

# 島根原子力発電所第 2 号機 工事計画認可申請（補正）に係る論点整理について

---

2023年3月  
中国電力株式会社

## ■ 説明内容

- 工事計画認可申請（補正）に係る論点について、第1018回審査会合（2021年12月7日）にて示した主な説明事項を含め、審査の中で論点として整理された項目について説明する。本日説明する主な説明事項は以下のとおり。

### 【建物・構築物関係】

分類	No. (主な説明事項)	項目	回答頁
[ 1 ] 詳細設計申送り事項	1-5(1)	防波壁に設置する漂流物対策工の詳細設計結果	P.3～11
	1-5(2)	防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工の詳細設計結果	P.3,4 P.12～15
	1-5(3)	漂流防止装置（係船柱杭基礎における耐震評価）	P.16～19
	1-9(1)	防波壁（波返重力擁壁におけるケーソン中詰材改良の範囲及び仕様等の説明）	P.21～25
	1-9(2)	防波壁（波返重力擁壁における3次元静的FEM解析によるケーソンの健全性評価）	P.26～33
[ 4 ] その他の詳細設計に係る説明事項	4-6(1)	制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用	P.34～46
	4-6(2)	原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更	P.47～53

## ■ その他説明内容

- 工事計画認可申請（補正）に係る論点について、審査の中で説明を行った以下の主な説明事項の確認結果を説明する。

### 【建物・構築物関係】

分類	No. (主な説明事項)	項目	回答頁
[1] 詳細設計申送り事項	1-10	土石流影響評価	P.55,56

### 【プラント関係】

分類	No. (主な説明事項)	項目	回答頁
[3] 設置変更許可 審査時からの設計変更内容	3-1	ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m） 設置高さの変更	P.57,58
	3-3	第4 保管エリアの形状変更	P.59～62
	3-4	放射性物質吸着材の設置箇所の変更	P.63,64
	3-5	【新規追加】除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う浸水 防止設備の変更	P.65,66

# 【1-5】漂流物対策工（1/2）

## 【漂流物対策工の概要】

- ▶ 防波壁及び防波壁通路防波扉において、漂流物衝突荷重を分散して伝達すること及び漂流物衝突荷重による局所的な損傷を防止すること又は漂流物が直接衝突しないことを目的として、漂流物対策工を設置する（表1）。
- ▶ 防波壁に設置する漂流物対策工は、厚さ0.5m程度の鉄筋コンクリート版及びアンカーボルトにより構成する構造（以下「漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）」という。）と、防波壁（逆T擁壁）に設置される漂流物対策工のうち、グラウンドアンカを設置している範囲は鋼材及びアンカーボルトにより構成する構造（以下「漂流物対策工（鋼材）」という。）に区分される（図1）。
- ▶ 防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工は、鋼材及び鉄筋コンクリートにより構成する構造とする（図2）。

表1 漂流物対策工の区分

設置箇所	区分	目的
防波壁	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	・漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達する。 ・漂流物衝突荷重による防波壁の局所的な損傷を防止する。
	漂流物対策工（鋼材）	・漂流物をグラウンドアンカに衝突させない。
防波壁通路防波扉		・漂流物を防波壁通路防波扉に衝突させない。

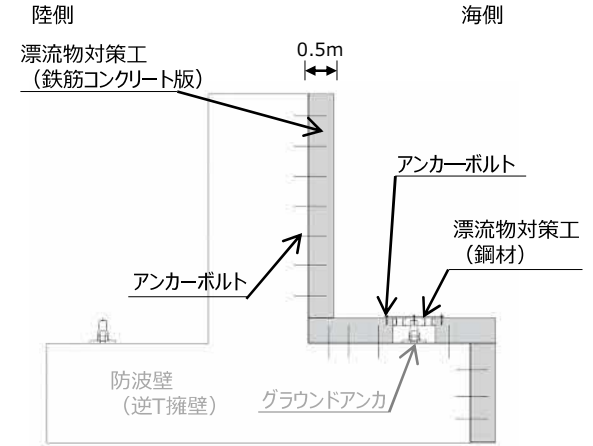


図1 防波壁に設置する漂流物対策工

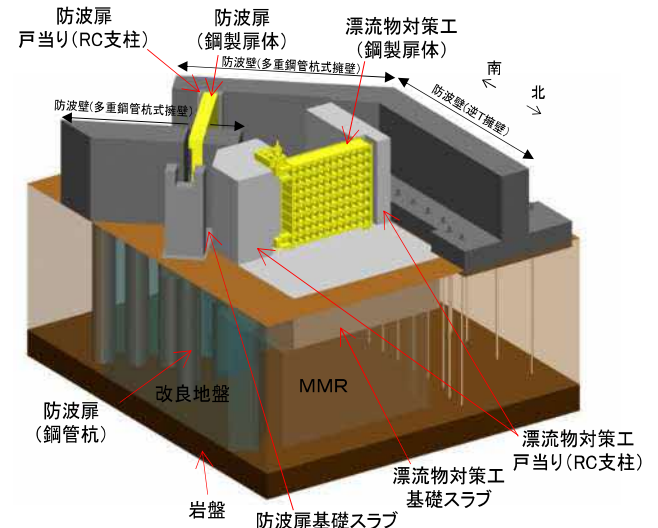


図2 防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工

## 【1-5】漂流物対策工（2/2）

### 【審査会合における指摘事項に対する回答】

#### ■ 指摘事項（第1018回審査会合（2021年12月7日））

- 漂流物衝突荷重の評価について、検討フローの中で先行事例と何が異なるのか、どこに新規性があるのかを整理し、その項目を重点化して今後説明すること。また、塑性状態まで許容する漂流物対策工の設計方法は先行実績がないため、新たな論点として漂流物衝突荷重の評価と併せて今後説明すること。

#### ■ 回答

- 漂流物衝突荷重については、第1067,1096回審査会合にて説明済。
- 防波壁に設置する漂流物対策工は、要求機能として、漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達し、防波壁の局所的な損傷を防止する、又はグラウンドアンカに漂流物が直接衝突しないよう、防波壁の一部として漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）を設置する。また、設置変更許可審査においては、性能目標として鉄筋コンクリート版がせん断破壊しないこと及び鋼材が破断しないこととしていたが、詳細設計段階においては、許容限界はおおむね弾性状態にとどめるよう方針を変更した。耐震評価及び強度評価を実施した結果、各部材に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認した。（P.5～11）
- 防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工は、要求機能として、防波扉（荷揚場南、3号機東側）に漁船等の漂流物が直接衝突しないよう、防波扉の前面に、防波扉の一部として漂流物対策工を設置する。耐震評価及び強度評価を実施した結果、各部材に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認した。（P.12～15）

---

## **【1-5（1）】防波壁に設置する漂流物対策工の詳細設計結果**

# 【1-5 (1)】防波壁に設置する漂流物対策工の詳細設計結果 (1/6)

## 【漂流物対策工の構造概要】

- 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の配置図，構造概要及び主要な構造図を示す（表1，図1，図2，図3）。
- なお，防波壁（波返重力擁壁）のうちケーソンの前壁背面がコンクリートで充填されていないケーソンについて，ケーソンの前面に漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を設置する。

表1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の設置箇所と構造概要

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版） 設置箇所	鉄筋コンクリート版		アンカーボルト		
	厚さ	高さ	径	標準本数 (幅1mあたり)	
防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	0.5m*1	6.6m*1	D16	11本	
防波壁（波返重力擁壁）		重力擁壁	6.5m*1	D19	9本
		ケーソン	14.0m*2	D19	17本
防波壁（逆T擁壁）		縦壁	4.5m	D16	7本
		フーチング上面	-	D16	6本
		フーチング側壁	2.0m	D16	3本

注記\*1：代表的な数値を記載  
\*2：ケーソンに設置する漂流物対策工のうち最大寸法を記載

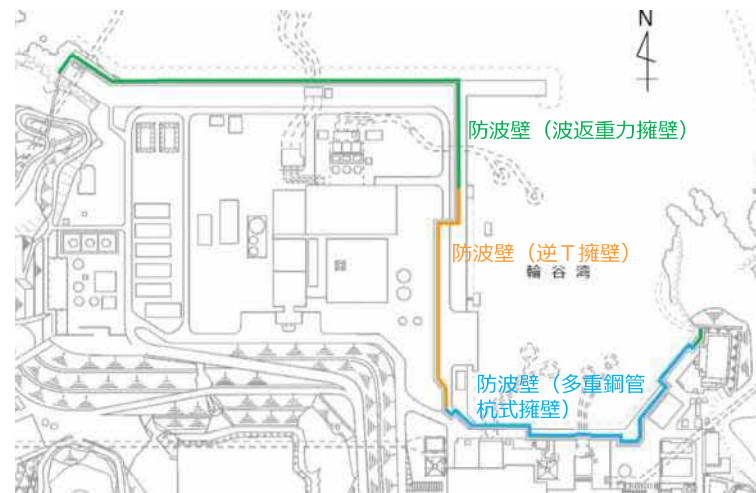


図1 漂流物対策工の配置図

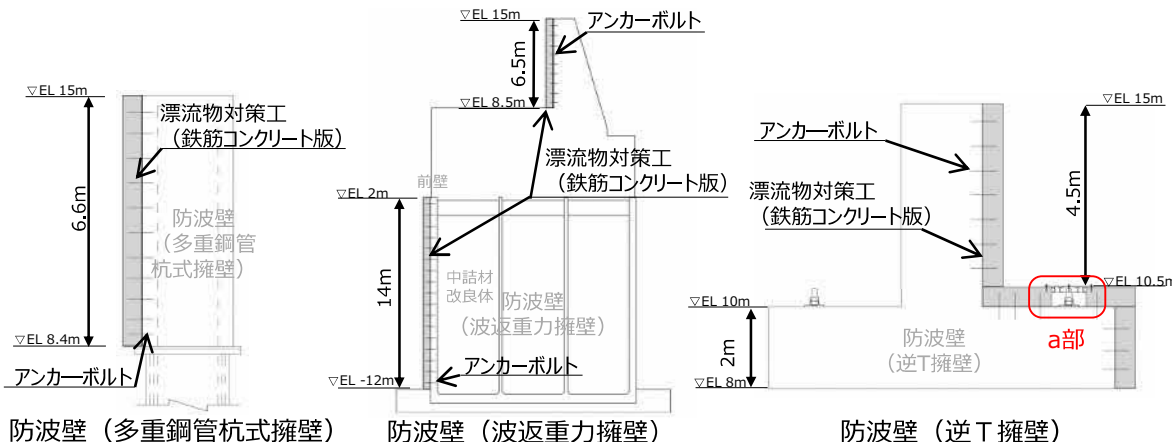
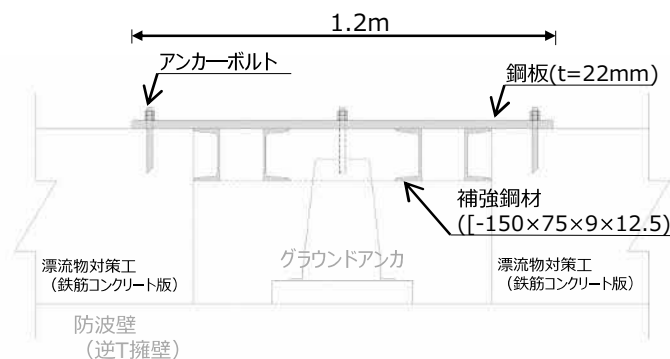


図2 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造図



漂流物対策工（鋼材）設置箇所拡大図（a部）

図3 漂流物対策工（鋼材）の構造図

# 【1-5 (1)】防波壁に設置する漂流物対策工の詳細設計結果 (2/6)

## 【漂流物対策工の役割及び性能目標】

- 防波壁に設置する漂流物対策工は、要求機能として、漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達し、防波壁の局所的な損傷を防止する、又はグラウンドアンカに漂流物が直接衝突しないよう、防波壁の一部として漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）を設置する。
- 設置変更許可審査においては、性能目標として鉄筋コンクリート版がせん断破壊しないこと及び鋼材が破断しないこととしていたが、詳細設計段階においては、許容限界はおおむね弾性状態にとどめるよう方針を変更した（表2，表3）。

表2 漂流物対策工の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
施設	鉄筋コンクリート版	・役割に期待しない。 (防波壁の解析モデルに重量として考慮し、防波壁への影響を考慮する)	・漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達する。 ・漂流物衝突荷重による防波壁の局所的な損傷を防止する。
	鋼材	・役割に期待しない。 (防波壁の解析モデルに重量として考慮し、防波壁への影響を考慮する)	・漂流物をグラウンドアンカに衝突させない。
	アンカーボルト	・鉄筋コンクリート版を固定する。 ・鋼材を固定する。	・鉄筋コンクリート版を固定する。 ・鋼材を固定する。

表3 漂流物対策工の各部位の性能目標

部位		性能目標		許容限界
		耐震性	耐津波性	
施設	鉄筋コンクリート版	—	漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達するために、鉄筋コンクリート版がせん断破壊しないこと。	短期許容応力度
	鋼材	—	漂流物衝突荷重をグラウンドアンカに伝達させないために鋼材が破断しないこと。	短期許容応力度
	アンカーボルト	鉄筋コンクリート版及び鋼材が防波壁から分離しないために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまること。	鉄筋コンクリート版及び鋼材が防波壁から分離しないために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまること。	短期許容応力度



## 【漂流物対策工の耐震評価】

- 漂流物対策工の耐震評価は、防波壁の地震応答解析結果に基づき、地震時の慣性力により漂流物対策工が防波壁から分離しないことを確認する。

## 【漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の耐震評価方法】

- 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）はアンカーボルトの引張力及びせん断力に対する耐震評価を実施し、各部材に発生する応力が、短期許容応力度以下であることを確認する（図4）。
- 荷重について、防波壁の地震応答解析結果より求まる慣性力を考慮する。また、ケーソンに設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は海中に設置するため、静水圧及び動水圧についても考慮する。

## 【漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の耐震評価結果】

- 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）について、最大照査値となる評価対象部位及び照査値を表4、表5に示す。  
評価対象部位について、許容限界以下であることを確認した。

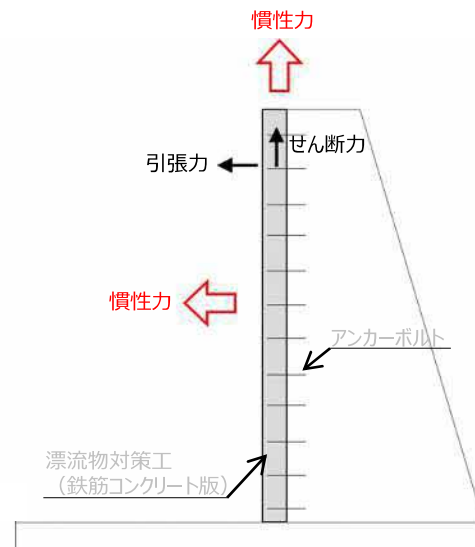


図4 アンカーボルトに生じる発生力等のイメージ図

表4 アンカーボルトの引張力に対する耐震評価結果

設置箇所	引張力 (a) (kN/本)	許容限界* (b) (kN/本)	照査値 (a/b)
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	18.5	42.3	0.44
防波壁 (逆T擁壁)	13.1	42.3	0.31
防波壁 (波返重力擁壁)	30.7	60.2	0.52

注記\*：「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）」に基づき設定

表5 アンカーボルトのせん断力に対する耐震評価結果

設置箇所	せん断力 (a) (kN/本)	許容限界* (b) (kN/本)	照査値 (a/b)
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	6.0	47.9	0.13
防波壁 (逆T擁壁)	12.3	47.9	0.26
防波壁 (波返重力擁壁)	31.6	69.1	0.46

注記\*：「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）」に基づき設定

# 【1-5 (1)】防波壁に設置する漂流物対策工の詳細設計結果 (4/6)

## 【漂流物対策工 (鋼材) の耐震評価方法】

- 漂流物対策工 (鋼材) は鋼板に補強鋼材を格子状に配置した構造であることから、3次元構造解析により耐震評価を行う (図5)。3次元構造解析は、防波壁 (逆T擁壁) の地震応答解析結果より求まる慣性力を、3次元構造解析モデルに入力することで、漂流物対策工 (鋼材) の耐震評価を実施する (図6)。
- 漂流物対策工 (鋼材) は鋼板、補強鋼材及びアンカーボルトについて、3次元構造解析より得られた発生応力が許容限界以下であることを確認する (図7)。

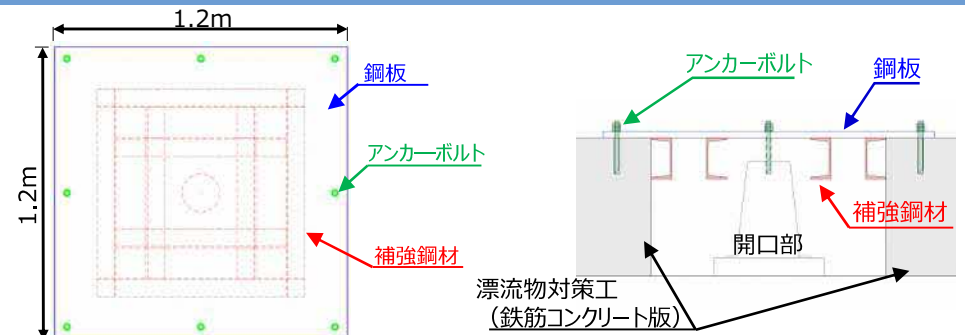


図5 漂流物対策工 (鋼材) の平面図及び断面図

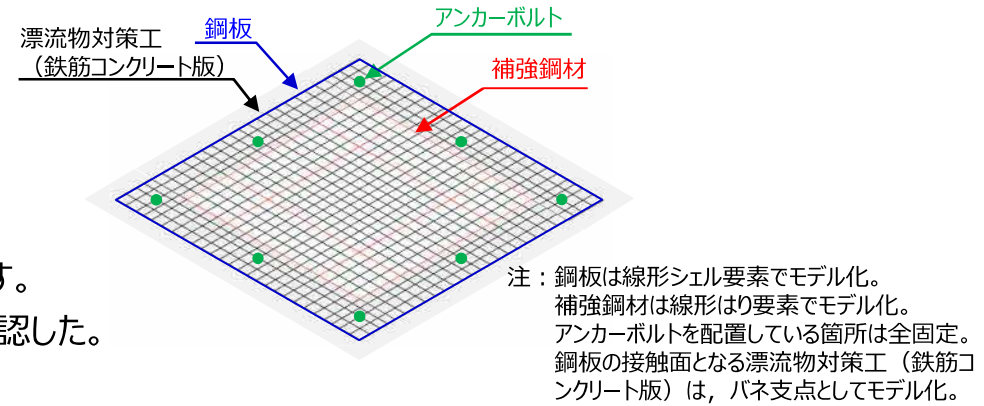


図6 漂流物対策工 (鋼材) の3次元構造解析モデル

## 【漂流物対策工 (鋼材) の耐震評価結果】

- 漂流物対策工 (鋼材) の耐震評価結果を表6に示す。評価対象部位について、許容限界以下であることを確認した。

表6 漂流物対策工 (鋼材) の耐震評価結果

評価対象部位		発生値		許容限界*		照査値
鋼板	曲げ応力度	4.5	N/mm <sup>2</sup>	210	N/mm <sup>2</sup>	0.03
	せん断応力度	0.4	N/mm <sup>2</sup>	120	N/mm <sup>2</sup>	0.01
補強鋼材	曲げ応力度	1.5	N/mm <sup>2</sup>	210	N/mm <sup>2</sup>	0.01
	せん断応力度	0.4	N/mm <sup>2</sup>	120	N/mm <sup>2</sup>	0.01
アンカーボルト	引張力	1.5	kN	29.3	kN	0.06
	せん断力	2.0	kN	24.8	kN	0.09

注記\* : 「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, 平成14年3月)」に基づき設定

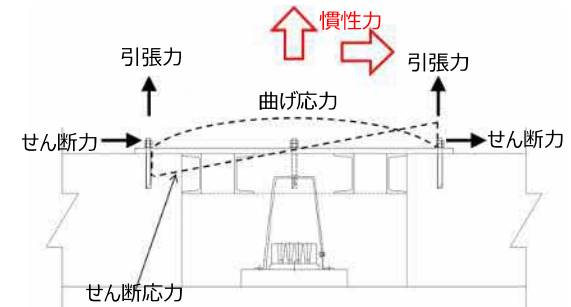


図7 各部位に生じる発生力等のイメージ図

## 【漂流物対策工の強度評価】

- 津波時及び重畳時の荷重に対して、漂流物対策工を構成する鉄筋コンクリート版がせん断破壊又は鋼材が破断しないことを確認する。

## 【漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価方法】

- 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は漂流物が直接衝突することから、局所的な損傷による影響が大きいため、鉄筋コンクリート版の押抜きせん断に対する強度計算を実施し、発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認する。
- 荷重について、津波時の遡上津波荷重及び風荷重に加えて、局所的な漂流物衝突荷重（1,200kN）を考慮する（図8，図9）。また、ケーソンに設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は海中に設置するため、静水圧についても考慮する。

## 【漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価結果】

- 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価結果を表7に示す。評価対象部位について、許容限界以下であることを確認した。

表7 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価結果

評価部位		発生値		許容限界*1		照査値
鉄筋 コンクリート版	押抜き せん断	0.48	N/mm <sup>2</sup>	1.35	N/mm <sup>2</sup>	0.36
		0.71*2	N/mm <sup>2</sup>	1.35	N/mm <sup>2</sup>	0.53*2

注記\*1：「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）」に基づき設定

\*2：漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の端部に漂流物が衝突した場合

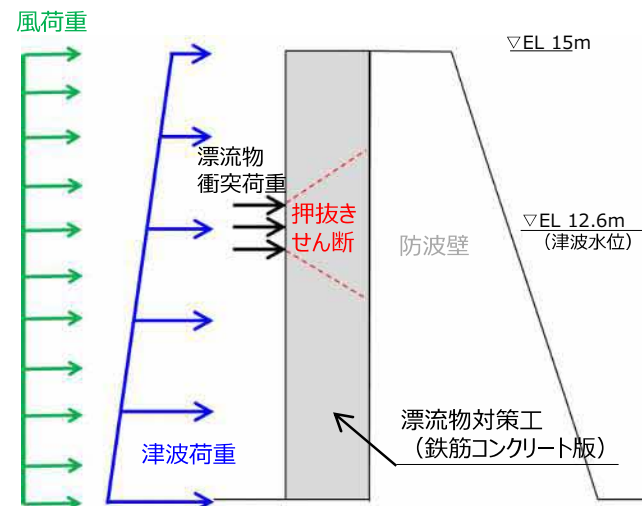
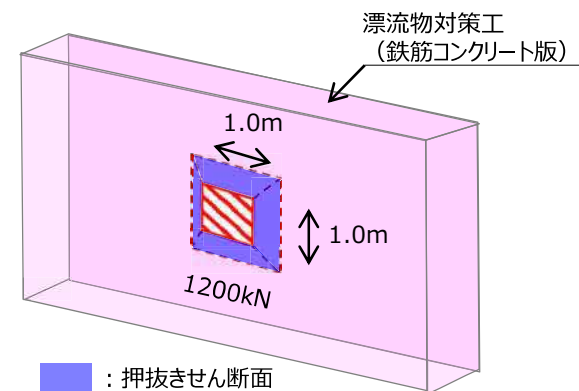


図8 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）に生じる発生力等のイメージ図



■：押抜きせん断面

図9 局所的な衝突荷重の載荷方法

## 【漂流物対策工（鋼材）の強度評価方法】

- 漂流物対策工（鋼材）は耐震計算と同様、3次元構造解析により強度評価を行う。漂流物対策工（鋼材）は鋼板、補強鋼材及びアンカーボルトについて、3次元構造解析より得られた発生応力が許容限界以下であることを確認する。
- 荷重について、津波荷重（静水圧）に加えて、局所的な漂流物衝突荷重（1,200kN）を考慮する（図10）。

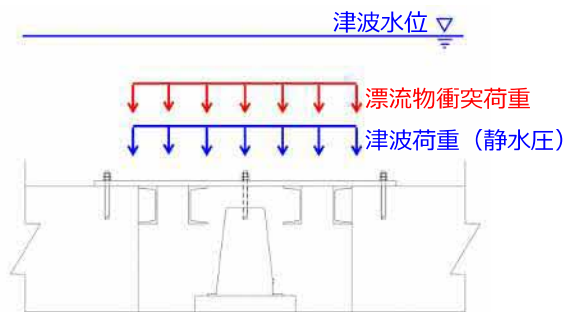


図10 漂流物対策工（鋼材）における荷重の作用イメージ図

## 【漂流物対策工（鋼材）の強度評価結果】

- 漂流物対策工（鋼材）の強度評価結果を表8に示す。評価対象部位について、許容限界以下であることを確認した。

表8 漂流物対策工（鋼材）の強度評価結果

評価部位		発生値		許容限界*		照査値
鋼板	曲げ応力度	118.5	N/mm <sup>2</sup>	210	N/mm <sup>2</sup>	0.57
	せん断応力度	8.0	N/mm <sup>2</sup>	120	N/mm <sup>2</sup>	0.07
補強鋼材	曲げ応力度	132.8	N/mm <sup>2</sup>	210	N/mm <sup>2</sup>	0.64
	せん断応力度	20.5	N/mm <sup>2</sup>	120	N/mm <sup>2</sup>	0.18
アンカーボルト	引張力	12.2	kN	29.3	kN	0.42
	せん断力	0.0	kN	24.8	kN	0.00

