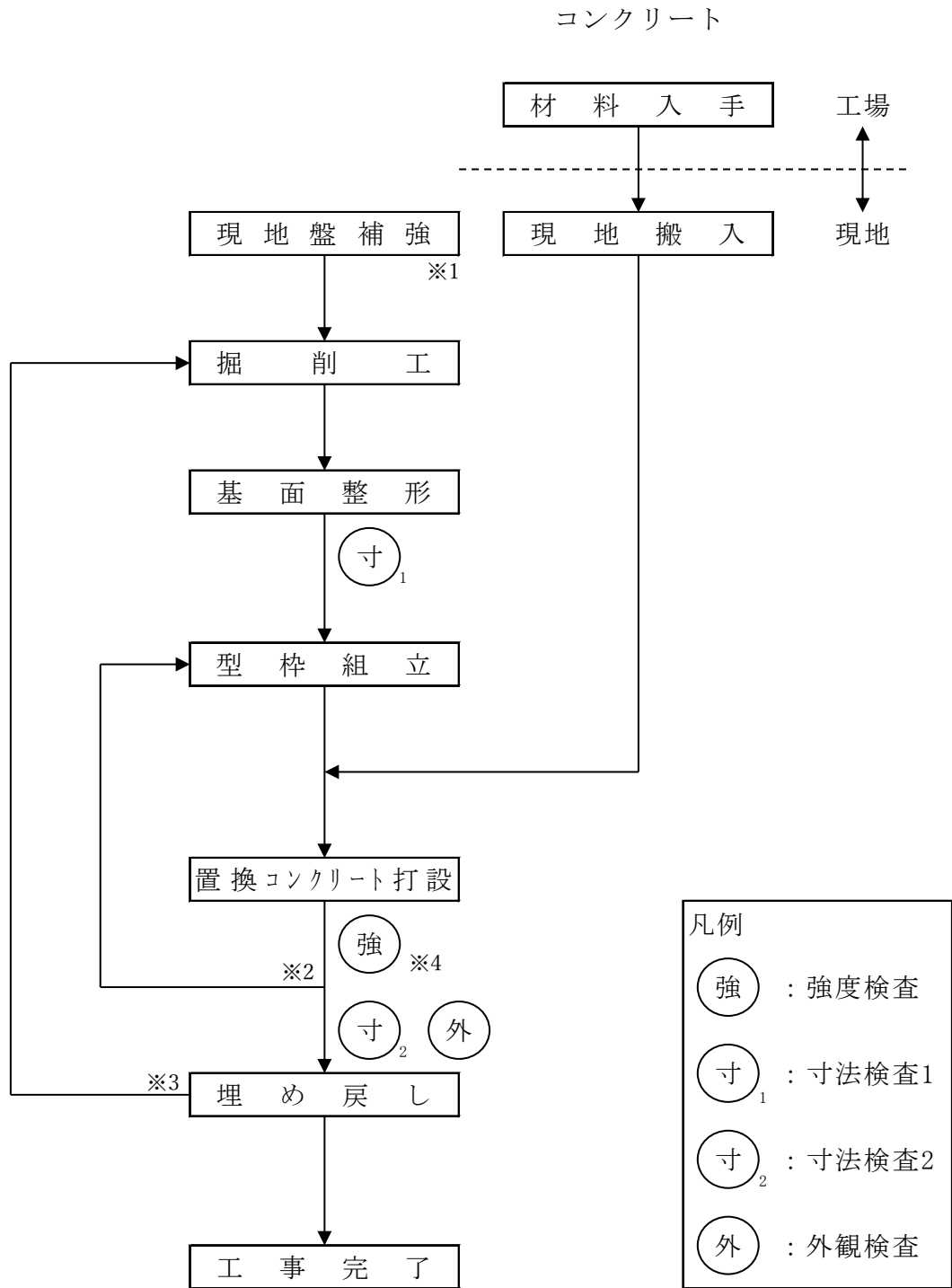
別図-5 C-C' 断面図



※久米層の出現深度及び既設構造物の状況により、改良範囲が異なる場合がある。

別図-6 D-D' 断面図

凡例	
	: 置換コンクリート 施工範囲
	: 現地盤補強
	: 埋土
	: 沖積層
	: 久米層
	: 既設構造物



- ※1: ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟近傍の置換コンクリートの直下のみ実施する
- ※2: 置換コンクリートが表-4の上面深度に達するまで繰り返す
- ※3: 置換コンクリートの施工範囲が完了するまで繰り返す
- ※4: コンクリートの圧縮強度試験はトラックアジテータから採取した供試体を用いて実施する