注記\*「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，平成14年3月）」に基づき設定

---

## **【1-5（2）】防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工の詳細設計結果**

# 【1-5 (2)】防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工の詳細設計結果 (1/3)

## 1. 防波扉に設置する漂流物対策工の設計方針

- 防波扉（荷揚場南）及び防波扉（3号機東側）は、防波扉に漁船等の漂流物が直接衝突しないよう前面に、防波扉の一部として漂流物対策工を設置する。

（図1，図2，図3）

- 防波扉に設置する漂流物対策工を構成する各部位については、短期許容力度を許容限界として、耐震評価結果及び強度評価結果を示す。



図1 防波扉の位置図

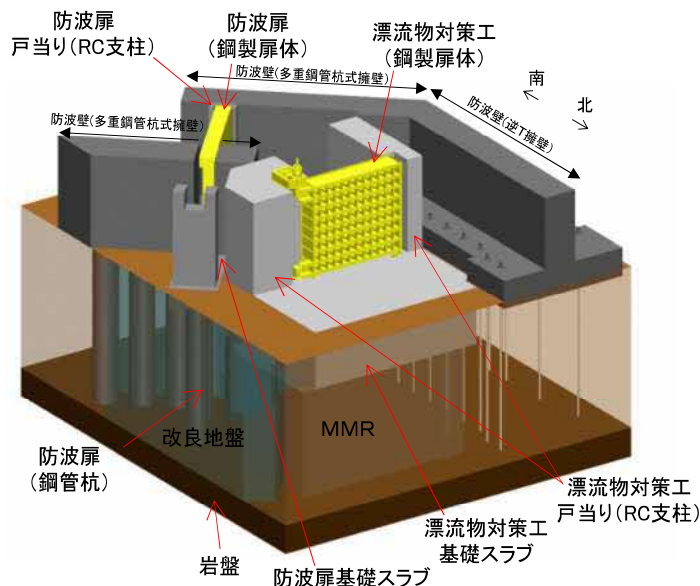


図2 防波扉（荷揚場南）の構造概要図

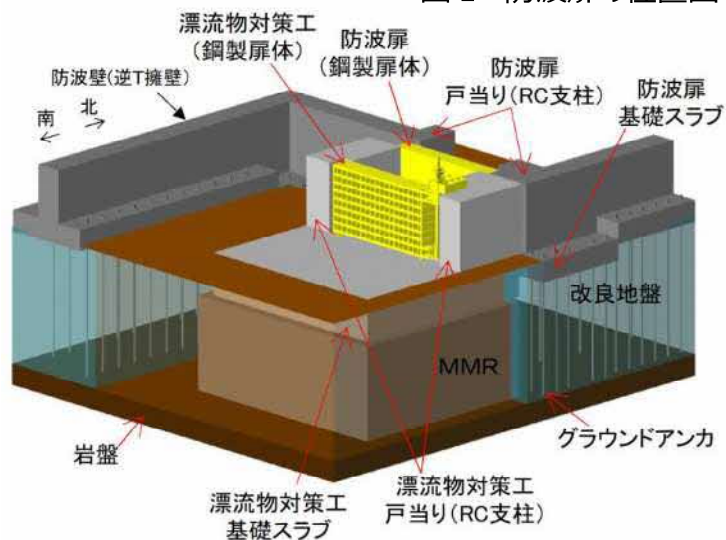


図3 防波扉（3号機東側）の構造概要図

# 【1-5 (2)】防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工の詳細設計結果 (2/3)

## 2. 防波扉に設置する漂流物対策工の耐震評価及び強度評価の方法

- 耐震評価及び強度評価は、弱軸方向となる防波扉及び漂流物対策工の扉体軸直交方向に評価対象断面を設定したうえで、2次元有限要素法により表1の荷重を考慮して解析を行い、施設に生じる応力が許容限界以下となることを確認した。
- 荷揚場南の評価対象断面については、液状化への影響及び安定性への影響の観点から、耐震評価上保守的な設定であることを確認した。

表1 漂流物対策工に対する荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時	$G + P_s + P_k + S_s$
津波時	$G + P_s + P_k + P_t + P_c$

ここで、  
 G : 固定荷重      P<sub>s</sub> : 積雪荷重  
 P<sub>k</sub> : 風荷重        P<sub>t</sub> : 遡上津波荷重  
 P<sub>c</sub> : 衝突荷重      S<sub>s</sub> : 地震荷重

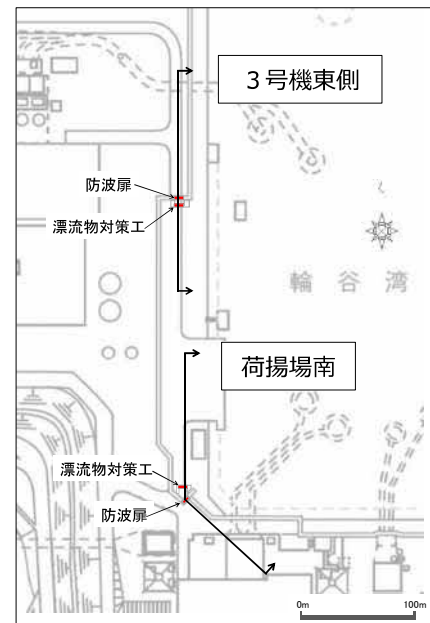
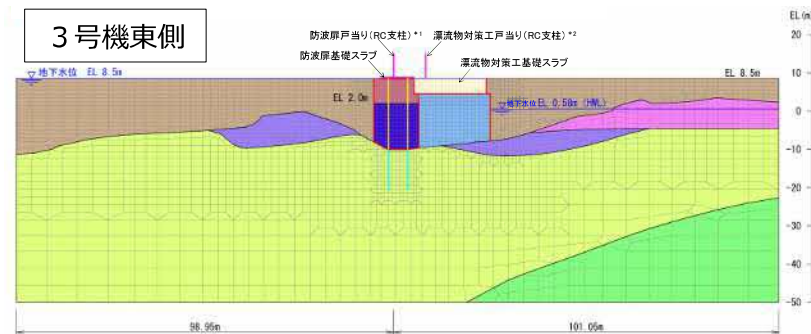
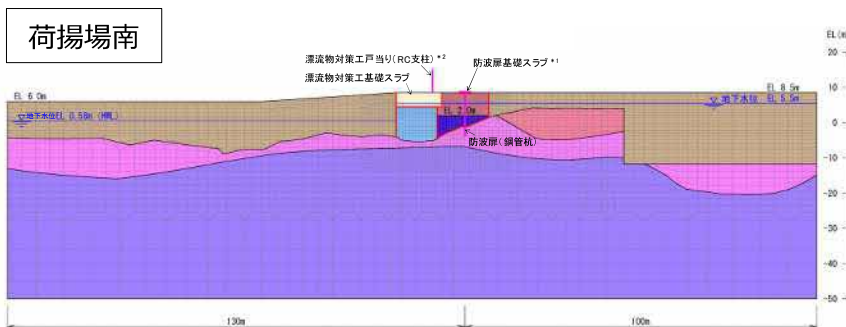


図4 評価対象断面位置図



注記 \* 1: 線形はり要素の中心において、防波扉(鋼製扉体)を付加重量として考慮する。  
 \* 2: 線形はり要素の上下端(上・下部支承部位置)において、漂流物対策工(鋼製扉体)を付加重量として考慮する。

注記 \* 1: 線形はり要素の全体の節点において、防波扉(鋼製扉体)を付加重量として考慮する。  
 \* 2: 線形はり要素の上下端(上・下部支承部位置)において、漂流物対策工(鋼製扉体)を付加重量として考慮する。

図5 2次元解析モデル図 (荷揚場南)

図6 2次元解析モデル図 (3号機東側)

# 【1-5 (2)】防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工の詳細設計結果 (3/3)

## 3. 防波扉に設置する漂流物対策工の耐震評価及び強度評価の結果

- 防波扉（荷揚場南）及び防波扉（3号機東側）における漂流物対策工については、耐震評価及び強度評価において、施設・地盤の構造健全性を保持すること及び十分な支持性能を有する地盤に設置していることを確認した。

表2 耐震評価結果

部位		種別	地震波	照査値*1
漂流物対策工 (荷揚場南)	鋼製扉体	支圧 (支圧板)	Ss*2	0.739
	戸当り(RC支柱)	せん断	Ss-D(--)	0.451
	基礎スラブ	せん断	Ss-D(+/-)	0.394
漂流物対策工 (3号機東側)	鋼製扉体	支圧 (アンカプレート)	Ss*2	0.841
	戸当り(RC支柱)	せん断	Ss-N1(-/+)	0.440
	基礎スラブ	せん断	Ss-N1(++)	0.393

表3 強度評価結果

部位		種別	照査値*1
漂流物対策工 (荷揚場南)	鋼製扉体	せん断 (戸当り)	0.550
	戸当り(RC支柱)	せん断	0.463
	基礎スラブ	せん断	0.273
漂流物対策工 (3号機東側)	鋼製扉体	せん断 (戸当り)	0.867
	戸当り(RC支柱)	せん断	0.521
	基礎スラブ	せん断	0.317

注記\*1：各部位の照査値は、評価結果のうち最も照査値が厳しいケースのみ記載している。  
\*2：鋼製扉体の設置床における全地震波Ssの最大応答加速度から設計震度を設定して評価している。

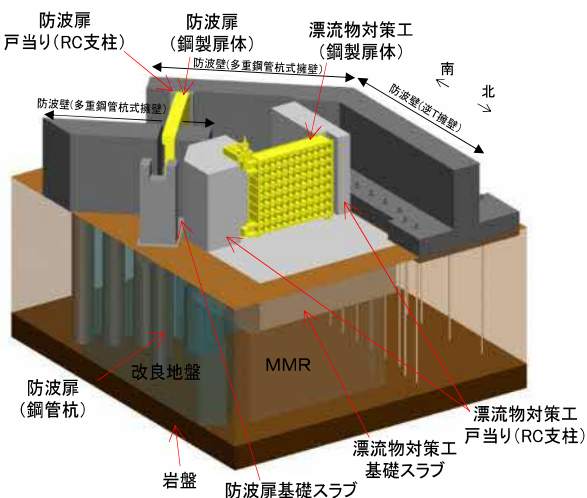


図7 防波扉（荷揚場南）の構造概要図

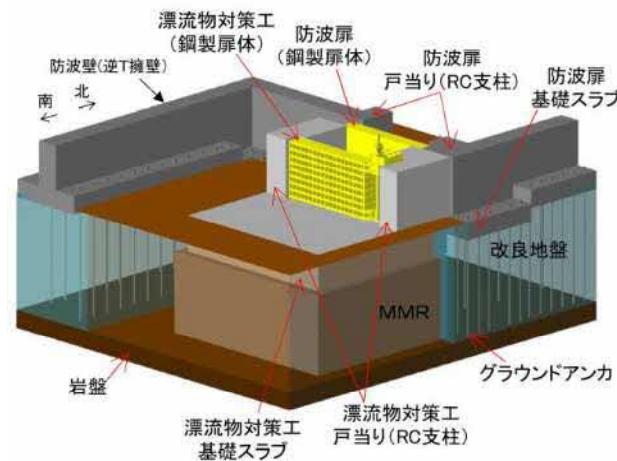


図8 防波扉（3号機東側）の構造概要図



---

## **【1-5（3）】漂流防止装置（係船柱杭基礎における耐震評価）**

## 【設置変更許可審査を踏まえた詳細設計段階における検討内容】

- 燃料等輸送船を漂流させない対策として、船舶の係留索を固定する係船柱を漂流防止装置として位置付けるとともに、図1に示す位置に、多重鋼管杭を基礎として耐震性を有する漂流防止装置を迫設することとした。  
また、多重鋼管杭は図2に示すとおり、鋼管を多重化して鋼管内をコンクリート及びモルタルで充填し、岩盤に支持させる構造（根入れ深さ：13.0m）とし、上部に漂流防止装置として係船柱を設置する。
- 係船柱杭基礎の設計にあたっては、基準地震動Ssによって発生する応力が短期許容応力度以下となることを確認する。

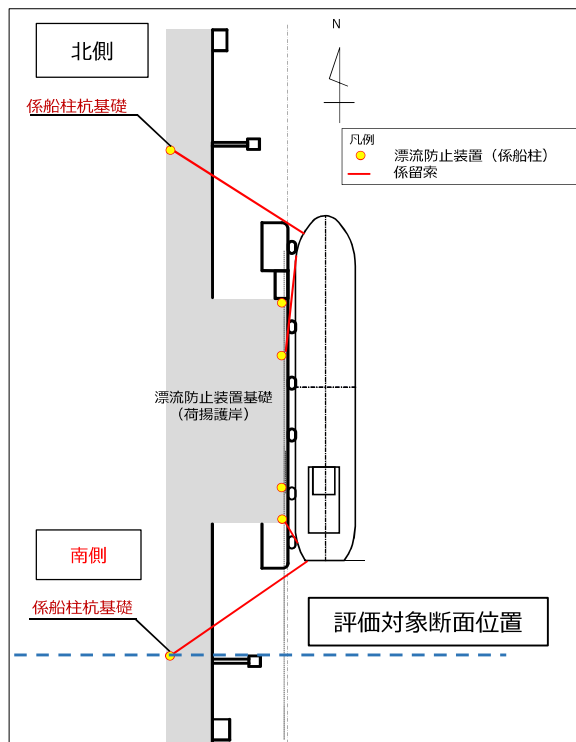
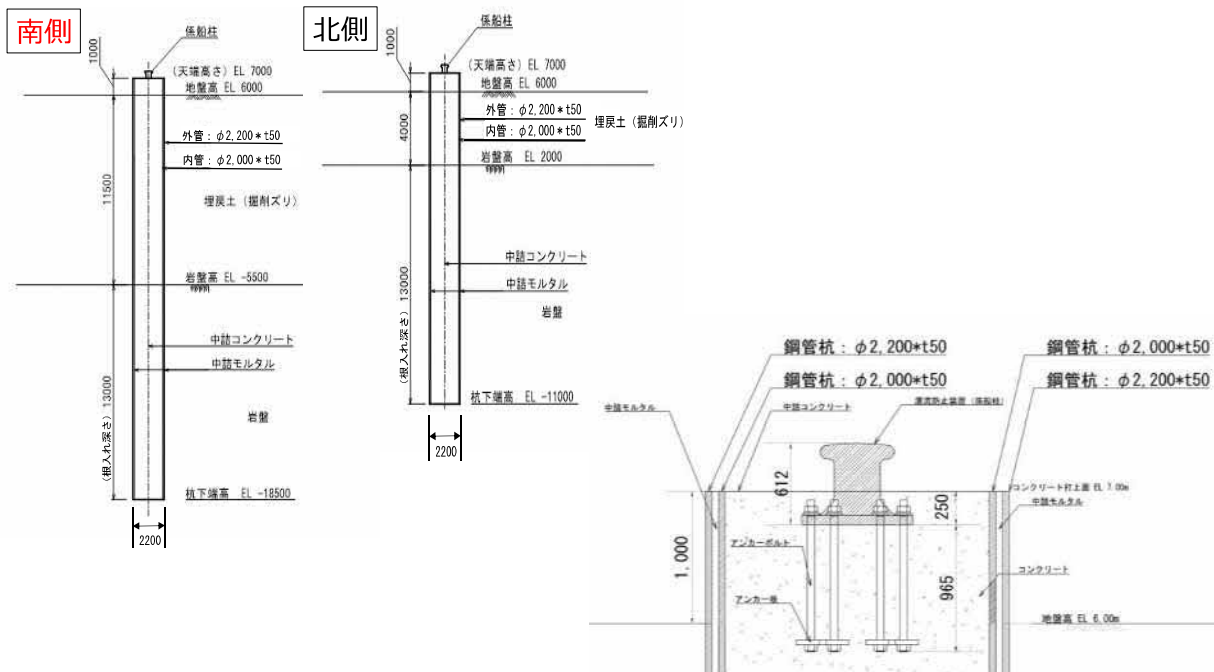


図1 係船柱杭基礎の設置位置



係船柱設置箇所拡大図

図2 係船柱杭基礎構造概要

【詳細設計申送り事項に対する回答】

No.	詳細設計申送り事項	分類	回答	回答頁
1	<p>（まとめ資料での当社の記載）                      燃料等輸送船の位置及び係留索の水平角を固定できる位置に係船柱を追設する。海域活断層から想定される地震による津波の来襲に伴い、荷揚場に係留された燃料等輸送船を漂流させないために追設する係船柱の詳細設計の結果を説明する。</p>	B	<p>係船柱杭基礎については、地盤物性のばらつきを考慮したうえで、施設の評価を実施した結果、許容限界以下であることを確認した。</p>	P.19

➤ 耐震評価対象断面として、荷揚護岸南北に追設する多重鋼管杭基礎のうち、岩盤上面の標高が低く、土圧が大きくなると考えられる南側の多重鋼管杭設置位置断面を選定し、2次元有限要素法により表1の荷重を考慮した解析を行った結果、施設・地盤に生じる応力が許容限界以下となり、施設・地盤の構造健全性は十分に保持されることを確認した。

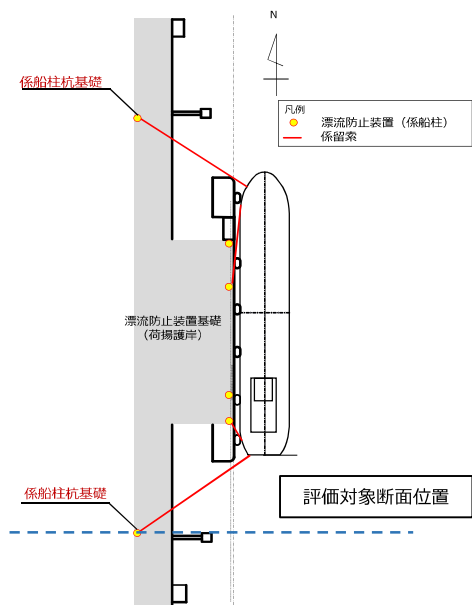


表1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時	G + P <sub>s</sub> + S <sub>s</sub>

ここで、  
 G : 固定荷重  
 P<sub>s</sub> : 積雪荷重  
 S<sub>s</sub> : 地震荷重

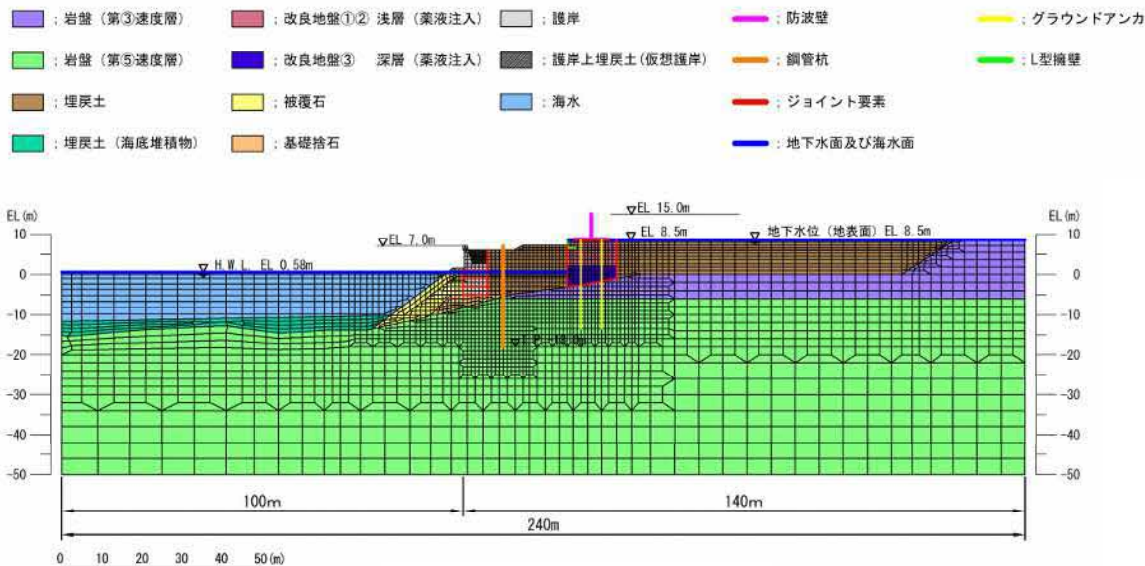


図3 2次元解析モデル図

表2 耐震評価結果

部位		種別	地震波	照査値*
施設	係船柱杭基礎	曲げ	Ss-N1(-+)	0.64
		せん断	Ss-N1(-+)	0.25
地盤	基礎地盤	接地圧	Ss-D(++)	0.12

注記\* : 各部位の照査値は、評価結果のうち最も照査値が厳しいケースのみ記載している。

# 【1-9】防波壁

## 【防波壁の各構造形式における主な論点】

➤ 表 1 の赤枠に示す防波壁（波返重力擁壁）における主な論点等を踏まえた詳細設計の結果について説明する。

表 1 防波壁の各構造形式における主な論点

防波壁の構造形式	主な論点
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	<ul style="list-style-type: none"> <li>多重鋼管杭の許容限界について模型実験及び3次元静的 F E M 解析による確認</li> <li>防波壁背後の改良地盤の範囲及び仕様等の説明</li> <li>鋼管杭周辺岩盤の破壊に伴う鋼管杭の水平支持力の評価</li> <li>3次元静的 F E M 解析による被覆コンクリート壁の健全性評価</li> </ul>
防波壁 (逆T擁壁)	<ul style="list-style-type: none"> <li>役割に期待しない鋼管杭による逆T擁壁への悪影響の確認</li> <li>杭頭部の力学挙動について模型実験による確認</li> <li>グラウンドアンカのモデル化を踏まえた健全性評価及び品質管理</li> <li>改良地盤の範囲及び仕様等の説明 ( P S 検層等に基づく ) *</li> <li>基礎底面の傾斜に対する健全性評価</li> </ul>
防波壁 (波返重力擁壁) 1-9(1) 1-9(2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設と新設コンクリートとの一体性について模型実験等による確認</li> <li>ケーソン中詰材改良の範囲及び仕様等の説明</li> <li>3次元静的 F E M 解析によるケーソンの健全性評価</li> </ul>

注記\* : 現地施工進捗に伴う品質確認試験結果については今後説明

□ : 今回説明する論点

青字 : 説明済みの論点

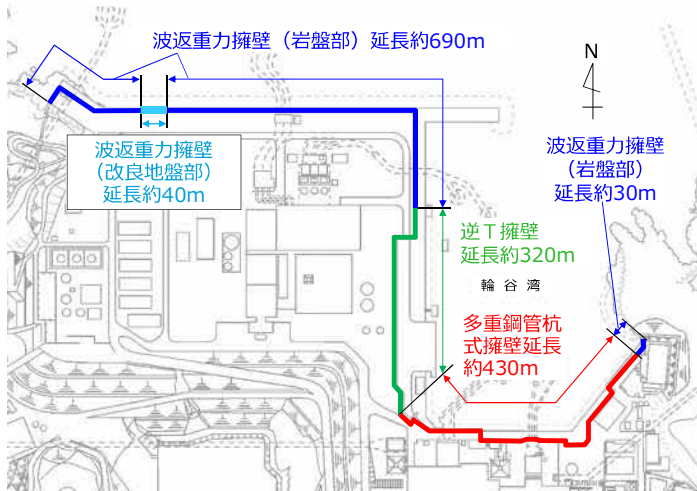


図 1 防波壁の位置図

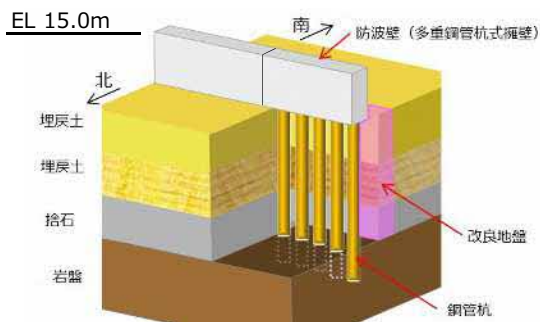
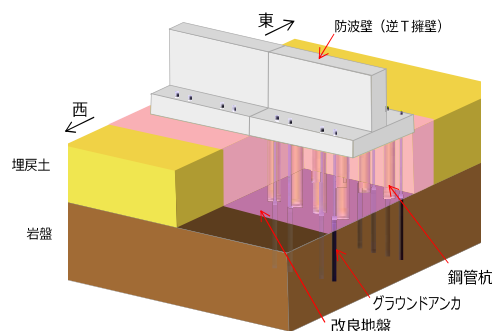
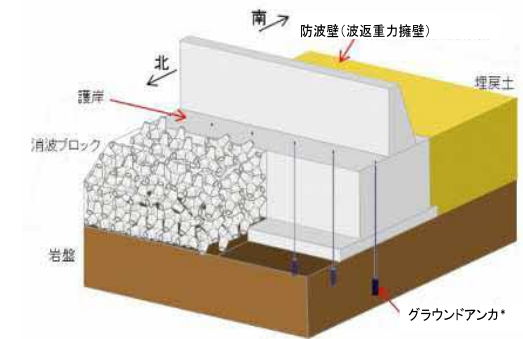


図 2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図



注記\* : 防波壁（逆T擁壁）は鋼管杭の効果期待せずに耐震評価を行う。

図 3 防波壁（逆T擁壁）の構造概要図



注記\* : 防波壁（波返重力擁壁）は、グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。

図 4 防波壁（波返重力擁壁）の構造概要図

---

**【1-9（1）】防波壁（波返重力擁壁におけるケーソン中詰材改良の範囲及び仕様等の説明）**

# 【1-9 (1)】防波壁（波返重力擁壁におけるケーソン中詰材改良の範囲及び仕様等の説明）（1/4）

## 【ケーソン及び中詰材の概要】

- ケーソンは格子状に隔壁を設置しており、側壁及び隔壁により区切られた複数の区画内には、中詰コンクリート又は中詰材（銅水砕スラグ及び砂）を充填している。
- 図1に示す範囲において、中詰材を充填しているケーソンを設置している。

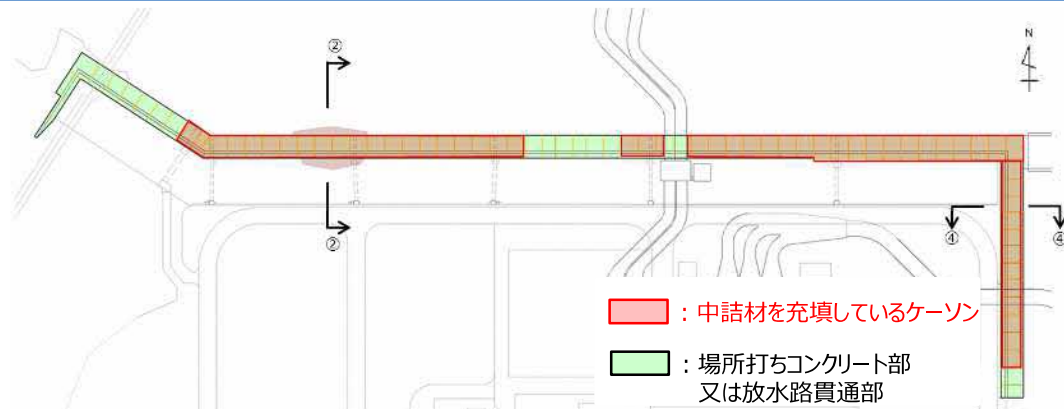


図1 ケーソン設置位置図

## 【設置変更許可審査を踏まえた詳細設計段階における検討内容】

- 設置変更許可審査において、地震時及び津波時の荷重が直接作用する前壁及び後壁の背面の中詰材を改良することで、②-②断面及び④-④断面のケーソンの構造成立性を説明した。
- 詳細設計段階においては、ケーソンの耐震・耐津波安全性向上のため、図2のとおり全区画の中詰材を改良する。
- ケーソン中詰材（銅水砕スラグ及び砂）の改良体（以下「中詰材改良体」という。）は、原位置試験及び室内試験に基づき、解析用物性値を設定する。

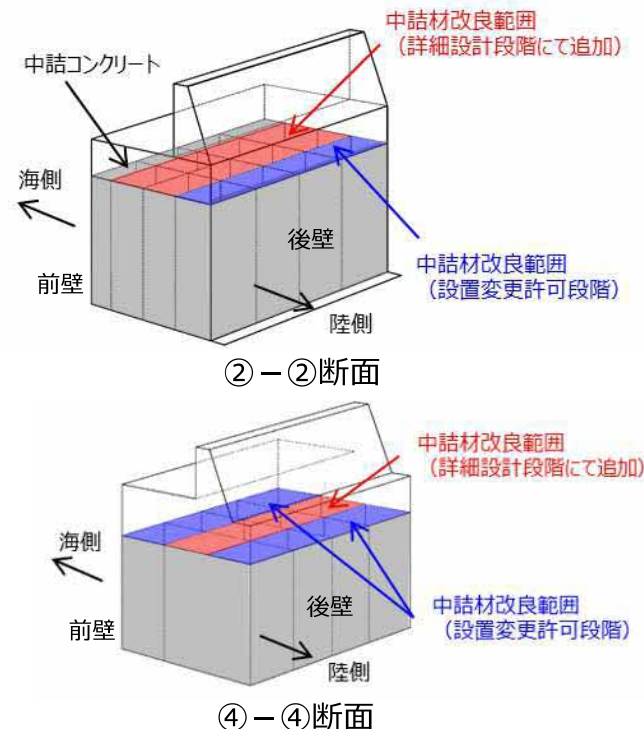


図2 ケーソン中詰材改良範囲

# 【1-9 (1)】防波壁（波返重力擁壁におけるケーソン中詰材改良の範囲及び仕様等の説明）（2/4）

## 【詳細設計申送り事項に対する回答】

No.	詳細設計申送り事項	分類	回答	回答頁
1	防波壁（波返重力擁壁）のうちケーソン隔壁内にて実施する中詰材の改良について、その仕様及び範囲を説明するとともに、試験等により設定した中詰材改良体の解析用物性値を説明すること。	B	ケーソン隔壁内のすべての中詰材について、高圧噴射攪拌工法により改良することとした。また、室内試験及び原位置試験（P S 検層）における試験結果を踏まえ、解析用物性値を設定した。	P.24,25



# 【1-9 (1)】防波壁（波返重力擁壁におけるケーソン中詰材改良の範囲及び仕様等の説明）（3/4）

## 1. 中詰材改良体の範囲及び仕様

- ケーソン内に充填された中詰材（銅水砕スラグ及び砂）については、全区画を改良する。
- ケーソン区画内の中詰材をすべて改良できる工法として高圧噴射攪拌工法（改良幅 5 m）を採用し、チェックボーリングにより中詰材が確実に改良されていることを確認している。（図 3，図 4）。
- 中詰材改良体は、ケーソンの評価のために 3 次元構造解析においてモデル化することから、密度及び S 波速度を用いて解析用物性値を設定する。図 5 に原位置試験位置図を、表 1 に室内試験及び原位置試験項目を示す。

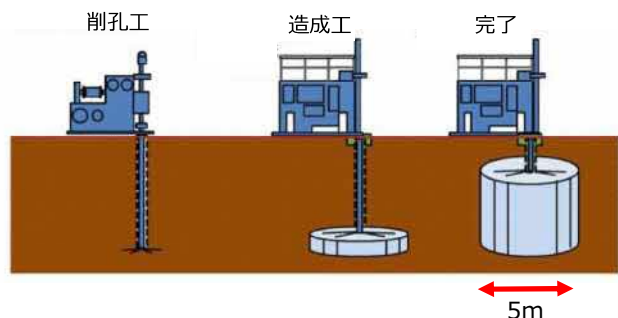


図 3 高圧噴射攪拌工法の施工イメージ

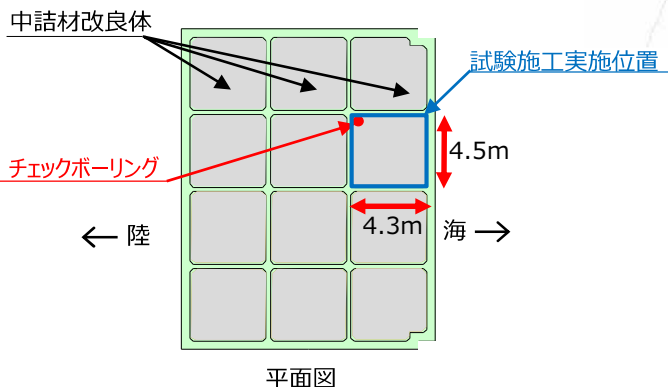


図 4 試験施工及びチェックボーリング位置図

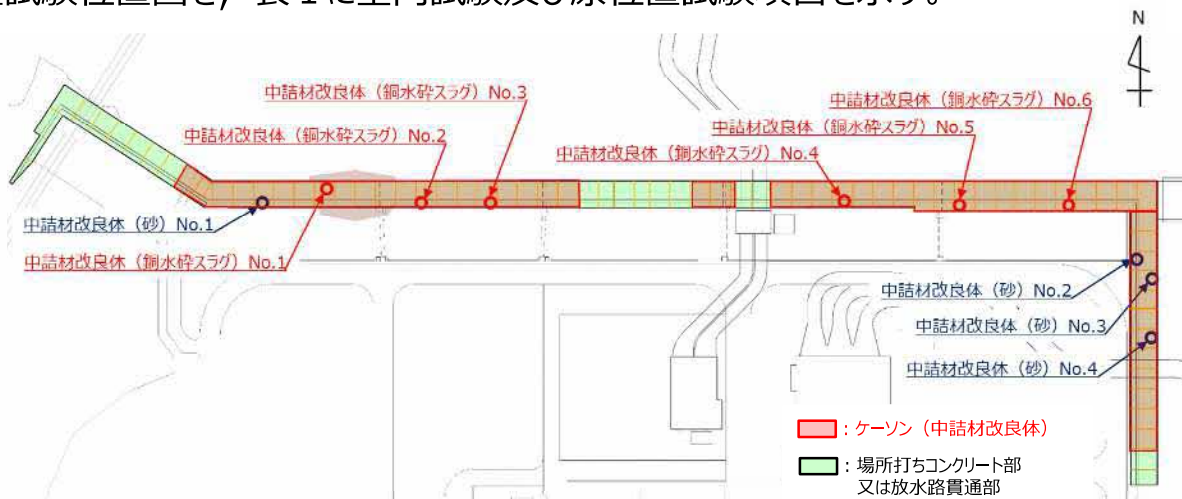


図 5 原位置試験（PS検層）位置図

表 1 試験項目

項目	規格・基準名称	試験規格	試験数
飽和密度	岩盤の密度試験方法 （浸水＋減圧脱気）	JGS 2132	11
S 波速度	地盤の弾性波速度検層方法	JIS 1122	73*

注記\*：PS検層の測定区間長1mを1つの試験数とみなす。

# 【1-9 (1)】防波壁（波返重力擁壁におけるケーソン中詰材改良の範囲及び仕様等の説明）（4/4）

## 2. 中詰材改良体の試験結果及び解析用物性値の設定

- 中詰材改良体の試験結果を表 2 に示す。
- 室内試験及び原位置試験結果を踏まえ、中詰材改良体の解析用物性値を表 3 のとおり設定する。

表 2 中詰材改良体の試験結果

試験項目		中詰材改良体 (銅水砕スラグ)	中詰材改良体 (砂)
密度(g/cm <sup>3</sup> )		2.71	2.00
S波速度 (m/s) *	上層：EL-5.5m以上	1,299	1,201
	下層：EL-5.5m以深	1,408	1,600

注記\*：PS検層の測定区間長を踏まえた加重平均値を示す。

表 3 中詰材改良体の解析用物性値

項目		中詰材改良体 (銅水砕スラグ)	中詰材改良体 (砂)	設定根拠	
密度	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.30	2.03	試験結果が改良前よりも大きい又は同等であるため、密度が小さいほうが弾性係数が低くなり、耐震評価において保守的になることから、改良前の中詰材の密度を設定	
ポアソン比	$\nu$	0.33	0.33	慣用値*	
弾性係数	E (kN/m <sup>2</sup> )	上層 (EL-5.5m以上, Vs=1,200m/s)	8.829×10 <sup>6</sup>	7.810×10 <sup>6</sup>	原位置試験結果（PS検層）及び密度を踏まえて設定 ( $E=2(1+\nu) \times G$ , $G=\rho \times Vs^2$ )
		下層 (EL-5.5m以深, Vs=1,400m/s)	1.202×10 <sup>7</sup>	1.063×10 <sup>7</sup>	

注記\*：液状化による構造物被害予測プログラムFLIPにおいて必要な各種パラメタの簡易設定法（港湾技研資料No.869,平成9年6月）

---

**【1-9（2）】防波壁（波返重力擁壁における3次元静的FEM解析によるケーソンの健全性評価）**

# 【1-9 (2)】防波壁（波返重力擁壁における3次元静的FEM解析によるケーソンの健全性評価）（1/7）

【設置変更許可審査を踏まえた詳細設計段階における検討内容】

- 設置許可段階において、②-②断面及び④-④断面のケーソンは、複数の隔壁を有していることから、各部材の応力伝達を考慮するため3次元構造解析により評価し、中詰材を一部改良することで構造成立性を確認している。
- 詳細設計段階においては、耐震・耐津波安全性向上のためケーソン内の中詰材をすべて改良することとし、3次元構造解析により、②-②断面及び④-④断面の耐震評価を実施する。また、開口部を有している③-③断面の放水路ケーソンについても、3次元構造解析により耐震評価を実施する。
- 評価対象断面におけるケーソンの構造概要図を図1に示す。

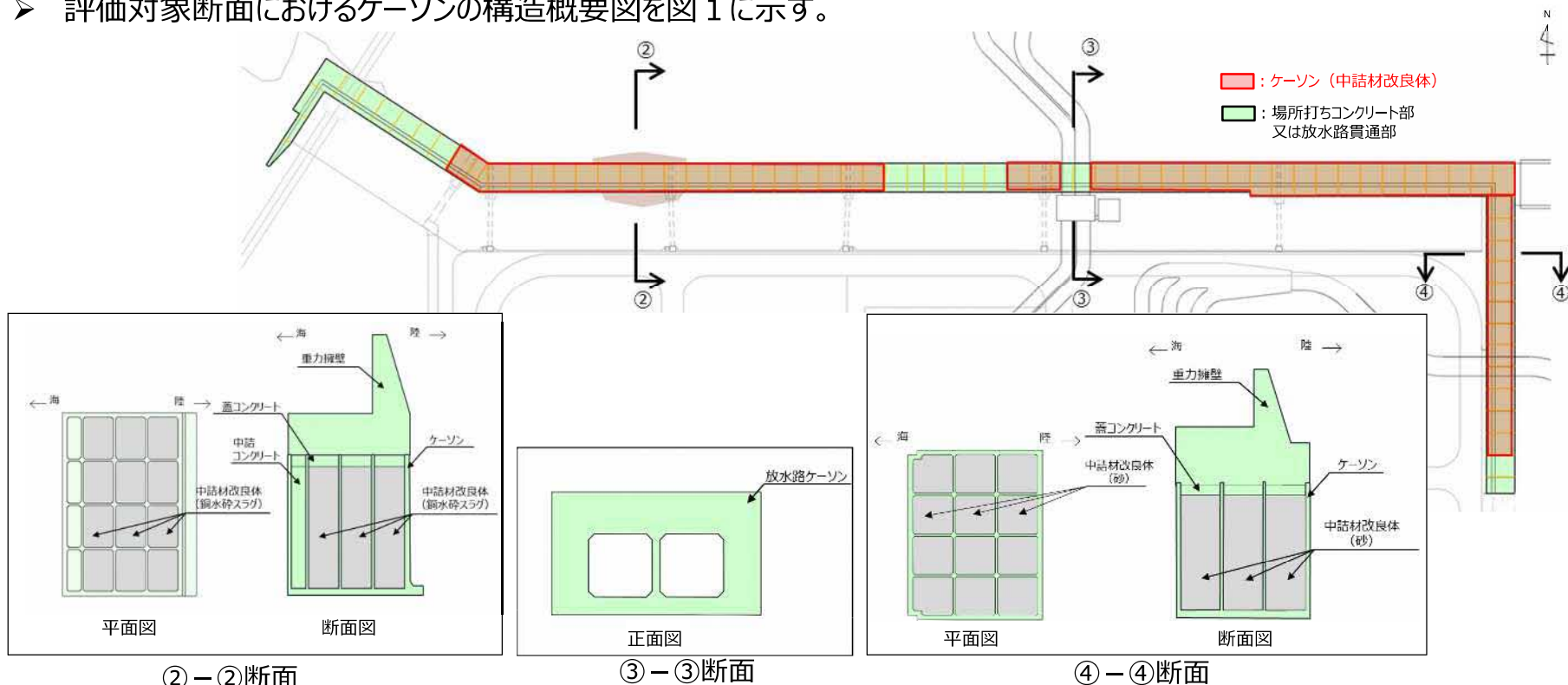


図1 防波壁（波返重力擁壁）のケーソンの構造概要図

# 【1-9 (2)】防波壁（波返重力擁壁における3次元静的FEM解析によるケーソンの健全性評価）（2/7）

## 【詳細設計申送り事項に対する回答】

No.	詳細設計申送り事項	分類	回答	回答頁
1	波返重力擁壁のケーソンの構造成立性評価において、物性値のばらつきケースを踏まえ、3次元FEM解析結果から、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまり、かつ止水性能を確保でき、防波壁としての構造が成立することを説明すること。	B	防波壁（波返重力擁壁）のうちケーソンは、複数の隔壁を有しており、その影響を考慮する必要があることから、3次元構造解析により耐震評価を行った結果、要求性能を満足することを確認した。	P.29~33

# 【1-9 (2)】防波壁（波返重力擁壁における3次元静的FEM解析によるケーソンの健全性評価）（3/7）

## 1. ケーソンの健全性評価の概要

- ケーソンの健全性評価は、図2に示すとおり、2次元有限要素法による地震応答解析結果より、ケーソンの評価が厳しくなる時刻における地震時荷重（土圧，加速度）を3次元構造解析モデルに作用させる（図3）。
- 健全性評価においては、ケーソンの各部材において「曲げ・軸力系の破壊に対する照査」及び「せん断破壊に対する照査」を実施し、ケーソンの各部材の要求機能が維持されていることを確認する。

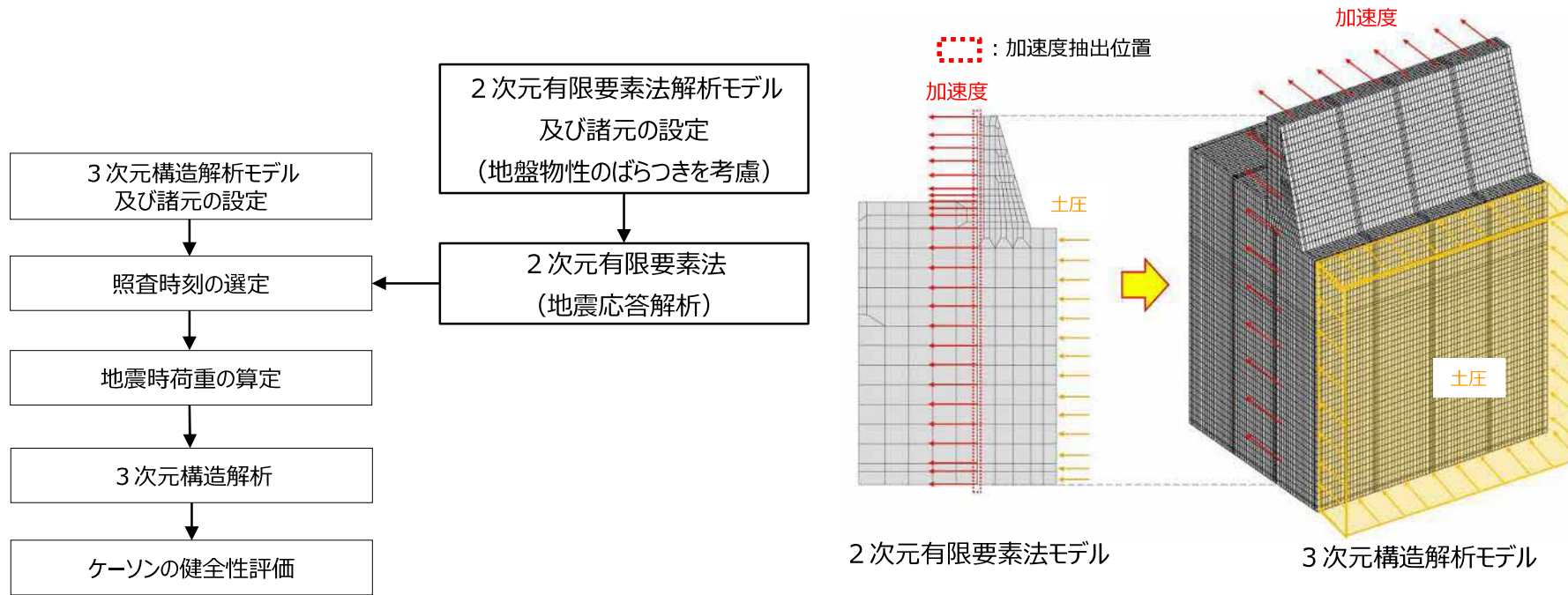


図2 ケーソンの評価フロー図

- 土圧は2次元有限要素法より背面の地盤要素から抽出し、3次元構造解析モデルに入力
- 加速度は2次元有限要素法よりケーソン・重力擁壁の節点から抽出し、節点高さに対応する3次元構造解析モデルの全要素に入力

図3 3次元構造解析への地震時荷重の入力イメージ

# 【1-9 (2)】防波壁（波返重力擁壁における3次元静的FEM解析によるケーソンの健全性評価）（4/7）

## 2. 3次元構造解析の概要

- ケーソンの評価にあたっては、各部材の役割及び性能目標を踏まえ、許容限界を設定し、3次元構造解析により性能目標を満足していることを確認する（表1，表2）。
- ケーソンは、図4のとおりモデル化し、②-②断面及び④-④断面は、【1-9 (1)】にて示した中詰材改良体をモデル化する。

表1 ケーソンの役割及び性能目標

部位の名称		地震時及び津波時の役割	性能目標
ケーソン		・重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。	構造部材の健全性を保持し、有意な漏えいを生じないために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。
放水路ケーソン	頂版 底版 側壁	・重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。	構造部材の健全性を保持し、有意な漏えいを生じないために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。
	隔壁	・重力擁壁を支持する。	構造強度を有すること。

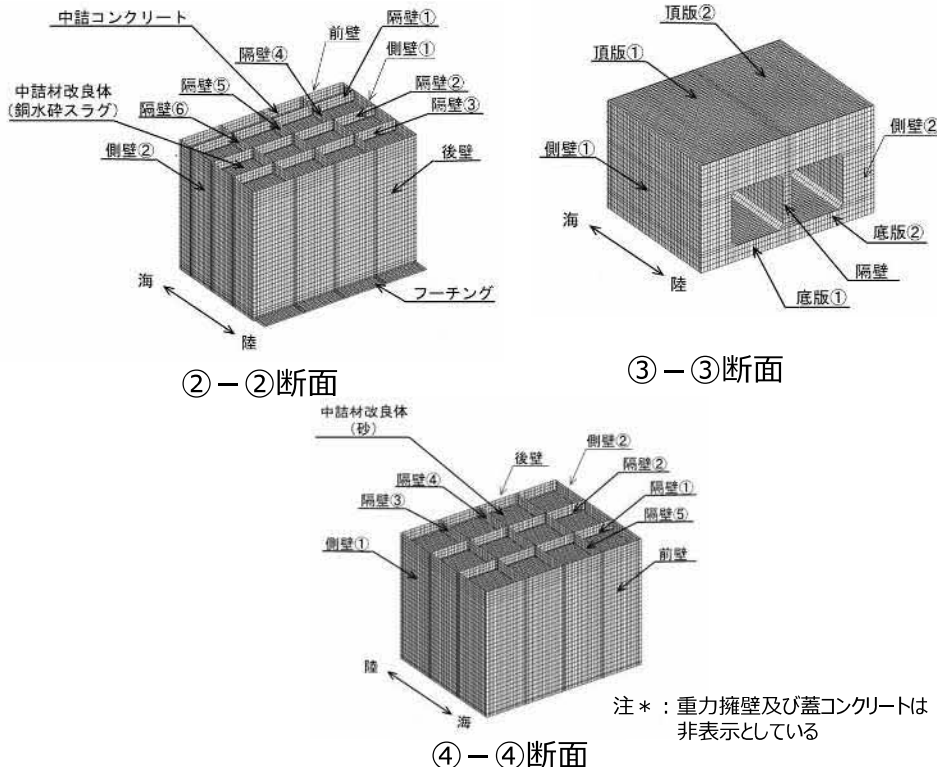


図4 3次元構造解析モデル

注\*：重力擁壁及び蓋コンクリートは非表示としている

表2 照査項目と許容限界

部位の名称		許容限界		適用基準*1
ケーソン	曲げ圧縮	13.5N/mm <sup>2</sup>	①	①
	曲げ引張	294N/mm <sup>2</sup>	①	①
	せん断 (面外)	0.67N/mm <sup>2</sup>	①	①
	せん断 (面内)	第一折れ点評価式	②	②
放水路ケーソン	頂版 底版 側壁	曲げ圧縮	13.5N/mm <sup>2</sup>	①
		曲げ引張	294N/mm <sup>2</sup>	①
		せん断 (面外)	0.67N/mm <sup>2</sup>	①
		せん断 (面内)	第一折れ点評価式	②
	隔壁	曲げ圧縮	13.5N/mm <sup>2</sup>	①
		曲げ引張	294N/mm <sup>2</sup>	①
		せん断 (面外)	0.67N/mm <sup>2</sup>	①
		せん断 (面内)	第一折れ点評価式*2 2000μ*3	②