別図-7 置換コンクリート工事フロー図

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2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	無	—	—
第十二条	再処理施設内における ^{いつ} 溢水による損傷の防止	無	—	—
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	無	—	—
第十七条	材料及び構造	無	—	—
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	—	—
第二十二条	安全保護回路	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	有	第1項三号 第3項五号	別紙-2に示すとおり
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	—	—
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	—	—

技 術 基 準 の 条 項		評価の必要性の有無		適 合 性
		有・無	項・号	
第四十五条	重大事故等への対処に必要な 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。

2 本申請は、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（廃止措置計画用設計地震動による地震力）に対して、耐震重要施設である高放射性廃液貯蔵場（HAW）及び配管トレンチ（T21）の健全性を維持するために必要となる耐力を確保するため、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及び配管トレンチ（T21）周辺地盤を置換コンクリートで改良するものである。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及び配管トレンチ（T21）については、周辺地盤改良により、地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがない地盤とする。耐震性の詳細については、別添 6-1-2-3「建物・構築物及び機器・配管系の構造（耐震性）に関する説明書」による。

第三十六条（重大事故等対処設備）

重大事故等対処設備は、次に掲げるところによるものでなければならない。

- 一 想定される重大事故等の収束に必要な個数及び容量を有すること。
- 二 想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重その他の使用条件において、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮すること。
- 三 想定される重大事故等が発生した場合において確実に操作できること。
- 四 健全性及び能力を確認するため、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こと。
- 五 本来の用途以外の用途として重大事故等に対処するために使用する設備にあつては、通常時に使用する系統から速やかに切り替えられる機能を備えること。
- 六 工場等内の他の設備に対して悪影響を及ぼさないこと。
- 七 想定される重大事故等が発生した場合において重大事故等対処設備の操作及び復旧作業を行うことができるよう、線量が高くなるおそれが少ない設置場所の選定、設置場所への遮蔽物の設置その他の適切な措置を講ずること。

- 三 工事期間中は、組立水槽、可搬型エンジン付ポンプ等の事故対処資機材を使用する際に、機材の設置場所、対処要員のアクセスルート等を確保し、冷却水等を供給できるように処置する。

第三十六条（重大事故等対処設備）

- 2 常設重大事故等対処設備は、前項各号に掲げるもののほか、共通要因（事業指定基準規則第一条第二項第九号に規定する共通要因をいう。以下この条において同じ。）によって設計基準事故に対処するための設備の安全機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置が講じられたものでなければならない。
- 3 可搬型重大事故等対処設備に関しては、第一項の規定によるほか、次に掲げるところによるものでなければならない。
 - 一 常設設備（再処理施設と接続されている設備又は短時間に再処理施設と接続することができる常設の設備をいう。以下この項において同じ。）と接続するものにあつては、当該常設設備と容易かつ確実に接続することができ、かつ、二以上の系統が相互に使用することができるよう、接続部の規格の統一その他の適切な措置を講ずること。
 - 二 常設設備と接続するものにあつては、共通要因によって接続することができなくなることを防止するため、可搬型重大事故等対処設備（再処理施設の外から水又は電力を供給するものに限る。）の接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設けること。

第三十六条（重大事故等対処設備）

三 想定される重大事故等が発生した場合において可搬型重大事故等対処設備を設置場所に据え付け、及び常設設備と接続することができるよう、線量が高くなるおそれが少ない設置場所の選定、設置場所への遮蔽物の設置その他の適切な措置を講ずること。

四 地震、津波その他の自然現象又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響、設計基準事故に対処するための設備及び重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で常設重大事故等対処設備と異なる保管場所に保管すること。

五 想定される重大事故等が発生した場合において、可搬型重大事故等対処設備を運搬し、又は他の設備の被害状況を把握するため、工場等内の道路及び通路が確保できるよう、適切な措置を講ずること。

六 共通要因によって、設計基準事故に対処するための設備の安全機能又は常設重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能と同時に可搬型重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置を講ずること。

五 改良工事の施工範囲においては、事故時に使用する機材の設置や運搬を行うことから、以下の処置を実施する。

○機材の設置場所の確保

○対処要員のアクセスルート等の確保

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。