注記\*1：適用基準は以下の通りとする。

- ①：コンクリート標準示方書「構造性能照査編」（土木学会，2002年制定）
- ②：原子力発電所耐震設計技術指針「EAG4601-1987（日本電気協会）」

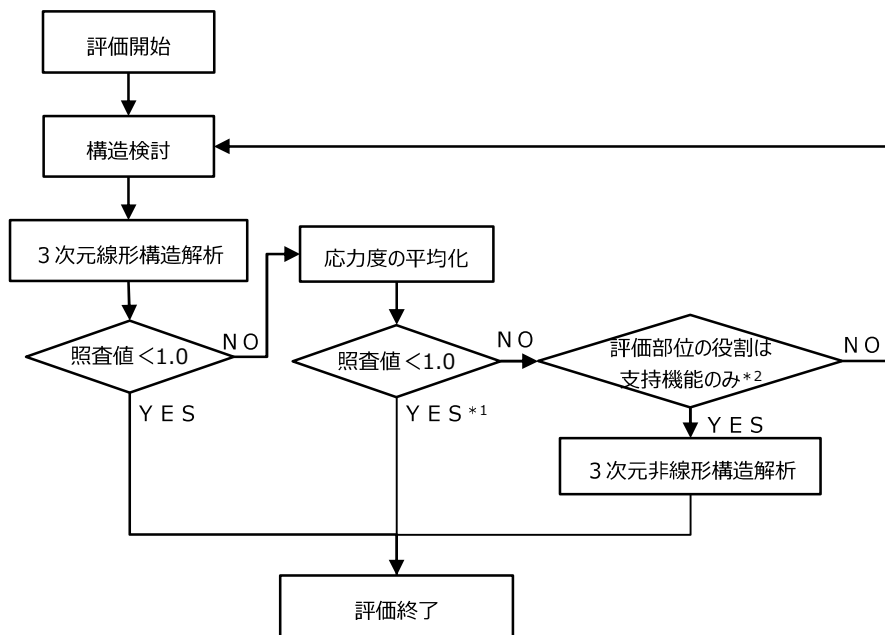
\*2：3次元線形構造解析の許容限界を示す。

\*3：発生応力度が3次元線形構造解析の許容限界を上回る場合に実施する3次元非線形構造解析の許容限界を示す。

# 【1-9 (2)】防波壁（波返重力擁壁における3次元静的FEM解析によるケーソンの健全性評価）（5/7）

## 2. 3次元構造解析の概要（続き）

- 3次元構造解析に入力する荷重は、2次元有限要素法の地震応答解析より表3に示す時刻における地震時荷重として土圧及び加速度を作用させる。
- ケーソンの各部材の評価（図5）にあたっては、3次元線形構造解析により耐震評価を行う。部材の照査値が1.0を上回る場合は、応力度の平均化を実施する。遮水性を期待せず、役割が重力擁壁の支持のみを期待する部材において、応力度の平均化を実施後においても照査値が1.0を上回る場合は、3次元非線形構造解析により耐震評価を行う（図6）。



注記\*1：照査値 $\geq 1.0$ となる場合は、その範囲が局所的であることから機能維持に影響がないことを確認する。また、参考に発生応力度が「鉄筋コンクリート構造計算規準（1999）」の短期許容応力度以下であることを確認する。

\*2：放水路ケーソンのうち隔壁が対象。

図5 各部材の評価フロー

表3 照査時刻の考え方

照査時刻	損傷モード	荷重抽出時刻	
時刻1	曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊		ケーソン頂底板間で変位が最大となる時刻
時刻2			総水平荷重が最大となる時刻

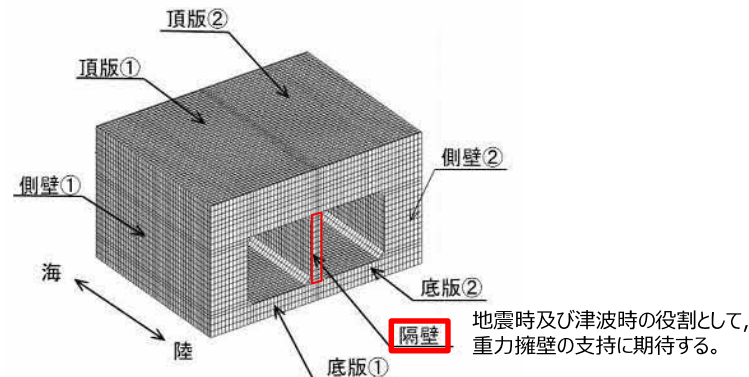


図6 支持機能のみに期待する部材（③-③断面）



# 【1-9 (2)】防波壁（波返重力擁壁における3次元静的FEM解析によるケーソンの健全性評価）（6/7）

## 3. 3次元構造解析結果

- ②-②断面及び④-④断面のケーソンについて，各照査項目において照査値が最大となる部材及び照査値を表4及び表5に，照査値が最大となる部材における断面力カウンター図を図7及び図8に示す。
- いずれの照査項目についても，許容限界を満足することを確認した。

表4 線形解析におけるケーソンの健全性評価結果（②-②断面）

	コンクリートの 曲げ・軸力系の 破壊	鉄筋の 曲げ・軸力系の 破壊	コンクリートの せん断破壊 (面外)	コンクリートの せん断破壊 (面内)
照査値が最大となる部材	後壁	底版	後壁	隔壁⑤
照査値	0.31	0.68	0.47	0.53

表5 線形解析におけるケーソンの健全性評価結果（④-④断面）

	コンクリートの 曲げ・軸力系の 破壊	鉄筋の 曲げ・軸力系の 破壊	コンクリートの せん断破壊 (面外)	コンクリートの せん断破壊 (面内)
照査値が最大となる部材	側壁①, ②	底版	底版	隔壁④
照査値	0.46	0.65	0.69	0.81

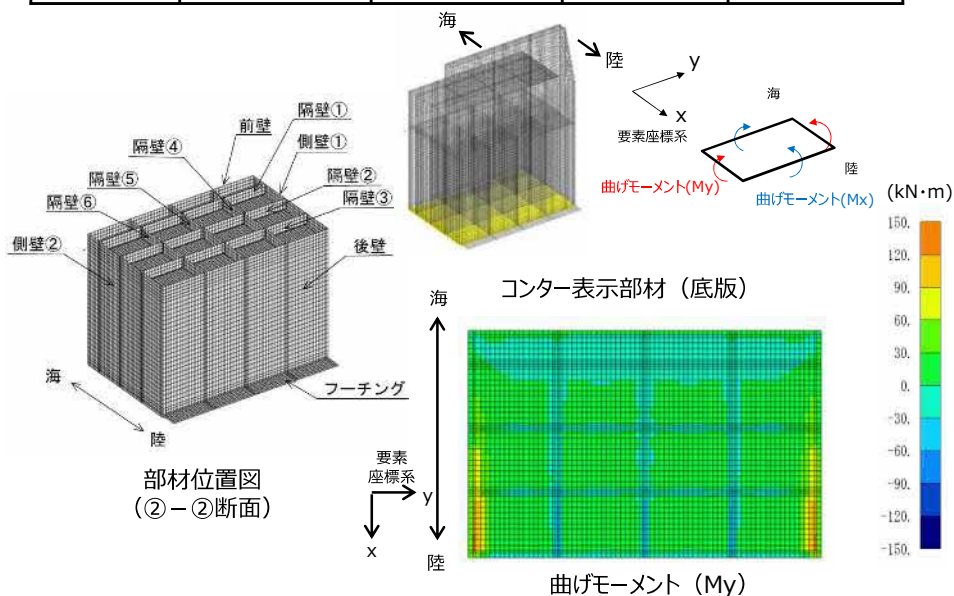


図7 断面力カウンター図（②-②断面，底版，曲げモーメント）

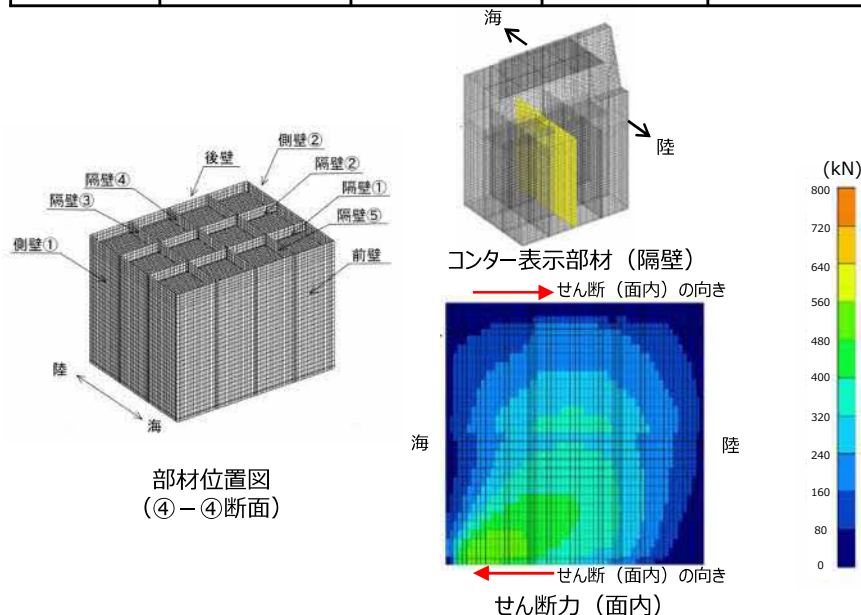


図8 断面力カウンター図（④-④断面，隔壁④，せん断（面内））

# 【1-9 (2)】防波壁（波返重力擁壁における3次元静的FEM解析によるケーソンの健全性評価）（7/7）

## 3. 3次元構造解析結果（続き）

- ③-③断面の放水路ケーソンについて、各照査項目において照査値が最大となる部材及び照査値を表6に示す。頂版及び側壁については、いずれの照査項目についても、許容限界を満足することを確認した。
- 底板については、照査値が1.0を超える箇所があるが、図9に示すとおり、許容限界を超える範囲は局所的で、海陸方向に連続していないことから、部材全体として機能が損なわれていないことを確認した。なお、参考として、「鉄筋コンクリート構造計算規準（1999）」の短期許容応力度では照査値が1.0を下回ることを確認した。
- 隔壁については、せん断破壊（面内）に対する評価が、応力度の平均化を実施した場合においても、照査値1.0を上回ったこと及び隔壁の役割が重力擁壁の支持のみであることから、3次元非線形構造解析を実施した。3次元非線形構造解析の結果、許容限界を満足することを確認した（表7、図10）。

表6 3次元線形構造解析におけるケーソンの健全性評価結果（③-③断面）

	コンクリートの 曲げ・軸力系 の破壊	鉄筋の 曲げ・軸力系 の破壊	コンクリートの せん断破壊 (面外)	コンクリートの せん断破壊 (面内)
照査値が 最大となる部材	隔壁	隔壁	底板①, ②	隔壁
照査値	0.57	0.95*1	1.09*1 (0.67)*2	1.22*3

注記\*1：応力度平均化後の値を示す。

\*2：参考として、「鉄筋コンクリート構造計算規準（1999）」による照査結果の値を示す。

\*3：応力度の平均化を実施した場合においても、照査値1.0を上回るため、非線形解析による評価を実施する。

表7 3次元非線形構造解析におけるケーソンの健全性評価結果（③-③断面、隔壁）

部材	発生せん断ひずみ	許容限界	照査値
隔壁（面内）	536μ	2000μ	0.27

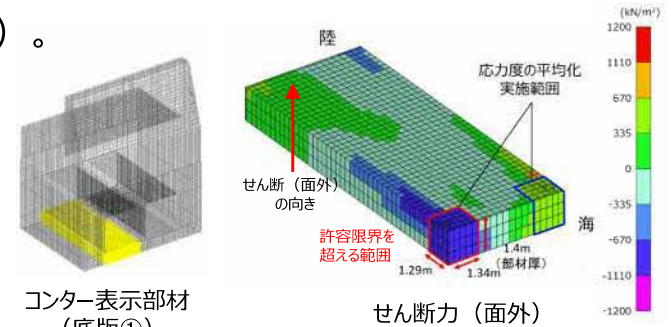


図9 発生応力コンター図  
(③-③断面、底板①、せん断(面外))

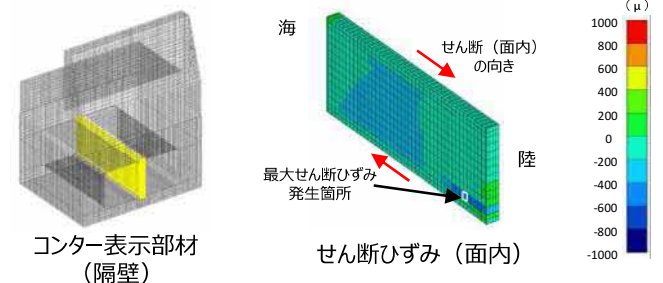


図10 発生ひずみコンター図  
(③-③断面、隔壁、せん断(面内))

# 【4-6】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用及び 原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更

## 【審査会合における議論に対する回答】

No.	議論の内容 (第1054回審査会合(2022年6月14日))	回答	回答頁
1	<p>基礎スラブの設計について、地盤ばね及び基礎スラブの非線形性を考慮した場合は応力の足し合わせができないため、応力解析では、水平と鉛直地震力を同時に考慮しなければならない。その場合、地震応答解析とは異なる接地圧分布になることから、応力解析における付着力の取扱いを含めて、今後、基礎スラブの応力解析手法及び設計結果について説明すること。</p>	<p>【4-6(1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>制御室建物基礎スラブの応力解析においては、地震応答解析と同様に付着力を考慮し、基礎スラブと底面地盤の間の付着力を模擬したギャップ要素により基礎スラブの浮上りを評価可能なモデルを採用している。</li> <li>水平及び鉛直方向地震力を同時に考慮した応力解析の結果、基準地震動 S s に対して耐震性を有することを確認した。</li> </ul> <p>【4-6(2)】 原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建物基礎スラブの応力解析においては、設置変更許可時に採用予定としていた解析モデルから応力解析モデルを変更しているため、変更内容について整理したうえで、基準地震動 S s に対して耐震性を有することを確認した。また、積層シェル要素でモデル化した壁に発生する応力を考慮した場合でも耐震壁が健全であることを確認した。</li> </ul>	<p>P.35～46</p> <p>P.47～53</p>

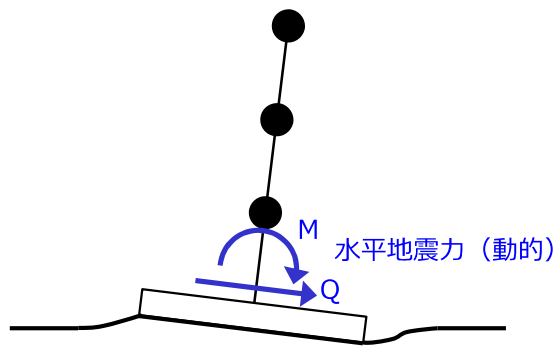
---

## 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用

# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (1/11)

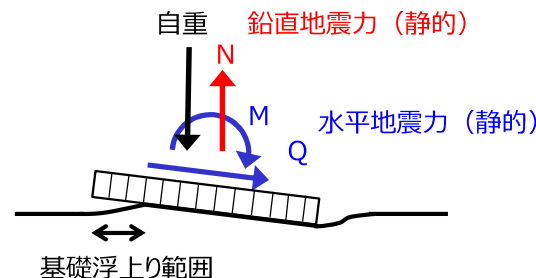
## 1. 概要

- 制御室建物の地震応答解析においては、基礎底面のロッキング地盤ばねを浮上り線形とし、地震応答解析結果により算定した基礎浮上りが発生しないために必要な付着力が、 $0.40\text{N/mm}^2$ （建物基礎底面と地盤の間の付着力）を超えないことを確認している。（図1(a)参照）
- 一方、基礎スラブの応力評価（弾塑性解析）においては水平方向及び鉛直方向地震力を組合せ係数法により同時入力するため、基礎スラブ底面の地盤ばね（鉛直ばね）に $0.40\text{N/mm}^2$ を超える引張力が発生する可能性がある。（図1(b)参照）。
- 水平方向及び鉛直方向地震力を同時に入力した応力解析においては、基礎スラブの柔性及び浮上りによる影響を評価するため、基礎スラブ底面の地盤ばね（鉛直ばね）に $0.40\text{N/mm}^2$ を超える引張力が発生したときに浮上りを考慮する。
- 本資料は、制御室建物基礎スラブ底面の地盤ばね（鉛直ばね）に付着力及び基礎浮上りを考慮した応力解析による基礎スラブの耐震評価結果を示すものである。



基礎浮上りが発生しないために必要な付着力が $0.40\text{N/mm}^2$ を超えないことから、基礎浮上りが生じない。

(a) 地震応答解析  
(浮上り線形ばね)



水平方向及び鉛直方向地震力を同時に入力するため、底面の地盤ばねに $0.40\text{N/mm}^2$ を超える引張力が発生した場合、基礎浮上りが生じる。

(b) 基礎スラブの応力解析  
(弾塑性解析)

図1 基礎浮上りの概念図

# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (2/11)

## 2. 構造概要

- 制御室建物は、4階建の鉄筋コンクリート造の建物である。
- 制御室建物の基礎スラブの平面寸法は、22.0m (N S) × 37.0m (E W) , 厚さは1.5mで、岩盤に直接設置している。

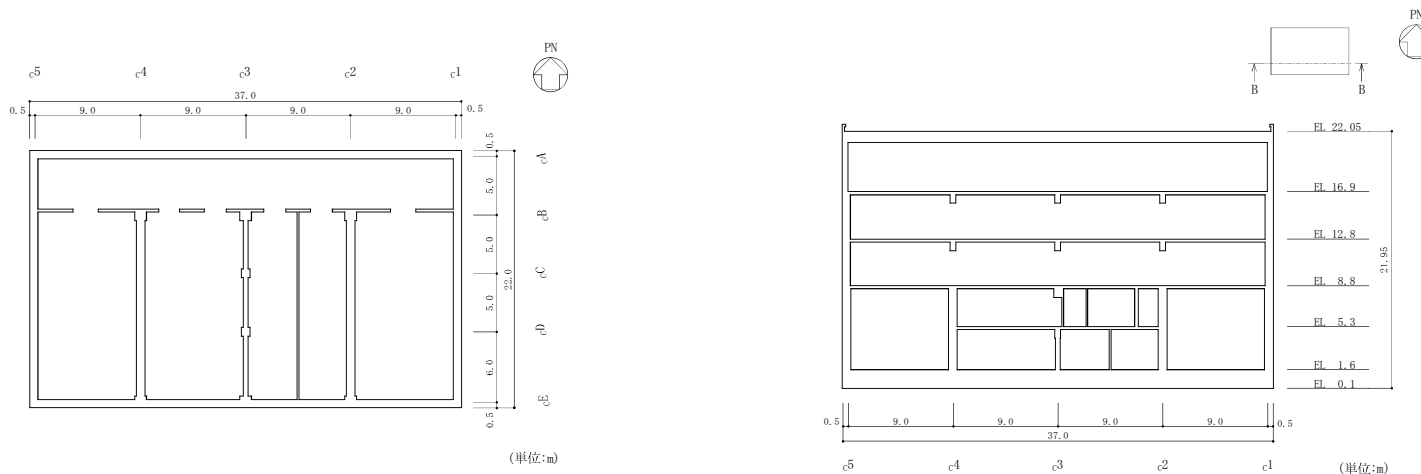


図2 制御室建物の概要

## 3. 評価方針

- 制御室建物は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。
- したがって、制御室建物の基礎スラブは、基準地震動  $S_s$  に対する応力評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (3/11)

## 4. 基礎スラブの応力解析

### <応力解析の基本方針>

- 応力解析は、3次元 F E Mモデルを用いた弾塑性応力解析とする。

### <モデル概要>

- 評価対象である基礎スラブ全体をモデル化する。
- 上部構造物については、基礎スラブより立ち上がる剛性の高い一部壁の剛性を拘束条件として考慮する。

☐ : 積層シェル要素でのモデル化範囲  
(基礎スラブ)

□ : はり要素でのモデル化範囲  
(拘束条件として考慮)

☐ : 積層シェル要素でのモデル化範囲  
(拘束条件として考慮)

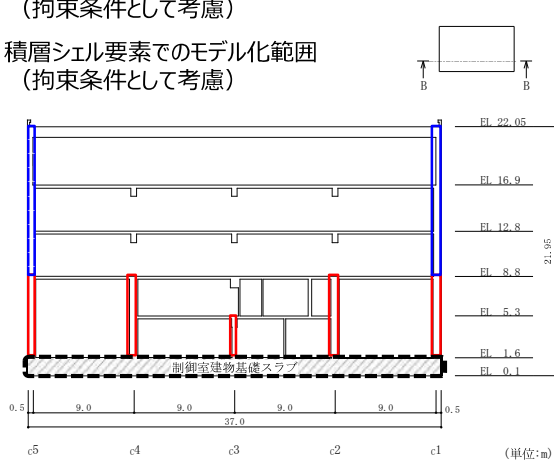
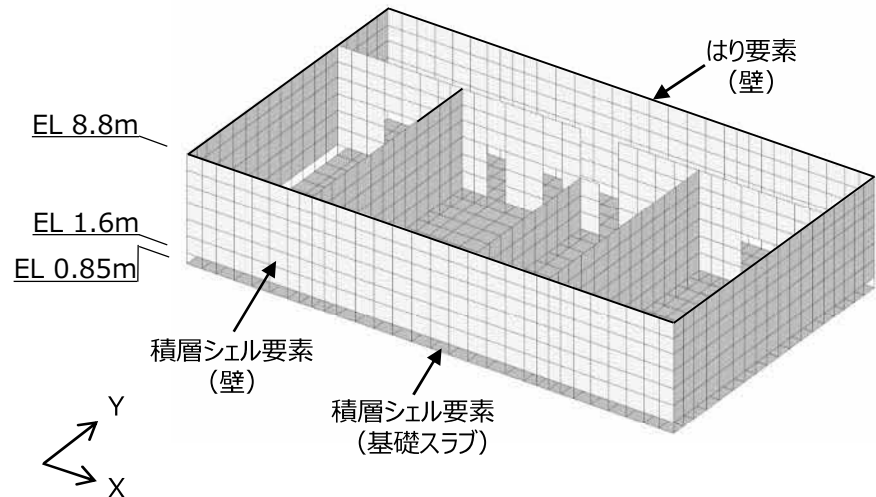


図3 モデル化範囲



注1：黒太線は、はり要素を示す。  
注2：EL 0.85m～EL 1.6mは剛体要素でモデル化。

図4 モデル概要

# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (4/11)

## 4. 基礎スラブの応力解析 (続き)

### <境界条件>

- 基礎スラブと底面地盤との間に付着力 $0.40\text{N/mm}^2$ を考慮した底面地盤を表現するギャップ要素を設け、基礎スラブと底面地盤との間の剥離（基礎スラブの浮上り）を考慮している。
- 鉛直ばねに付着力 $0.40\text{N/mm}^2$ を超える引張力が発生した際に、水平剛性及び鉛直剛性をゼロとし、浮上りを考慮する。
- 地震応答解析モデルでは保守的に側面地盤ばねは考慮しないが、基礎スラブの応力解析モデルにおいては、基礎スラブ側面が側面地盤（MMR含む）又は隣接建物基礎スラブと接することを踏まえ、水平及び鉛直方向に対する拘束効果として側面地盤ばね（水平及び回転）を考慮する。（側面地盤ばねを考慮した地震応答解析による設計用地震力への影響について【参考1】に示す。）

なお、底面地盤ばね及び側面地盤ばねは各節点に離散化して設定する。

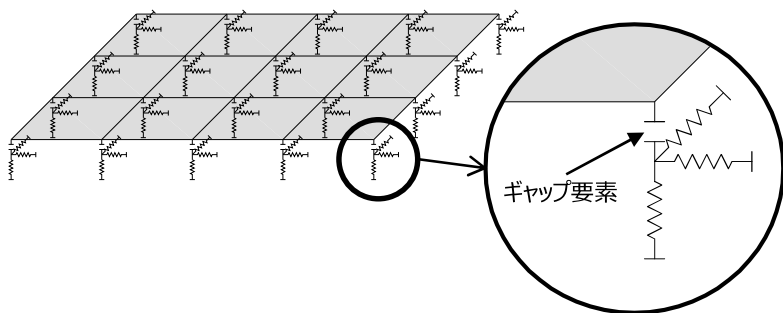
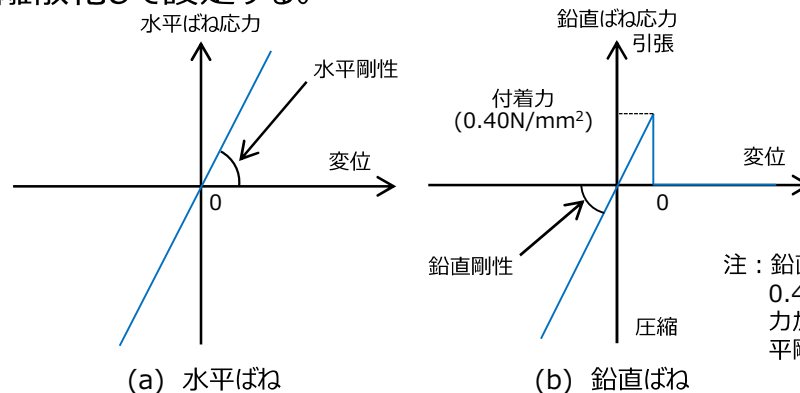


図5 ギャップ要素の概要



注：鉛直ばねに付着力 $0.40\text{N/mm}^2$ を超える引張力が発生した場合には、水平剛性もゼロとする。

図6 ギャップ要素の概念図

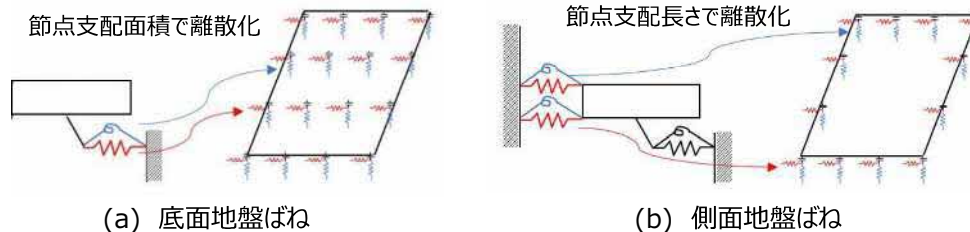


図7 地盤ばねの離散化の概念図

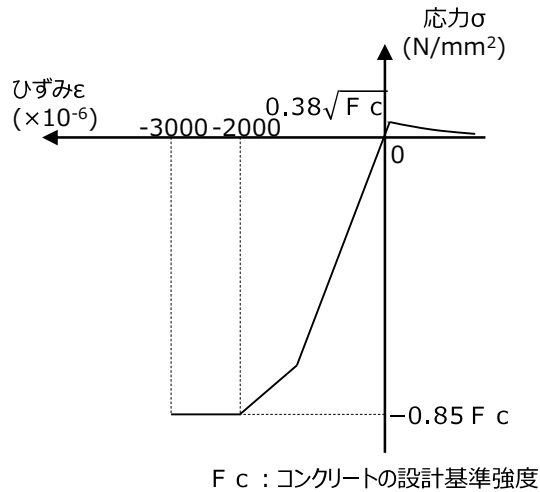


# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (5/11)

## 4. 基礎スラブの応力解析 (続き)

### <材料構成則>

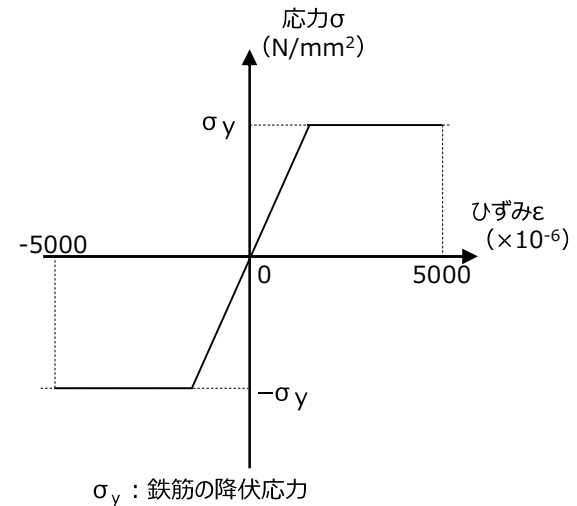
- 「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 ( (社) 日本機械学会, 2003) 」 (以下「CCV規格」という。) 等に基づく非線形特性を考慮する。



項目	設定
圧縮強度	$\sigma_c = -0.85 F_c$ (「CCV規格」)
終局圧縮ひずみ	$-3000 \times 10^{-6}$ (「CCV規格」)
圧縮側のコンクリート構成則	CEB-FIP Model codeに基づき設定
ひび割れ発生後の引張軟化曲線	出雲ほか (1987) による式 ( $c = 0.4$ )
引張強度	$\sigma_t = 0.38\sqrt{F_c}$ (鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 - 許容応力度設計法 - ( (社) 日本建築学会, 1999改定) )

注：引張方向の符号を正とする。

(a) コンクリートの応力-ひずみ関係



項目	設定
鉄筋の構成則	バイリニア型 (「CCV規格」)
終局ひずみ	$\pm 5000 \times 10^{-6}$ (「CCV規格」)

注：引張方向の符号を正とする。

(b) 鉄筋の応力-ひずみ関係

図8 材料構成則

# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (6/11)

## 5. 荷重の組合せケース及び入力方法

### <荷重の組合せケース>

- 水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1-2008 ( (社) 日本電気協会) 」(以下「J E A C 4 6 0 1-2008」という。)を参考に、組合せ係数法(組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

### <荷重の入力方法>

- 基礎スラブに上部構造物から作用する水平地震力については、上部構造物からのせん断力及び曲げモーメントを基礎スラブの当該位置の節点に離散化して節点荷重として入力する。
- 基礎スラブに上部構造物から作用する鉛直地震力については、上部構造物からの軸力とし、鉛直力に置換し、モデル上の各節点における支配面積に応じた節点荷重として入力する。
- 基礎スラブ内に作用する荷重については、地震時の上部構造物からの入力荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差を F E Mモデルの各要素の大きさに応じて分配し、節点荷重として入力する。

## 6. 断面の評価方法

- 軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが、「C C V規格」に基づき、コンクリートについては $3.0 \times 10^{-3}$  (圧縮)、鉄筋については $5.0 \times 10^{-3}$  (圧縮及び引張)を超えないことを確認する。
- 面外せん断力が、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ( (社) 日本建築学会, 2005制定) 」に基づく許容面外せん断力を超えないことを確認する。

# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (7/11)

## 7. 評価結果

- S s 地震時において、基礎スラブに発生する軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認した。

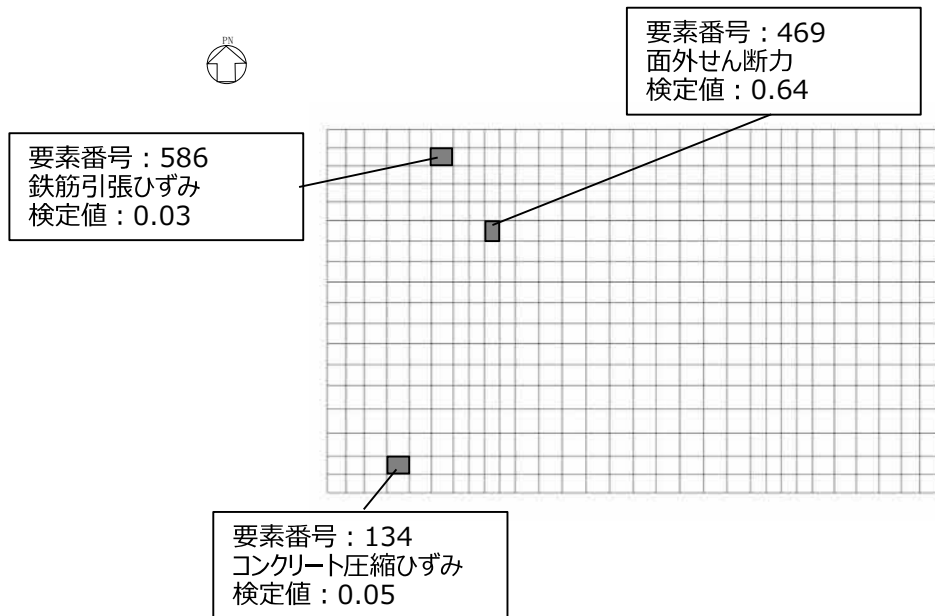
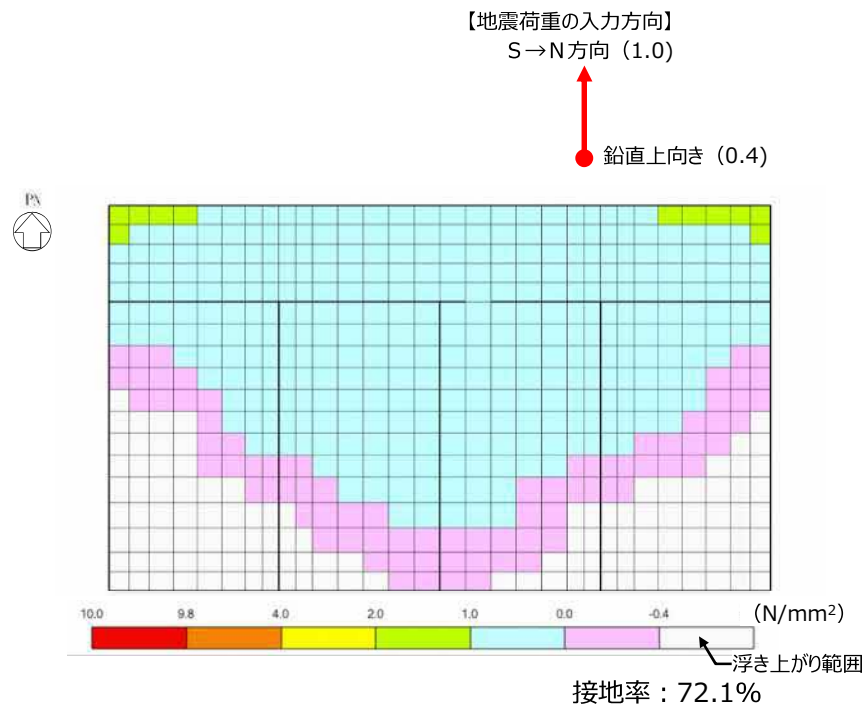


図9 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果

表1 評価結果

評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値	検定値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	134	0.127	3.00	0.05
	鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	586	0.123	5.00	0.03
面外せん断力	面外せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN/m}$ )	E W	469	1.58	2.50	0.64



注：接地率は、基礎スラブと底面地盤が剥離していないギャップ要素の支配面積を基礎底面全体の面積で除して算定した値。

図10 接地圧分布

# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (8/11)

## 8. 基礎スラブの耐震性への水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響について

### <検討概要>

- 基礎スラブの応力解析においては、基礎スラブ底面の地盤ばねについて、建物基礎底面と地盤の間の付着力 $0.40\text{N}/\text{mm}^2$ を超える引張力が発生したときに浮上りを考慮することとしており、直交する水平2方向の荷重による基礎浮上りにより応力分布に影響を及ぼす可能性がある。
- 以上のことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる耐震性への影響を検討する。

### <検討結果>

- S s 地震時における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度が、各許容値を超えないことを確認した。

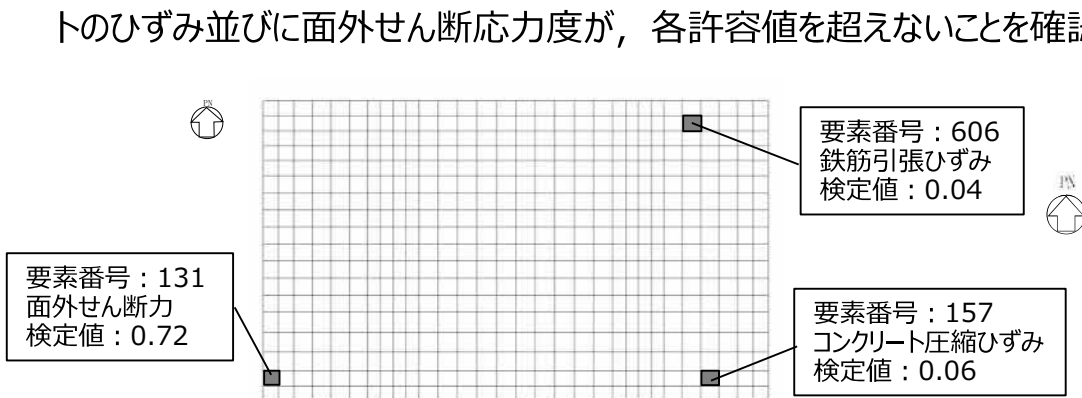
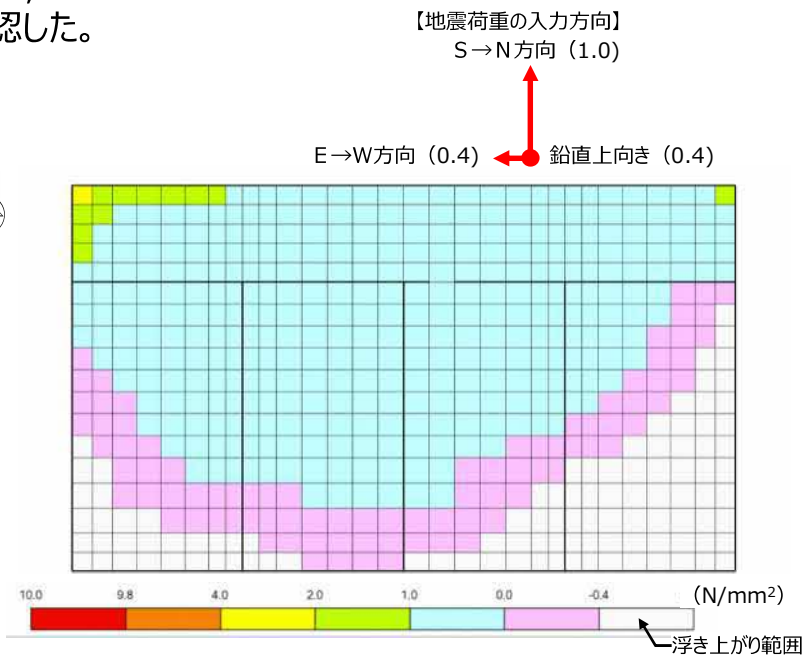


図11 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果

表2 評価結果

評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値	検定値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	157	0.159	3.00	0.06
	鉄筋引張ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	606	0.196	5.00	0.04
面外せん断力	面外せん断力 ( $\times 10^3\text{kN}/\text{m}$ )	E W	131	1.80	2.50	0.72



接地率：75.2%

注：接地率は、基礎スラブと底面地盤が剥離していないギャップ要素の支配面積を基礎底面全体の面積で除して算定した値。

図12 接地圧分布

# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (9/11)

【参考1】側面地盤ばねを考慮した地震応答解析による設計用地震力への影響について

## (1) 検討概要

- ・制御室建物の地震応答解析モデル（以下「今回工認モデル」という。）においては、基礎スラブ側面の地盤ばね（水平及び回転）を考慮していない。
- ・一方、制御室建物の基礎スラブの応力解析においては、基礎スラブをモデル化したシェル要素の建物外周にあたる周囲部分に、基礎側面地盤の拘束効果を考慮している。（側面地盤ばねの適用性について【参考2】に示す。）
- ・そこで、地震応答解析に基礎スラブ側面の地盤ばねを考慮しないことが保守的な評価となることを確認するため、Novakの手法による基礎スラブ側面の地盤ばねを考慮した地震応答解析モデル（以下「側面地盤ばね考慮モデル」という。）による地震応答解析を行い、今回工認モデルに基づく最大応答値と比較する。

## (2) 検討に用いる地震波及び地震応答解析モデル

- ・側面地盤ばねを設定した検討は、基準地震動  $S_s$  のうち位相特性の偏りがなく、全周期帯において安定した応答を生じさせる基準地震動  $S_s - D$  に対して実施する。
- ・側面地盤ばねの算定に用いる解析用物性値は、制御室建物の基礎スラブに接する隣接建物基礎スラブのコンクリートの物性値とし、保守的にコンクリート強度が小さい1号機建物のコンクリートの設計基準強度に基づき設定する。また、側面地盤ばね以外の地震応答解析モデルの諸元は今回工認モデル（基本ケース）と同一とする。

表3 地盤ばね定数と減衰係数 (NS方向)

ばね番号	地盤ばね成分	質点番号	ばね定数 $K_c$	減衰係数 $C_c$
K1	底面・水平	6	$5.10 \times 10^8$ (kN/m)	$2.84 \times 10^6$ (kN・s/m)
K2	底面・回転	6	$7.45 \times 10^{10}$ (kN・m/rad)	$2.15 \times 10^7$ (kN・m・s/rad)
K3	側面・水平	5	$2.04 \times 10^7$ (kN/m)	$4.97 \times 10^5$ (kN・s/m)
K4	側面・回転	5	$4.79 \times 10^9$ (kN・m/rad)	$1.82 \times 10^7$ (kN・m・s/rad)
K5	側面・水平	6	$2.40 \times 10^7$ (kN/m)	$5.83 \times 10^5$ (kN・s/m)
K6	側面・回転	6	$5.61 \times 10^9$ (kN・m/rad)	$2.14 \times 10^7$ (kN・m・s/rad)

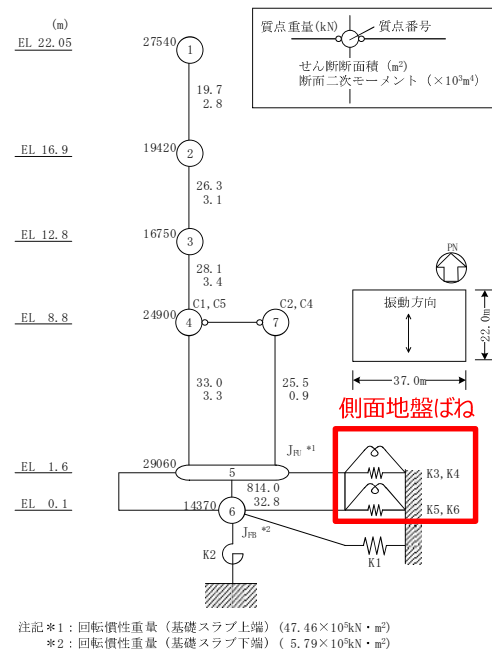


図13 側面地盤ばね考慮モデル (NS方向)

# 【4-6 (1)】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (10/11)

【参考1】 側面地盤ばねを考慮した地震応答解析による設計用地震力への影響について (続き)

## (3) 側面地盤ばねを考慮した場合の解析結果

- 最大応答加速度分布について、両モデルはおおむね同等の結果となっている。
- 最大応答せん断力分布及び最大応答曲げモーメント分布については、今回工認モデルの結果が側面地盤ばね考慮モデルの結果を包絡している。
- 基礎スラブの応力解析では、1F (EL 1.6m~EL 8.8m) の最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントを用いることを考慮すると、地震応答解析において側面地盤ばねを考慮しないことは保守的な評価となる。

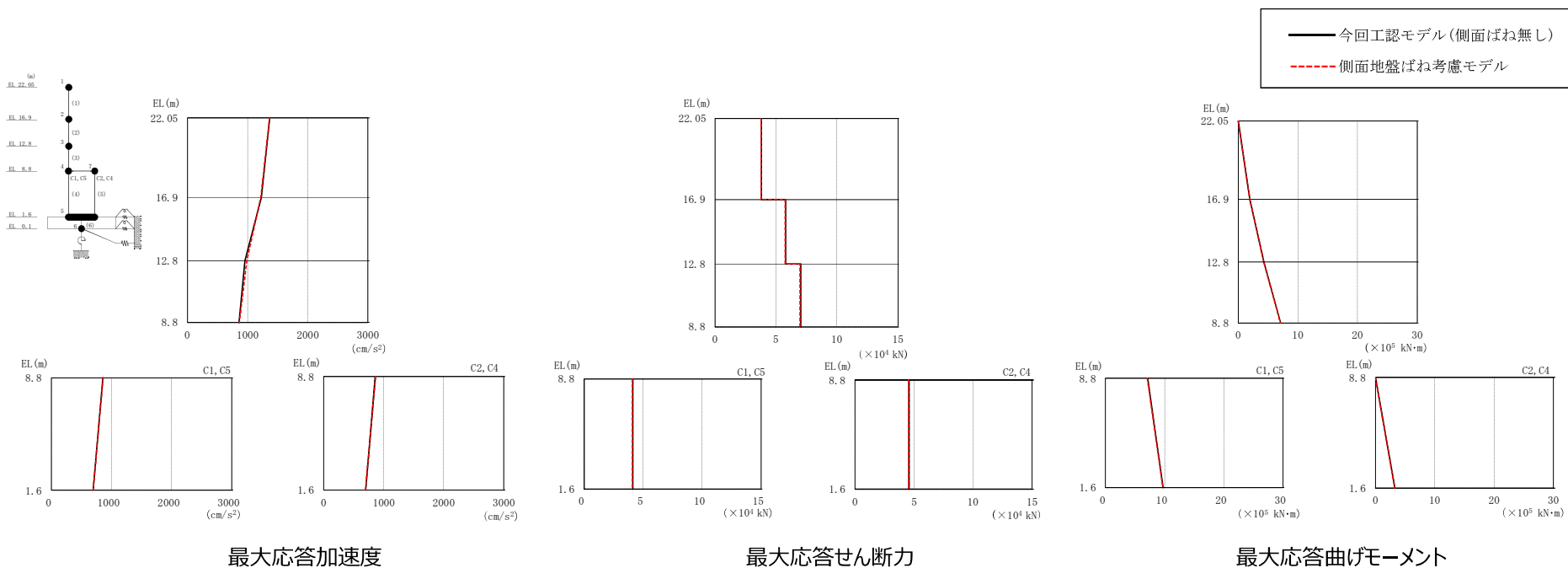


図14 今回工認モデルと側面地盤ばね考慮モデルの応答の比較 (基準地震動 S s - D, N S 方向)

# 【4-6 (1)】制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用 (11/11)

## 【参考2】側面地盤ばねの適用性について

- ・制御室建物の側面地盤の埋込み状況を確認し、建物側面の地盤ばねの適用性について確認する。
- ・制御室建物が側面地盤（MMR含む）又は隣接建物基礎スラブと接する範囲には防水層等が介在していないことから、建物基礎スラブと側面地盤（MMR含む）又は隣接建物基礎スラブの間に地中上下方向せん断力が発生し、十分な拘束効果が期待でき、基礎側面地盤ばねを適用できると考えられる。（図15参照）
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版（（社）日本電気協会）」及び「J E A C 4 6 0 1-2008」において、3面または面積で75%以上が周辺地盤と接している場合には、全面埋め込みと同様な埋込み効果が期待できるものとされていることから、図16に示すとおり灰色で示される「制御室建物が側面地盤（MMR含む）又は隣接建物基礎スラブと接する範囲」が赤色の破線で囲まれた範囲に対して占める割合が75%以上であるため、埋込み効果を期待して側面地盤ばねを設定する。

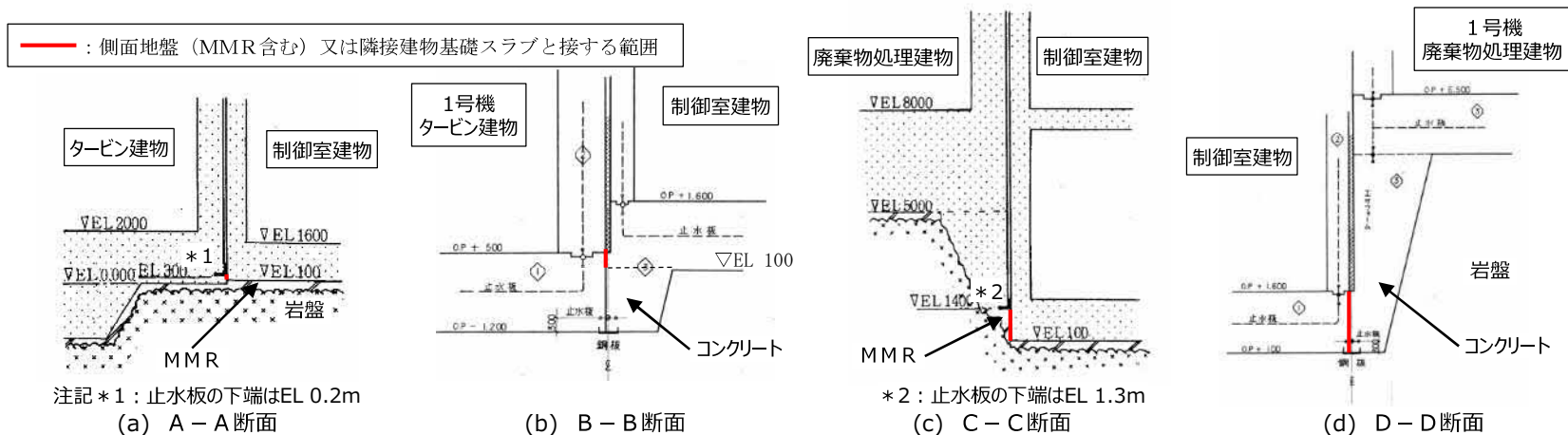


図15 埋戻し状況を示す断面図（建設時竣工図に加筆）

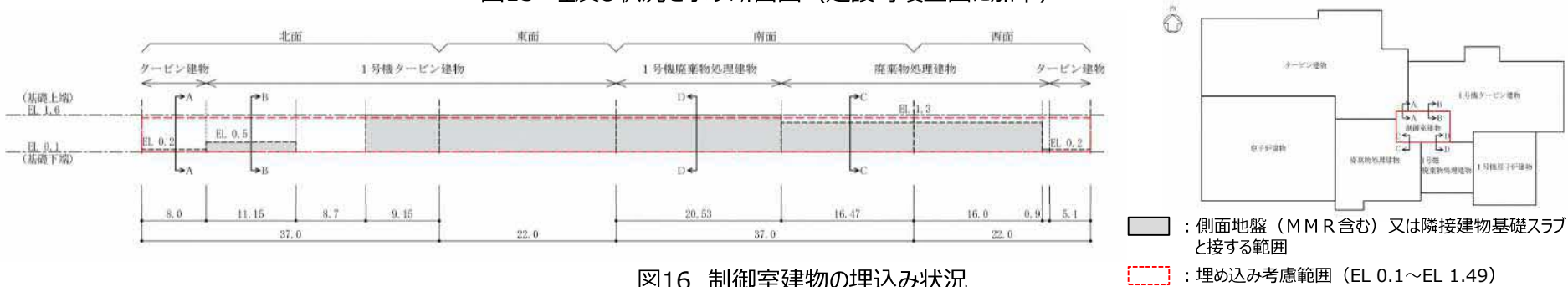


図16 制御室建物の埋込み状況

---

## 【4-6 (2)】原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更

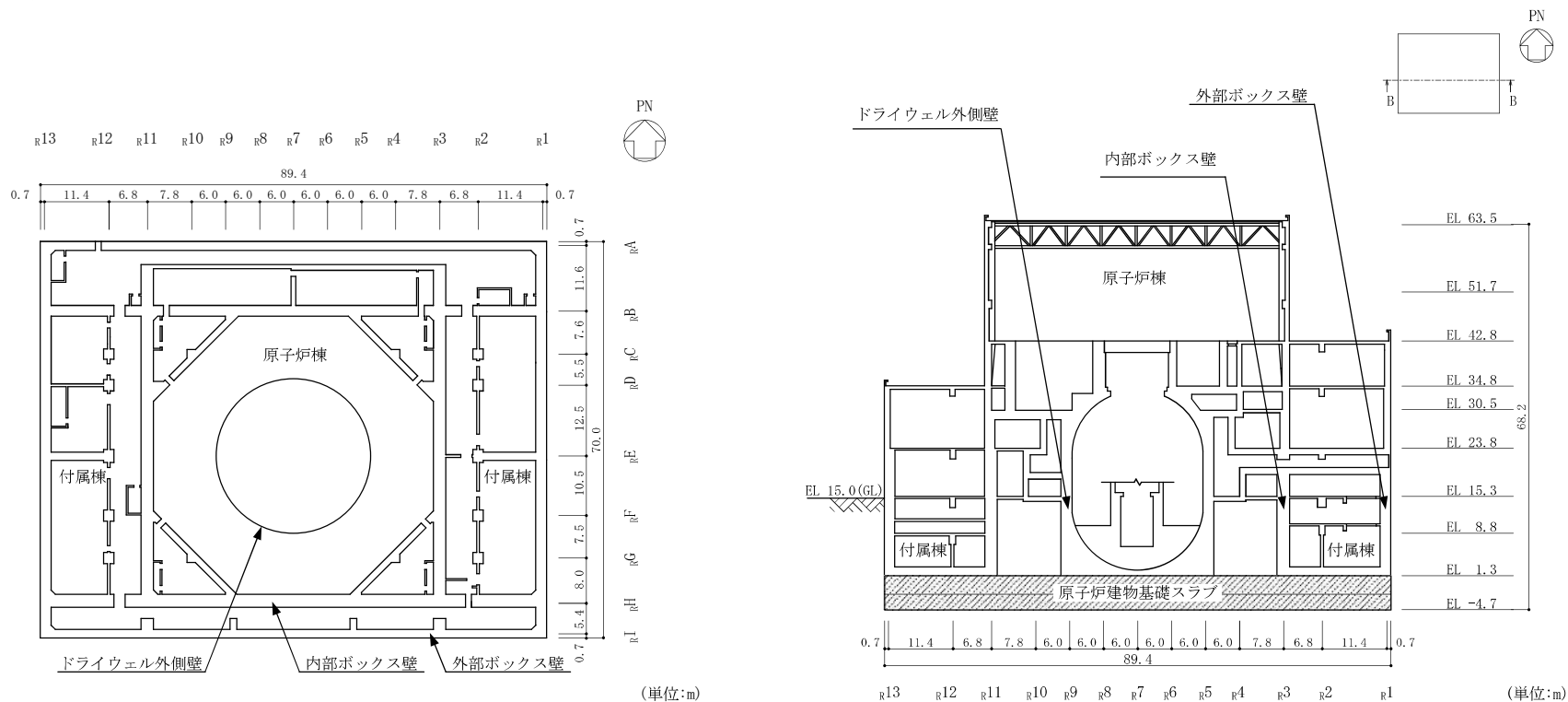


### 1. 概要

- 設置変更許可時は、建設時の工事計画認可申請書と同様、上部構造物のうち剛性の高い壁をはり要素でモデル化した応力解析モデル（以下「設置許可モデル」という。）を採用する予定であった。
- 今回の工事計画認可申請では、詳細設計に伴い上部構造物の立体的な形状による基礎スラブへの拘束効果を考慮することとし、先行サイトの審査実績を踏まえ、一部の壁及び床スラブを積層シェル要素でモデル化した応力解析モデル（以下「今回工認モデル」という。）を採用することとした。
- 本資料は、原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更内容を示すものである。また、基礎スラブの応力解析において積層シェル要素でモデル化した壁に発生する応力を考慮した耐震壁の健全性確認結果を示す。

## 2. 構造概要

- 原子炉建物基礎スラブは、その上部構造である原子炉本体の基礎、原子炉格納容器、その周囲の壁（以下「ドライウエル外側壁」という。）、原子炉棟の外壁（以下「内部ボックス壁」という。）及び付属棟の外壁（以下「外部ボックス壁」という。）を支持する鉄筋コンクリート造の基礎スラブである。
- 原子炉建物基礎スラブの平面寸法は、70.0m（N S）×89.4m（E W）、厚さは6.0mで、岩盤に直接設置している。



(a) 概略平面図

(b) 概略断面図

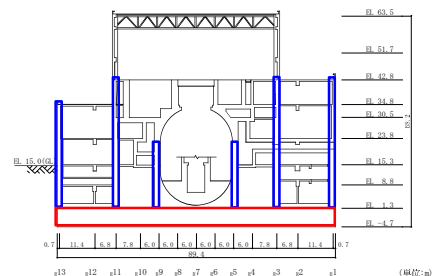
図1 原子炉建物基礎スラブの概要

## 3. 設置変更許可時からのモデル化方法の変更点

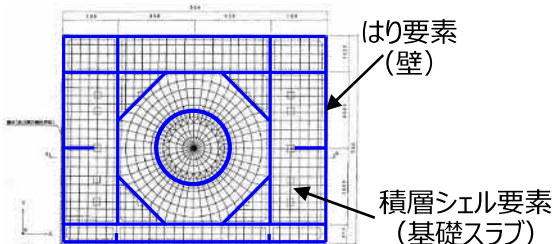
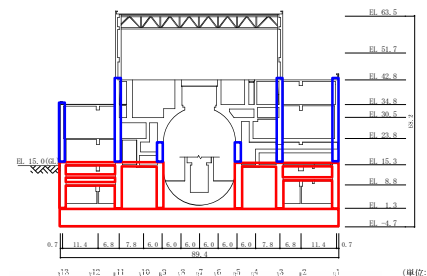
➤ 今回工認では、一部の壁及び床スラブを積層シェル要素でモデル化した応力解析モデルを採用している。

表1 モデル化方法の変更点

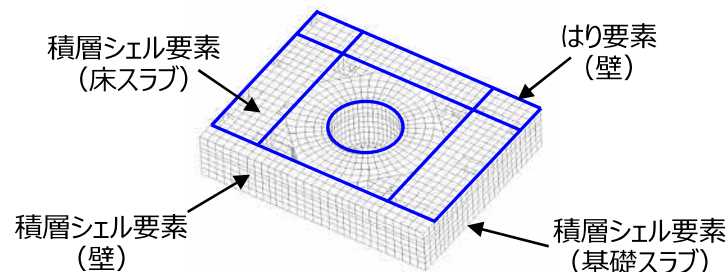
部位	EL (m)	(a) 設置許可モデル	(b) 今回工認モデル	備考
壁	15.3~42.8	はり要素	はり要素	弾性部材としてモデル化
	1.3~15.3	はり要素	積層シェル要素	
床スラブ	8.8, 10.3, 12.5, 15.3	-	積層シェル要素	
基礎スラブ	-4.7~1.3	積層シェル要素	積層シェル要素	非線形特性を考慮



: はり要素でのモデル化範囲  
 : 積層シェル要素でのモデル化範囲



(a) 設置許可モデル



(b) 今回工認モデル

図2 モデル化方法の概念図

## 4. 評価結果

- S s 地震時において，基礎スラブに発生する軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が，各許容値を超えないことを確認した。

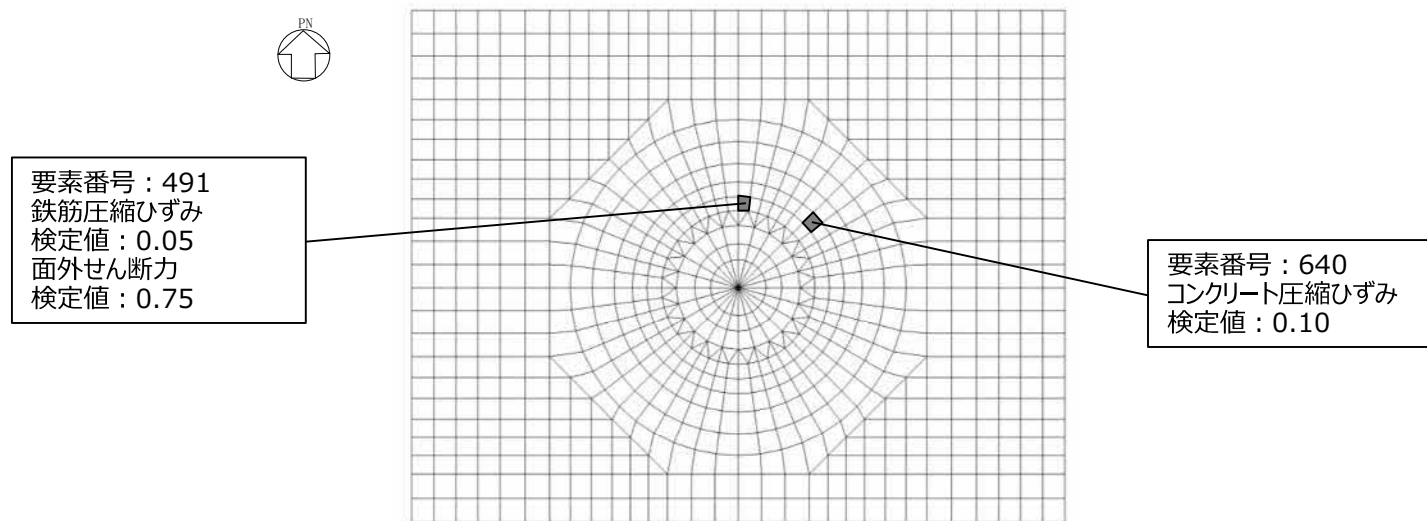


図3 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果

表2 評価結果

評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値	検定値
軸力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	N S	640	0.297	3.00	0.10
	鉄筋圧縮ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	放射	491	0.221	5.00	0.05
面外せん断力	面外せん断力 ( $\times 10^3$ kN/m)	N S	491	7.79	10.4	0.75

## 4. 評価結果 (続き)

➤ 積層シェル要素でモデル化した壁に発生する応力を考慮した場合でも耐震壁が健全であることを確認した。

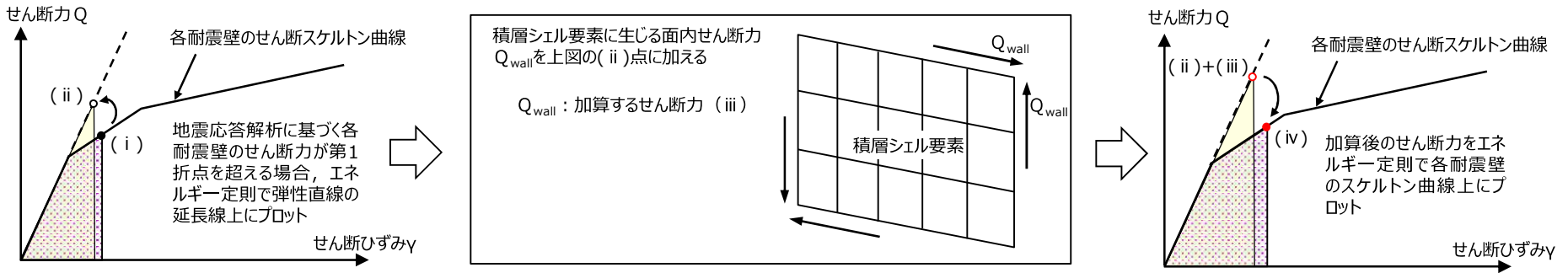


図4 応力解析による発生応力を考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみの算定方法

表3 応力解析による発生応力を考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみ (NS方向)

部位	EL (m)	加算前			(iii) 加算せん断 ( $\times 10^4$ kN)	(ii) + (iii) せん断 ( $\times 10^4$ kN)	加算後 (iv) せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )
		(i) せん断力 ( $\times 10^4$ kN)	(i) せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	(ii) 面積等価せん断力 ( $\times 10^4$ kN)				
DW	15.3~10.1	23.6	0.77	41.4	5.5	46.9	0.92	2.0

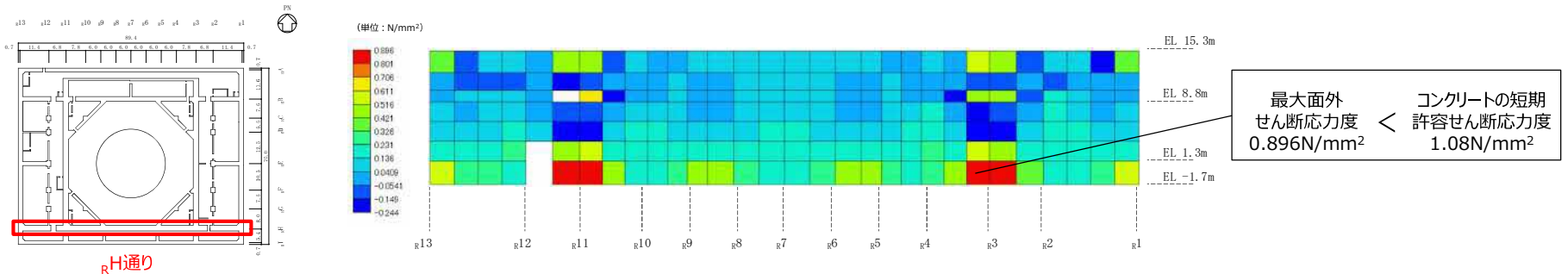


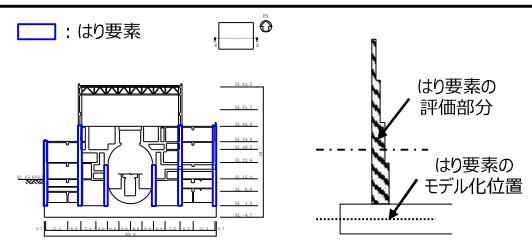
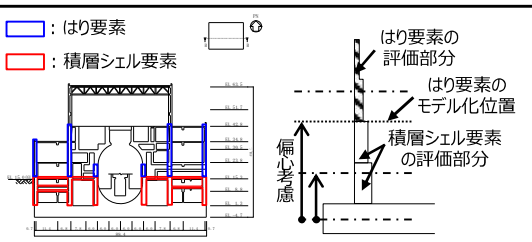
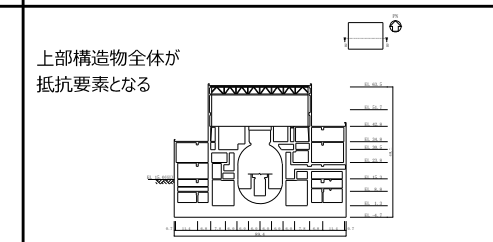
図5 積層シェル要素でモデル化した耐震壁の面外せん断応力度のコンター図 (鉛直方向, R<sub>H</sub>通り)

# 【4-6 (2)】原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更 (6/6)

## 【参考】モデル化方法の変更による影響及び保守性について

- 今回工認モデルでは一部の壁及び床スラブのみを積層シェル要素でモデル化していることから、拘束効果は実機よりも小さく保守的である。なお、上部構造物の一部をシェル要素でモデル化する方法は、先行サイトでも採用されている。

表 4 上部構造物のモデル化方法の変更に伴う解析上の影響

項目	設置許可モデル	今回工認モデル	実機の状態 (想定される実現象)
上部構造物の剛性	<p>影響範囲 (モデル化範囲)</p> <p>□ : はり要素</p> 	<p>□ : はり要素</p> <p>■ : 積層シェル要素</p> 	 <p>上部構造物全体が抵抗要素となる</p>
	<p>要素種別</p> <p>・EL 1.3m～EL 42.8mまでの壁を等価な剛性を考慮したはり要素でモデル化</p>	<p>・EL 1.3m～EL 15.3mまでの壁及び床スラブを積層シェル要素でモデル化</p> <p>・EL 15.3m～EL 42.8mまでの壁を等価な剛性を考慮したはり要素でモデル化</p>	<p>—</p>
	<p>剛性評価</p> <p>・EL 1.3m～EL 42.8mまでの壁を対象としたせん断面積、断面二次モーメントから等価な1本のはり要素に置き換えており、拘束効果は実機及び今回工認モデルより弱い。</p> <p>・壁の曲げ剛性は壁の図心位置で評価したものを基礎スラブ中心位置に設定しており、偏心が考慮されないため、実機及び今回工認モデルより小さい。</p>	<p>・EL 1.3m～EL 15.3mまでは中立軸に対する曲げ剛性を考慮しており、設置許可モデルに比べて実機の状態に近いモデルとなっている。EL 15.3mより上にある床スラブはモデル化しておらず、その拘束は考慮していないことから、拘束効果は実機より弱い。</p> <p>・壁の曲げ剛性は基礎スラブ中心からの偏心が考慮されており、設置許可モデルと比べて実機により近いモデルとなっている</p>	<p>・スラブの拘束等により、およそ層毎に中立軸に対する曲げ剛性が働くと考えられ、建物上部躯体全体として拘束効果を発揮する。</p>
<p>土圧の負担要素</p> <p>・土圧による荷重は全て基礎スラブが負担するモデルとなっており、実機及び今回工認モデルより負担要素は少ない。</p>	<p>・土圧による荷重は基礎スラブに加え、地下部分の壁及び床スラブが荷重を負担するモデルとなっており、実機と同等である。</p>	<p>・土圧による荷重は基礎スラブに加え、地下部分の壁及び床スラブが荷重を負担する。</p>	
<p>基礎スラブの評価におけるモデル化の特徴及び保守性</p>	<p>設置許可モデルは既工認モデルに基づいたモデルである。既工認モデルは当時の計算能力の制約もあり、上部躯体の立体的構造をモデル化しないシンプルなモデルとしているため、モデル化した範囲の荷重を基礎スラブがすべて負担するモデルとなっている。</p> <p>このようなモデル化により、基礎スラブの評価において実挙動に対して保守的なモデルとなっている。</p>	<p>今回工認モデルはEL 15.3mより上にある床スラブはモデル化していないため、これらの床スラブを含めた建物上部躯体全体としての拘束効果は考慮されていない。</p> <p>このようなモデル化により、基礎スラブの評価において実挙動に対して保守的なモデルとなっている。</p>	<p>—</p>

## その他説明内容

**【1-10】 土石流影響評価**

**【3-1】 ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m）  
設置高さの変更**

**【3-3】 第4保管エリアの形状変更**

**【3-4】 放射性物質吸着材の設置箇所の変更**

**【3-5】 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う浸水防止設備の  
変更**

## 1. 概要

防波壁と隣接している管理事務所4号館が土石流により倒壊した場合に防波壁に影響がないことについて説明する。

- 管理事務所4号館の防波壁側の1スパン（約7m）を減築することにより、その影響範囲に防波壁が含まれないよう対策を行うことを説明する。

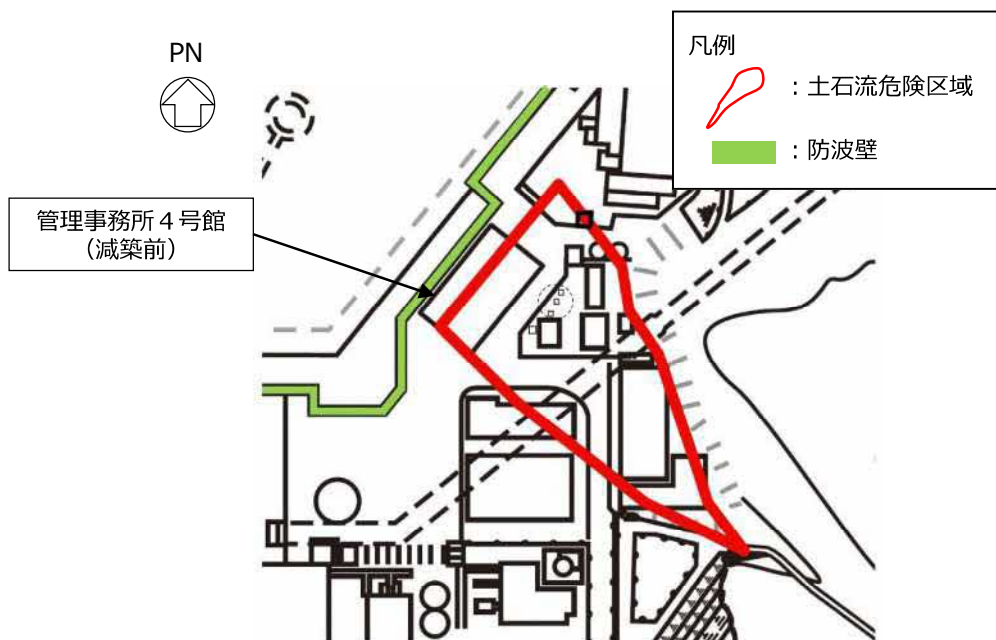
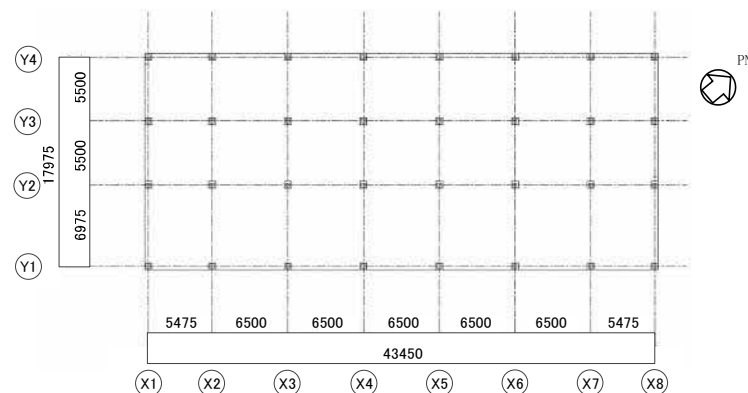
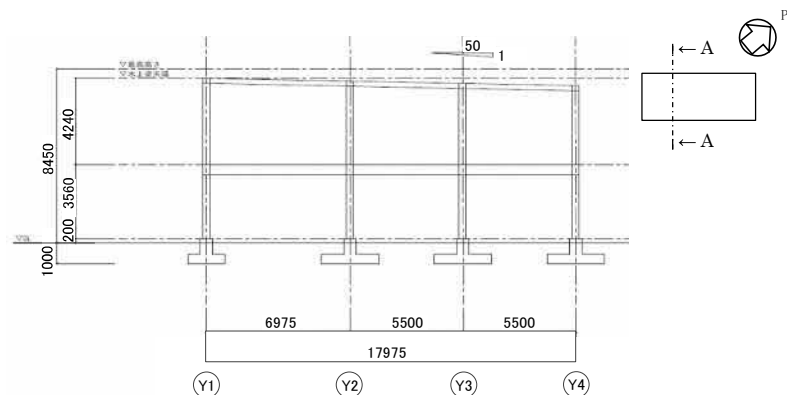


図1 防波壁，管理事務所4号館及び土石流危険区域の配置



(a) 1階平面図



(b) 断面図 (A-A断面)

図2 管理事務所4号館（減築後）の概要図



## 2. 確認結果

- 倒壊及び転倒に対しては，管理事務所 4 号館の倒壊及び転倒を想定しても防波壁に衝突しない程度に十分な離隔距離を有することを確認した。
- 滑動に対しては，管理事務所 4 号館が滑動した場合には防波壁との十分な離隔距離を確保できないおそれがあることから，土石流による衝突荷重により建物基礎（独立基礎）底面に滑動が生じないことを確認した。
- 以上のことから，倒壊，転倒及び滑動による防波壁への影響がないことを確認した。

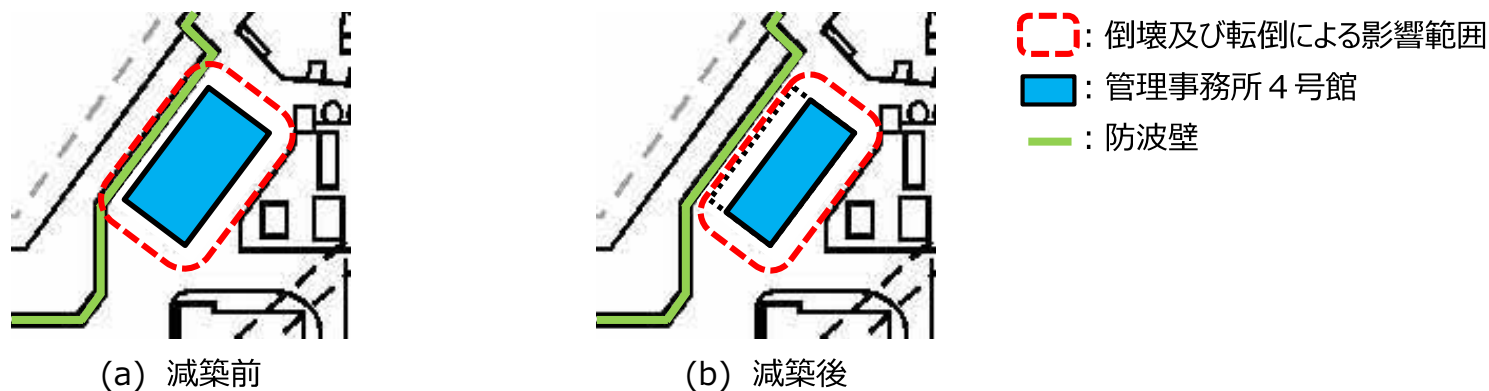


図 3 管理事務所 4 号館の減築前後の倒壊及び転倒による影響範囲

表 1 管理事務所 4 号館（減築後）の倒壊及び転倒による防波壁への影響評価結果

建物	建物諸元			防波壁との 離隔距離 L (m)	判定
	構造	階数	高さ H (m)		
管理事務所 4 号館	鉄骨造	2	8.45	10.5	影響なし (H < L)

## 3. 説明図書

- NS2-補-018-01「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料」

# 【3-1】ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m）設置高さの変更 (1/2)

## 1. 概要

- 原子炉格納容器床面及びベント管の施工誤差を踏まえ、ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m）の設置高さを原子炉格納容器床面 + 0.9mに変更する。
- 当該水位計は、原子炉格納容器への外部注水の持ち込みを抑制するため、ペDESTAL代替注水系（可搬型）による注水停止の判断を目的にベント管下端高さへの設置を計画していたが、ベント管等の構造物には施工誤差があるため、ベント管下端高さは必ずしも原子炉格納容器床面 + 1.0mではない。（ベント管8本の下端高さを測定した結果、最も低い箇所で原子炉格納容器床面 + 約0.93m）
- 原子炉格納容器床面 + 1.0mより低いベント管下端からサブプレッションチェンバへ水が流れ込むと検出点まで水位が上昇せず検知ができないため、有効性評価に影響ないことを確認し、確実に検知できる設置高さに変更する。
- 具体的に変更する設置高さは、ベント管下端の最も低い高さ（原子炉格納容器床面 + 約0.93m）より下で、かつ、計器誤差（±10mm）等を考慮して原子炉格納容器床面 + 0.9mとする。

表1 ドライウェル水位計の変更内容

	変更前	変更後
名称	ドライウェル水位	変更なし
個数	3	変更なし
計測範囲	+1.0m* -1.0m* -3.0m*	+0.9m* 変更なし 変更なし

注記\*：原子炉格納容器床面からの高さを示す。

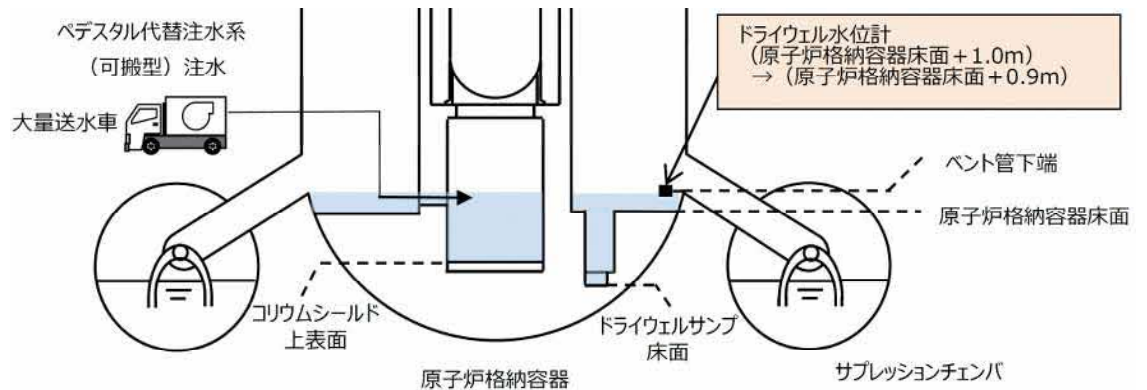


図1 ドライウェル水位計の配置図

# 【3-1】ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m）設置高さの変更 (2/2)

## 2. 確認結果（有効性評価解析への影響）

- 有効性評価の格納容器破損モード「溶融炉心・コンクリート相互作用」で想定される事故シーケンスにおいて，原子炉圧力容器破損後のペDESTAL代替注水系（可搬型）によるペDESTAL注水の停止手順として以下①～③の基準がすべて成立したことをもって実施することとしている。
  - ① 残留熱代替除去系運転による格納容器除熱の確認
  - ② ドライウェル水位がベント管下端位置に到達
  - ③ 格納容器圧力384kPa[gage]未満
- ①～③すべての条件が成立するのは，事象発生12時間後の③が成立するタイミングであり，②の基準となる水位を「原子炉格納容器床面 + 0.9m」に引き下げた場合も，有効性評価の解析への影響はないことを確認した。

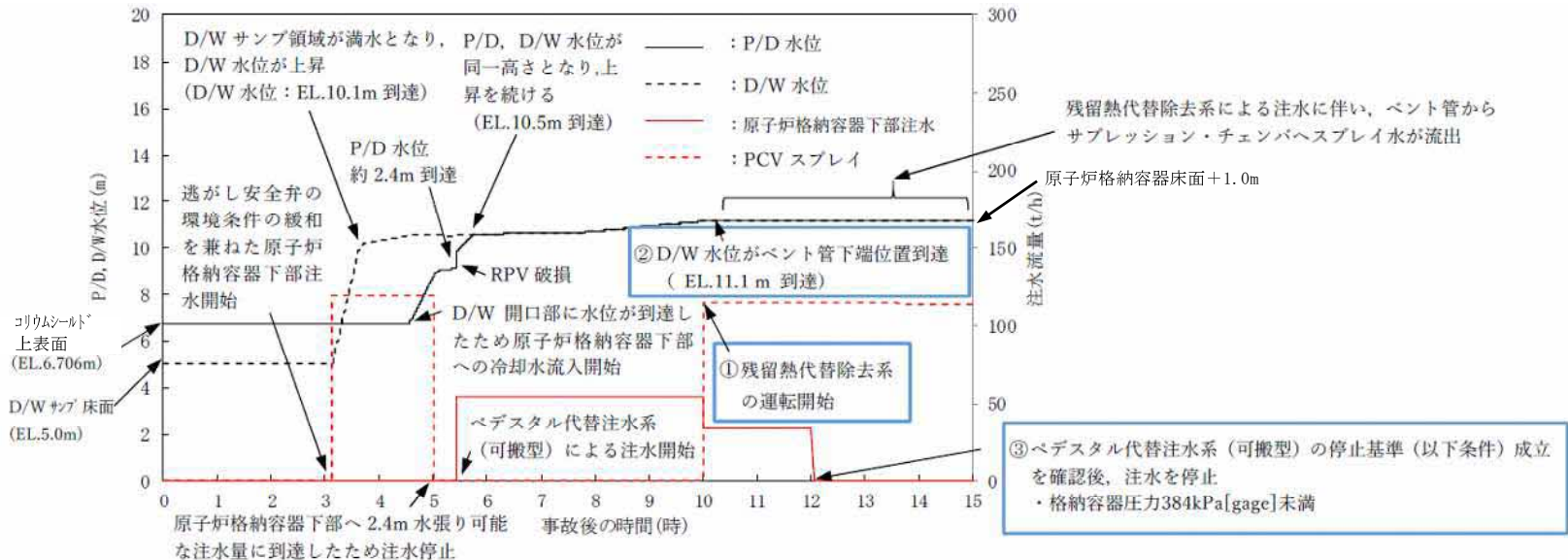


図2 ペDESTAL/ドライウェル水位と注水流量の推移

## 3. 説明図書

- NS2-補-009「工事計画に係る補足説明資料（計測制御系統施設）」

# 【3-3】 第4 保管エリアの形状変更 (1/4)

## 1. 概要

- 変更前の第4 保管エリアにおいて、埋戻土上に配置する予備及び自主対策設備が可搬型重大事故等対処設備に近接していることから、離隔距離の更なる裕度確保を目的に、第4 保管エリアの拡張を行い、当該拡張部に一部の予備及び自主対策設備を配置することとした。
- 第4 保管エリアに対する被害要因（周辺建造物の倒壊及び損壊、地盤支持力の不足）について影響評価を行い、重大事故等対応の作業成立性に影響がないかを確認する。

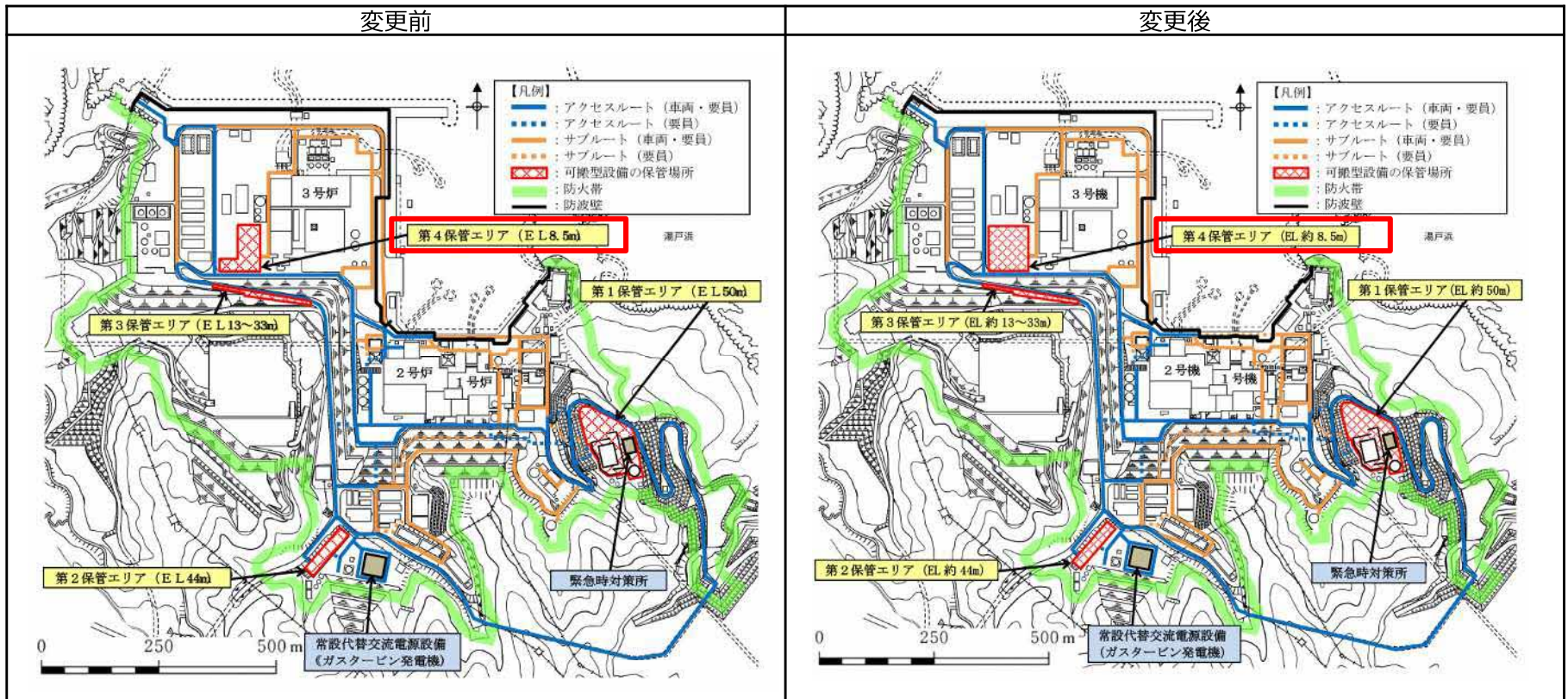


図1 保管場所及び屋外アクセスルート図

### 2. 確認結果

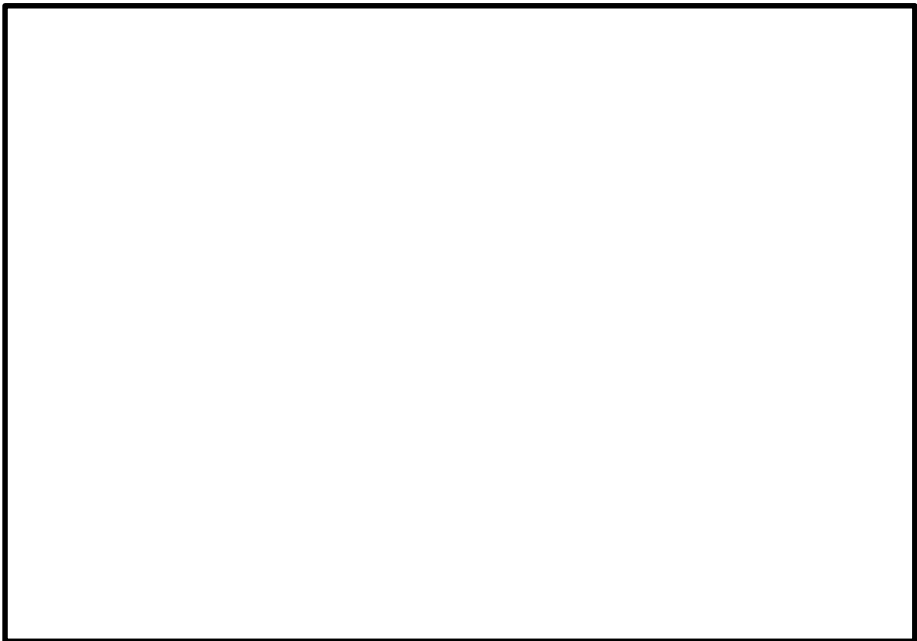
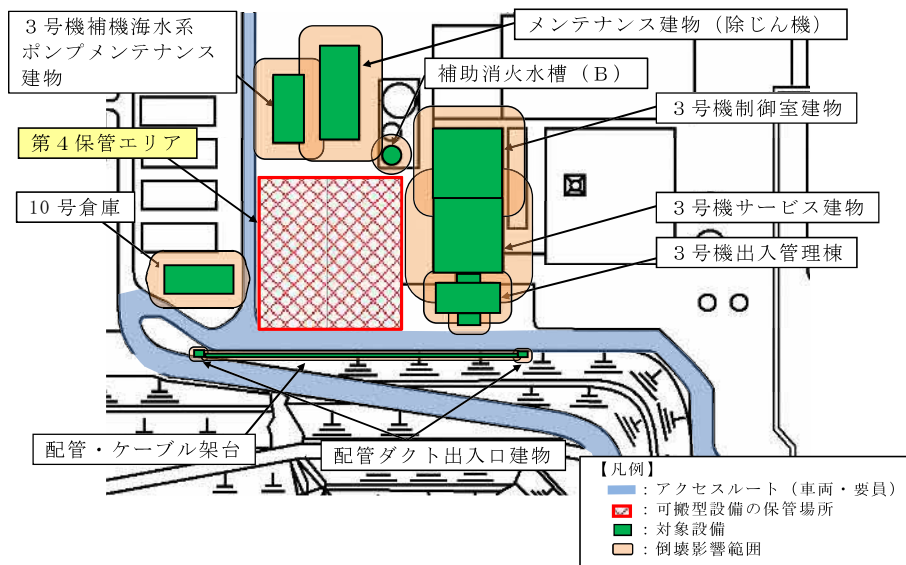
- 第4保管エリア周辺には、倒壊及び損壊により影響を及ぼすおそれのある構造物、タンク等が存在しないことを確認した。周辺構造物の配置図を図2に、周辺タンク等の配置図を図3に示す。
- 保管エリアには一部埋戻土が存在するが、作業成立性上期待している可搬型重大事故等対処設備は全て岩盤上に配置することから、重大事故等対応の作業成立性に影響はないことを確認した。また、拡張部は埋戻土であるが、一部の予備及び自主対策設備は、可搬型重大事故等対処設備、アクセスルート、岩盤部に対して十分な離隔距離の確保が可能であることから、重大事故等対応の作業成立性に影響はないことを確認した。
- 図4に示すとおり可搬型重大事故等対処設備等の配置変更及び数量変更を行ったが、以下の理由により重大事故等対応における作業時間への影響はない。なお、以下に示す①～⑥は、図4の①～⑥に対応しており、主な配置変更及び数量変更を行った箇所を示している。

#### 【配置変更】

- ①化学消防自動車等：自主対策設備であり、重大事故等対応における作業の成立性上影響はない。
- ②タンクローリ等：予備であり、重大事故等対応における作業の成立性上影響はない。
- ③大量送水車等：移動時間は保管場所のうち最も遠い箇所に可搬型設備を配置した場合の時間で設定しているため、保管場所内の配置変更による移動時間への影響はない。

#### 【数量変更】

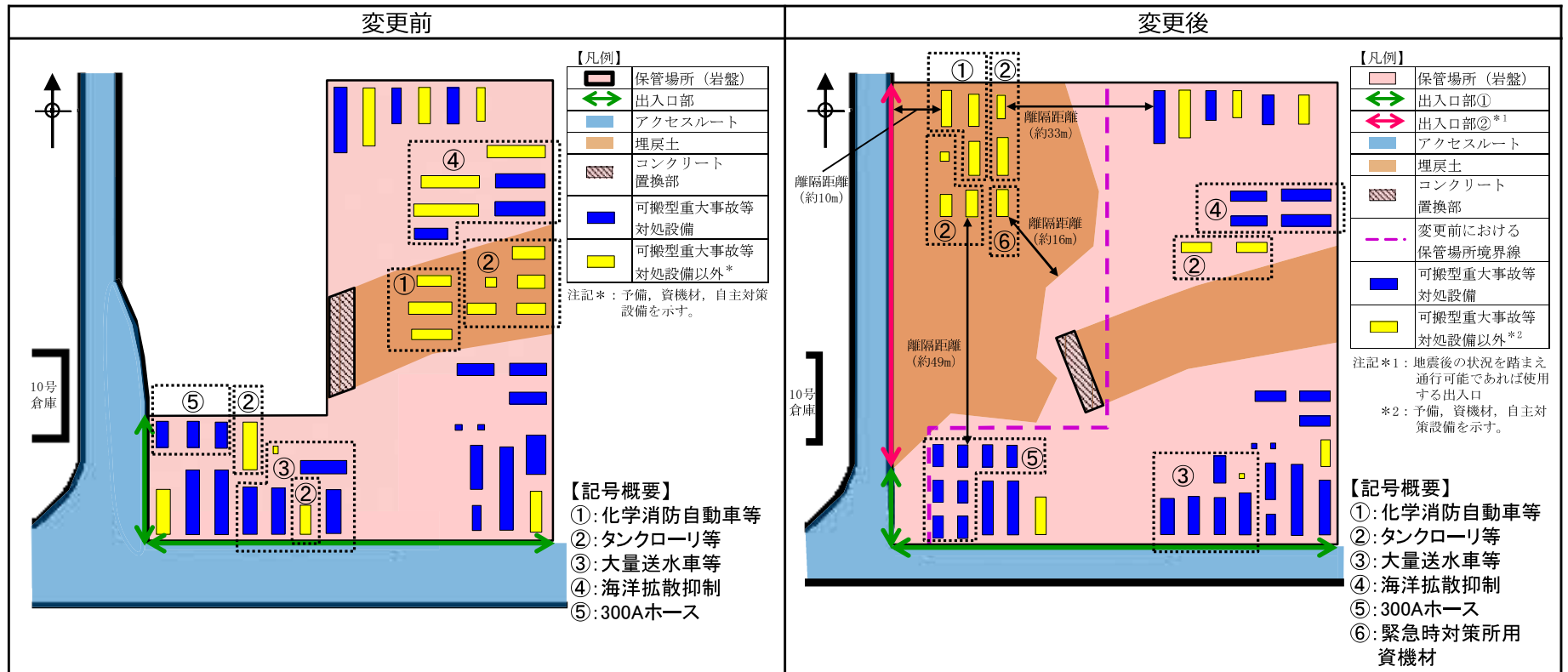
- ④海洋拡散抑制：コンテナの保管方法を車両積載に変更。車両積載作業が不要となり、作業時間の増加はない。
- ⑤300Aホース：自主対策設備分のホース等の保管及びコンテナ内配置間隔の拡大に伴う数量変更であり、作業時間の増加はない。
- ⑥緊急時対策所用  
資機材：予備である緊急時対策所用発電機等の設置に必要な資機材の増加であり、重大事故等対応における作業の成立性上影響はない。



注記\* : 放射熱強度 $1.6\text{kW/m}^2$ は「石油コンビナートの防災アセスメント指針」における「長時間さらされても苦痛を感じない強度」を示す。

図2 周辺構造物の配置図

図3 周辺タンク等の配置図



(備考) 変更前の第4保管エリア西側の通路は、第4保管エリア西側の建物(10号倉庫)位置を基準に10号倉庫の倒壊影響範囲を考慮して通路を東側に拡張して必要な道路幅を確保していたが、第4保管エリア形状変更に伴う現地調査の際に、10号倉庫の位置が図と現場で相違しており、実際より西側にあることが判明したため、変更後は、10号倉庫を西側に移動するよう修正を行い、倒壊影響範囲を考慮しても通路も拡張する必要がなくなったことから、通路幅及び第4保管エリア西側境界を修正した。また、第4保管エリア南側の通路幅についても、西側の通路と比べ広く記載されていたため、修正を行った。

図4 第4保管エリアにおける可搬型設備の配置

### 3. 説明図書

- 「VI-1-1-7-別添1 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」及びその補足説明資料

## 【3-4】放射性物質吸着材の設置箇所の変更（1/2）

### 1. 概要

- 地下水位低下設備は、汲み上げた地下水を敷地内の地下水排水経路（側溝等）を通じて海に排水するが、地震により敷地内の地下水排水経路（側溝等）が損傷し、地下水が地表面に溢れ出した場合においても耐震性を有する集水枳に流下することで海への排水経路を確保する設計としている。
- 地下水位低下設備で汲み上げた地下水を確実に海に排水するために、図1の変更後（今回）に示すとおり「旧：雨水排水路集水枳（No. 3排水路）」の下流側に耐震性を有する「雨水排水路集水枳（No. 3排水路）」を新設することから、放射性物質吸着材の設置箇所を新設する「雨水排水路集水枳（No. 3排水路）」に位置を変更する\*1。
- 放射性吸着材の設置箇所の変更により、重大事故等対応の作業成立性に影響がないかを確認する。

### 2. 確認結果

- 雨水排水路集水枳（No. 3排水路）の設置位置の変更による放射性物質吸着材の設置作業時間に影響がないことを確認した\*2。
  - \*1：放射性物質吸着材（雨水排水路集水枳（No. 3排水路））の設置位置は変更になるが、設置箇所の名称「雨水排水路集水枳（No. 3排水路）」は現状のままとする。
  - \*2：設置位置の変更による移動距離の増加は約40mであり、車両での移動であること、また、放射性物質吸着材の重量増加はないことから、実績時間に対して余裕をもって設定している設置作業時間内で実施可能。

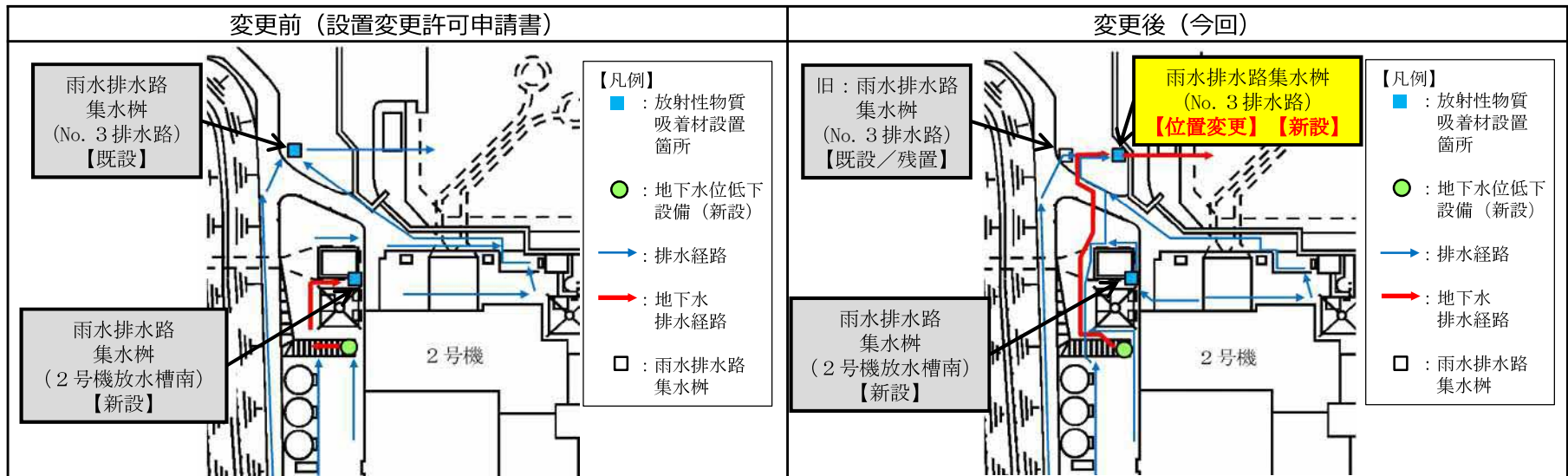


図1 放射性物質吸着材による海洋への放射性物質の拡散抑制 設置位置図



## 3. 前回説明からの変更点

- 第1036回審査会合（2022年3月29日）においては、放射性物質吸着材の設置箇所のうち雨水排水路集水柵2箇所を1箇所に集約することとしていたが、海洋への放射性物質の拡散をより抑制するために、雨水排水路集水柵（2号機放水槽南）を放射性物質吸着材の設置箇所として再設定し、設置箇所の集約を取り止めた。また、2号機取水槽及び2号機放水槽周辺における段差緩和対策等工事に伴い、図2のとおり排水経路を見直した。
- 本変更に伴い雨水排水路集水柵の寸法変更を行い、放射性物質吸着材の重量を見直したが、当該重量は雨水排水路集水柵に設置可能な量でかつ放水によって生じた汚染水が排水可能な形状の体積と密度を基に設計しているため、吸着材重量の設計として妥当である。
- 放射性物質吸着材設置箇所の集約取り止めに伴い設置変更許可申請書に示す設置箇所数に戻すことから、放射性物質吸着材設置作業時間の変更はない。

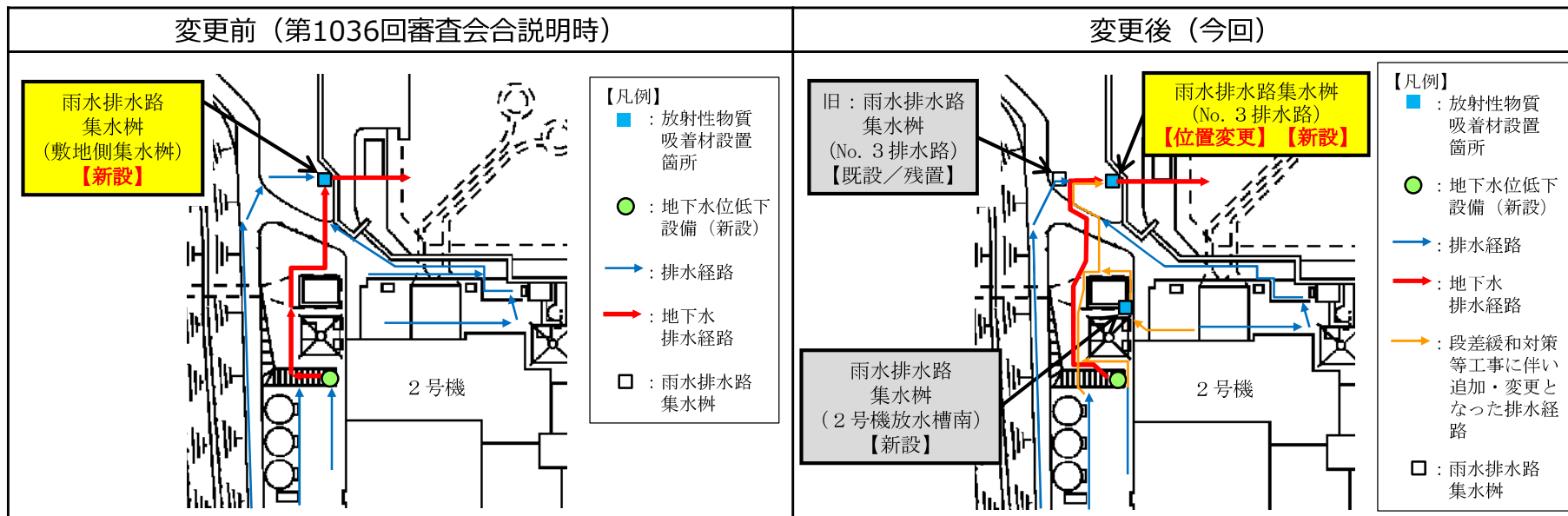


図2 放射性物質吸着材による海洋への放射性物質の拡散抑制 設置位置図 (第1036回審査会合時との比較)

## 4. 説明図書

- 「VI-1-1-5-別添1 技術基準要求機器リスト」, 「VI-1-1-5-別添2 設定根拠に関する説明書 (別添)」及びその補足説明資料

### 1. 概要

- 耐津波設計において、浸水防護重点化範囲\*<sup>1</sup>内に設置する海域と接続する低耐震クラスの機器については、浸水防止設備（Sクラス）として地震力に対してバウンダリ機能を保持し、津波を流入させない設計としている。
- 津波流入防止の観点から、浸水防護重点化範囲内に海域と接続する機器を設置しない方が耐津波設計上の安全性が向上する。
- 除じん系ポンプ及び配管\*<sup>2</sup>は、浸水防護重点化範囲である取水槽海水ポンプエリアに設置しており、浸水防止設備として津波を流入させない設計としていたが、設計進捗により浸水防護重点範囲外である取水槽除じん機エリアへ移設することとした（次頁参照）ため、移設に伴う影響を評価する。

注記\*1：重要な安全機能を有する設備等（耐震 S クラスの機器・配管系）を内包する区画

\*2：除じん機によってかき揚げたじん芥等を洗浄除去するために使用

### 2. 確認結果

- 除じん系ポンプ及び配管は、浸水防護重点化範囲外へ移設され、浸水防止設備の対象外となることから、津波設計へ与える影響はないことを確認した。なお、移設に伴い発生する開口部（ポンプ取水部及び配管貫通部）については、周囲の断面性能と同様になるようにコンクリートで閉塞する。

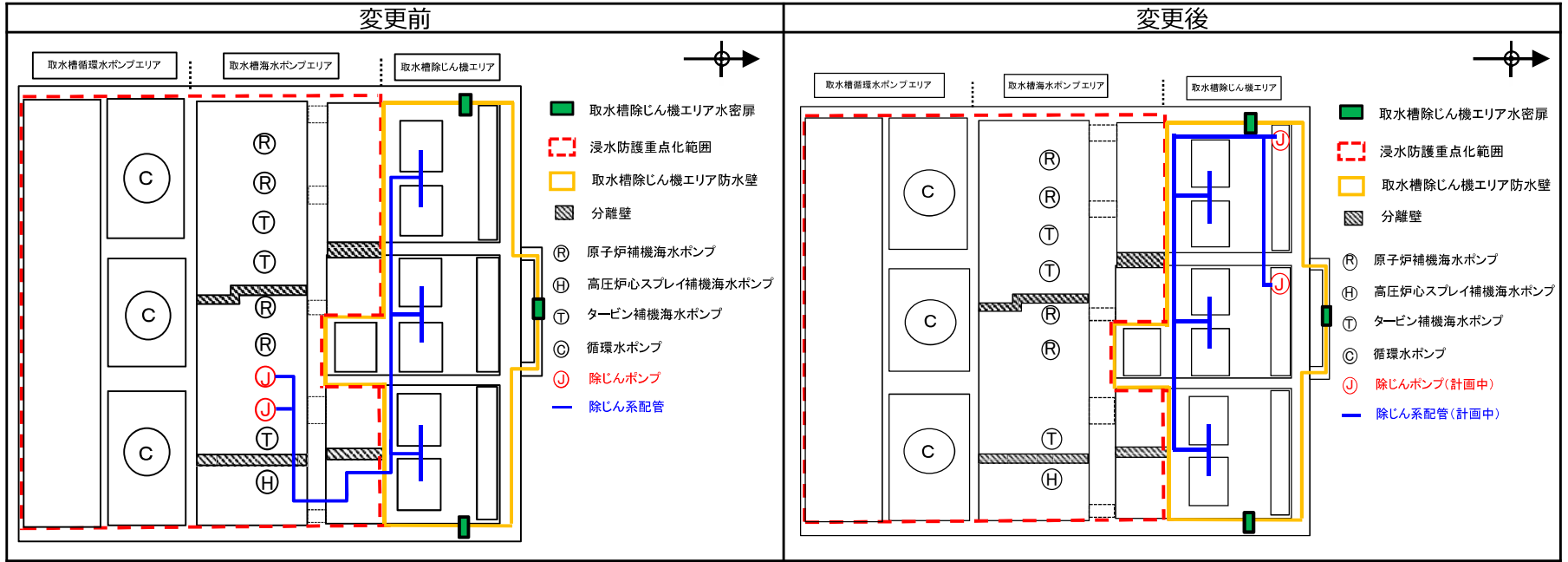


図1 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う変更概要図

### 3. 説明図書

- NS2-補-018-02「津波への配慮に関する説明書に係る補足説明資料」

# <参考> 審査会合における主な説明事項の説明状況 (1/2)

分類	No.	主な説明事項		説明状況
[ 1 ] 詳細設計 申送り事項	1-1	地震応答解析モデルにおける建物基礎底面の付着力		第1054回審査会合にて説明済
	1-2	建物・構築物の地震応答解析における入力地震動の評価		第1067回審査会合にて説明済
	1-3	横置円筒形容器の応力解析への F E Mモデル適用方針の変更		次回以降の審査会合にて説明
	1-4	サブレーションチェンバの耐震評価		第1096回審査会合にて説明済
	1-5	漂流物衝突荷重の設定		第1067,1096回審査会合にて説明済 漂流物対策工及び漂流防止装置については今回説明
	1-6	機器・配管系への制震装置の適用	【三軸粘性ダンパ】	第1067回審査会合にて説明済
			【単軸粘性ダンパ】	第1112回審査会合にて説明済
	1-7	浸水防止設備のうち機器・配管系の基準地震動 S s に対する許容限界		次回以降の審査会合にて説明
	1-8	設計地下水位の設定		第1067回審査会合にて説明済
	1-9	防波壁 【多重鋼管杭式擁壁】	• 多重鋼管杭の許容限界について模型実験及び3次元静的 F E M解析による確認	第1096回審査会合にて説明済
			• 防波壁背後の改良地盤の範囲及び仕様等の説明	第1112回審査会合にて説明済
			• 鋼管杭周辺岩盤の破壊に伴う鋼管杭の水平支持力の評価	第1112回審査会合にて説明済
			• 3次元静的 F E M解析による被覆コンクリート壁の健全性評価	第1112回審査会合にて説明済
		防波壁 【逆 T 擁壁】	• 役割に期待しない鋼管杭による逆 T 擁壁への悪影響の確認	第1096回審査会合にて説明済
• 杭頭部の力学挙動について模型実験による確認			第1096回審査会合にて説明済	
• グラウンドアンカのモデル化を踏まえた健全性評価及び品質管理			第1096回審査会合にて説明済	
• 改良地盤の範囲及び仕様等の説明 ( P S 検層等に基づく)			第1067回審査会合にて説明済 現地施工進捗に伴う品質確認試験結果については次回以降の審査会合にて説明	
		• 基礎底面の傾斜に対する健全性評価	第1096回審査会合にて説明済	

# <参考> 審査会合における主な説明事項の説明状況 (2/2)

分類	No.	主な説明事項	説明状況	
[1] 詳細設計 申送り事項	1-9	防波壁 【波返重力 擁壁】	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設と新設コンクリートとの一体性について模型実験等による確認</li> <li>ケーソン中詰材改良の範囲及び仕様等の説明</li> <li>3次元静的 F E M解析によるケーソンの健全性評価</li> </ul>	第1112回審査会合にて説明済
				今回説明
				今回説明
	1-10	土石流影響評価		今回説明
	1-11	保管・アクセス（抑止杭）		第1054回審査会合にて説明済
	1-12	ブローアウトパネル閉止装置		第1036,1054回審査会合にて説明済
1-13	非常用ガス処理系吸入口の位置変更による影響		第1036,1054回審査会合にて説明済	
1-14	原子炉ウェル排気ラインの閉止及び原子炉ウェル水張りラインにおけるドレン弁の閉運用による影響		第1036回審査会合にて説明済	
[2] 新たな規制要求（バックフィット）への対応事項	2-1	安全系電源盤に対する高エネルギーアーク（HEAF）火災対策	第1054回審査会合にて説明済	
	2-2	火災感知器の配置	次回以降の審査会合にて説明	
[3] 設置変更許可審査時からの設計変更内容	3-1	ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m）設置高さの変更	今回説明	
	3-2	格納容器酸素濃度（B系）及び格納容器水素濃度（B系）計測範囲の変更	第1036回審査会合にて説明済	
	3-3	第4保管エリアの形状変更	今回説明	
	3-4	放射性物質吸着材の設置箇所の変更	今回説明	
	3-5	【新規追加】除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う浸水防止設備の変更	今回説明	
[4] その他の詳細設計に係る説明事項	4-1	配管系に用いる支持装置の許容荷重の設定	第1067回審査会合にて説明済	
	4-2	原子炉本体の基礎の応力評価に用いる解析モデルの変更	次回以降の審査会合にて説明	
	4-3	復水器水室出入口弁への地震時復水器の影響	次回以降の審査会合にて説明	
	4-4	制御棒・破損燃料貯蔵ラック等における排除水体積質量減算の適用	次回以降の審査会合にて説明	
	4-5	取水槽	第1112回審査会合にて説明	
	4-6	制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用及び原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更	今回説明	

# <参考> 工事計画認可申請（補正）に係る説明工程 (1/4)




【凡例】













- - - - : 説明期間（前回想定）
- - - - : 説明期間（実績）
- - - - : 説明期間（現状想定）

説明項目		2023/1	2023/2	2023/3	備考（前回会合からの変更箇所を朱記で示す）
本文	要目表	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: red;">- - - -</span>	
	基本設計方針	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: red;">- - - -</span>		コメント対応済
	適用基準及び適用規格		<span style="color: blue;">- - - -</span>	<span style="color: red;">- - - -</span>	
施設共通 の説明書	1 設置許可との整合	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: red;">- - - -</span>	
	2 人が常時勤務又は頻繁に出入りする場所における線量当量率				コメント対応済
	3 自然現象等による損傷の防止		<b>現時点</b>		コメント対応済, 主な説明事項No.1-10関連
	4 津波への配慮	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: red;">- - - -</span>	主な説明事項No.1-5, 1-9, 3-5関連
	5 竜巻への配慮				コメント対応済
	6 火山への配慮				コメント対応済
	7 外部火災への配慮				コメント対応済
	8 屋外に設置されているSA設備の抽出				コメント対応済
	9 取水口及び放水口				コメント対応済
	10 設定根拠	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: red;">- - - -</span>	
	（別添）技術基準要求機器リスト	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>		
	（別添）設定根拠	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>		主な説明事項No.3-4関連
	11 クラス1 機器等の応力腐食割れ対策				コメント対応済
	12 健全性				コメント対応済
	（別添）保管場所及びアクセスルート	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: red;">- - - -</span>	主な説明事項No.1-11, 3-3関連
	（別添）可搬型SA設備の設計方針				コメント対応済
	（別添）不法な侵入等の防止				コメント対応済
	（別添）ブローアウトパネル関連設備の設計方針				コメント対応済, 主な説明事項No.1-12関連
13 火災防護				コメント対応済, 主な説明事項No.2-2関連	
14 溢水防護	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: blue;">- - - -</span> <span style="color: red;">- - - -</span>	<span style="color: red;">- - - -</span>		
15 飛散物による損傷防護				コメント対応済	
16 通信連絡設備				コメント対応済	
17 安全避難通路				コメント対応済	
18 非常用照明				コメント対応済	

# <参考> 工事計画認可申請（補正）に係る説明工程 (2/4)

【凡例】

-  : 説明期間（前回想定）
-  : 説明期間（実績）
-  : 説明期間（現状想定）

説明項目		2023/1	2023/2	2023/3	備考（前回会合からの変更箇所を朱記で示す）
施設個別 の説明書	1 原子炉本体の基礎	 			コメント対応済，主な説明事項No.4-2関連
	2 原子炉圧力容器の脆性破壊防止				コメント対応済
	3 使用済燃料貯蔵槽の監視装置並びに計測範囲等				コメント対応済
	4 使用済燃料貯蔵設備の核燃料物質臨界防止				コメント対応済
	5 燃料体等又は重量物落下による損傷防止等				コメント対応済
	6 使用済燃料貯蔵槽の冷却能力				コメント対応済
	7 使用済燃料貯蔵槽の水深の遮蔽能力				コメント対応済
	8 原子炉格納容器内の漏えい監視装置並びに計測範囲等				コメント対応済
	9 流体振動又は温度変動による損傷防止				コメント対応済
	10 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備の有効吸込水頭				コメント対応済
	11 計測装置の構成並びに計測範囲等				コメント対応済，主な説明事項No.3-1，3-2関連
	12 工学的安全施設等の起動信号の設定値の根拠				コメント対応済
	13 運転管理のための制御装置に係る制御方法				コメント対応済
	14 中央制御室の機能				コメント対応済
	15 排気筒の基礎	 			コメント対応済，排気筒の基礎の耐震計算書の呼び込み
	16 放射線管理用計測装置の構成並びに計測範囲等				コメント対応済
	17 管理区域の出入り管理設備及び環境試料分析装置				コメント対応済
	18 中央制御室の居住性				コメント対応済
	19 原子炉格納施設的设计条件				コメント対応済，主な説明事項No.1-13関連
	20 原子炉格納施設の水素濃度低減性能				コメント対応済，主な説明事項No.1-14関連
	21 原子炉格納施設の基礎				コメント対応済，原子炉建物基礎スラブの耐震計算書の呼び込み
	22 圧力低減設備その他の安全施設の有効吸込水頭				コメント対応済
	23 非常用発電装置の出力決定				コメント対応済，主な説明事項No.2-1関連
	24 常用電源設備の健全性				コメント対応済
	25 斜面安定性に関する説明書	 	 		施設共通の説明書「12 健全性（別添）保管場所及びアクセスルート」において説明
	26 緊急時対策所の機能				コメント対応済
	27 緊急時対策所の居住性				コメント対応済

# <参考> 工事計画認可申請（補正）に係る説明工程 (3/4)

【凡例】




- : 説明期間（前回想定）
- : 説明期間（実績）
- : 説明期間（現状想定）






























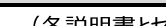


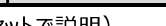



説明項目		2023/1	2023/2	2023/3	備考（前回会合からの変更箇所を朱記で示す）
耐震性に関する説明書	1 耐震設計の基本方針	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	10図書/14図書 コメント対応済
	・地盤の支持性能	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	主な説明事項No.1-8, 1-9関連
	・機能維持の基本方針				コメント対応済, 主な説明事項No.1-7関連
	・配管及び支持構造物の耐震計算	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	主な説明事項No.4-1関連
	2 耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	14図書/38図書 コメント対応済
	・建物・構築物の地震応答解析	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	主な説明事項No.1-1, 1-2関連
	・建物・構築物の耐震計算書	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	主な説明事項No.4-6関連
	・取水槽の耐震計算書	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	コメント対応済, 主な説明事項No.4-5関連
	・屋外重要土木構造物（取水槽を除く）の耐震計算書	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	
	・建屋－機器連成解析	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	コメント対応済, 主な説明事項No.4-2関連
	3 機器・配管系の耐震性に関する説明書	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	304図書/414図書 コメント対応済
	・使用済燃料貯蔵ラック				コメント対応済, 主な説明事項No.4-4関連
	・燃料プール冷却系熱交換器	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	主な説明事項No.1-3関連
	・主蒸気系配管	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	主な説明事項No.1-6関連（三軸粘性ダンパ）
	・サブレッションチェンバ	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	主な説明事項No.1-4関連
	4 浸水防護施設の耐震性に関する説明書	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	11図書/21図書 コメント対応済
	・防波壁	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	主な説明事項No.1-9関連
	・内郭浸水防護設備	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	
	・隔離弁, 機器・配管		<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	コメント対応済, 主な説明事項No.1-7関連
	5 波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性に関する説明書	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	16図書/37図書 コメント対応済
・取水槽ガントリクレーン	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	コメント対応済, 主な説明事項No.1-6関連（単軸粘性ダンパ）	
・仮設耐震構台		<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>		
6 溢水防護に係る施設の耐震性についての計算書	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	2図書/8図書 コメント対応済	
・復水器水室出入口弁	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: blue;">---</span>	<span style="color: red;">---</span>	主な説明事項No.4-3関連	



# <参考> 工事計画認可申請（補正）に係る説明工程 (4/4)

【凡例】

-  : 説明期間（前回想定）
-  : 説明期間（実績）
-  : 説明期間（現状想定）

説明項目		2023/1	2023/2	2023/3	備考（前回会合からの変更箇所を朱記で示す）
強度に関する 説明書	1 強度評価の基本方針				6図書/6図書 コメント対応済
	2 強度計算方法				13図書/13図書 コメント対応済
	3 強度計算書	  	  	  	216図書/231図書 コメント対応済
	4 津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書	  	  	  	12図書/21図書 コメント対応済
	・防波壁	  	  	  	主な説明事項No.1-5, 1-9関連
	・内郭浸水防護設備	  	  	  	
その他 計算書	1 安全弁等の吹出量計算書				コメント対応済
	2 生体遮蔽装置の放射線の遮蔽等についての計算書				コメント対応済
計算機プログラム		(各説明書とセットで説明)			
図面		(要目表等とセットで説明)			