

# 柏崎刈羽原子力発電所5号機

## 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について

平成22年4月27日

東京電力株式会社



東京電力

---

## ■ 本日も報告する内容

### 5号機屋外重要土木構造物の耐震安全性評価

#### 1. 屋外重要土木構造物の概要

#### 2. 耐震安全性評価

(参考)

- ・ 補機冷却用海水取水路の耐震安全性検討
- ・ 非常用取水路の軸方向に対する検討

# 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価結果の概要

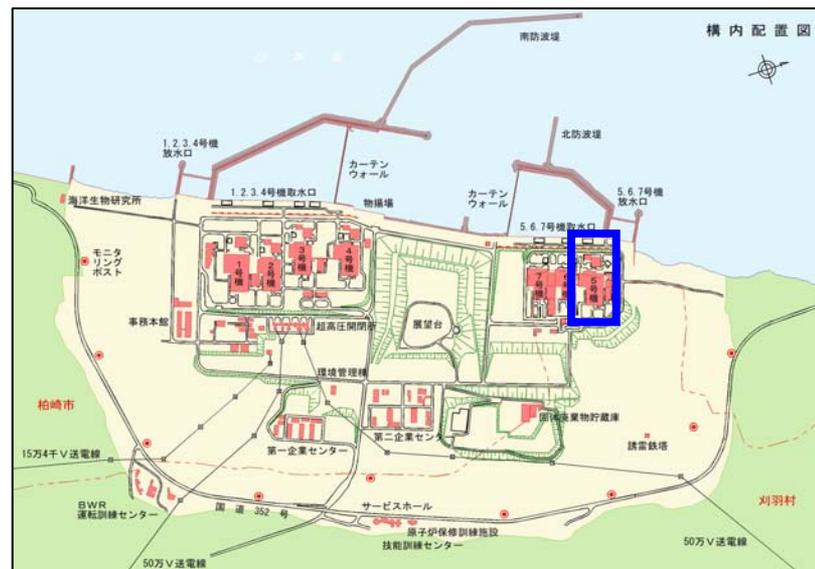
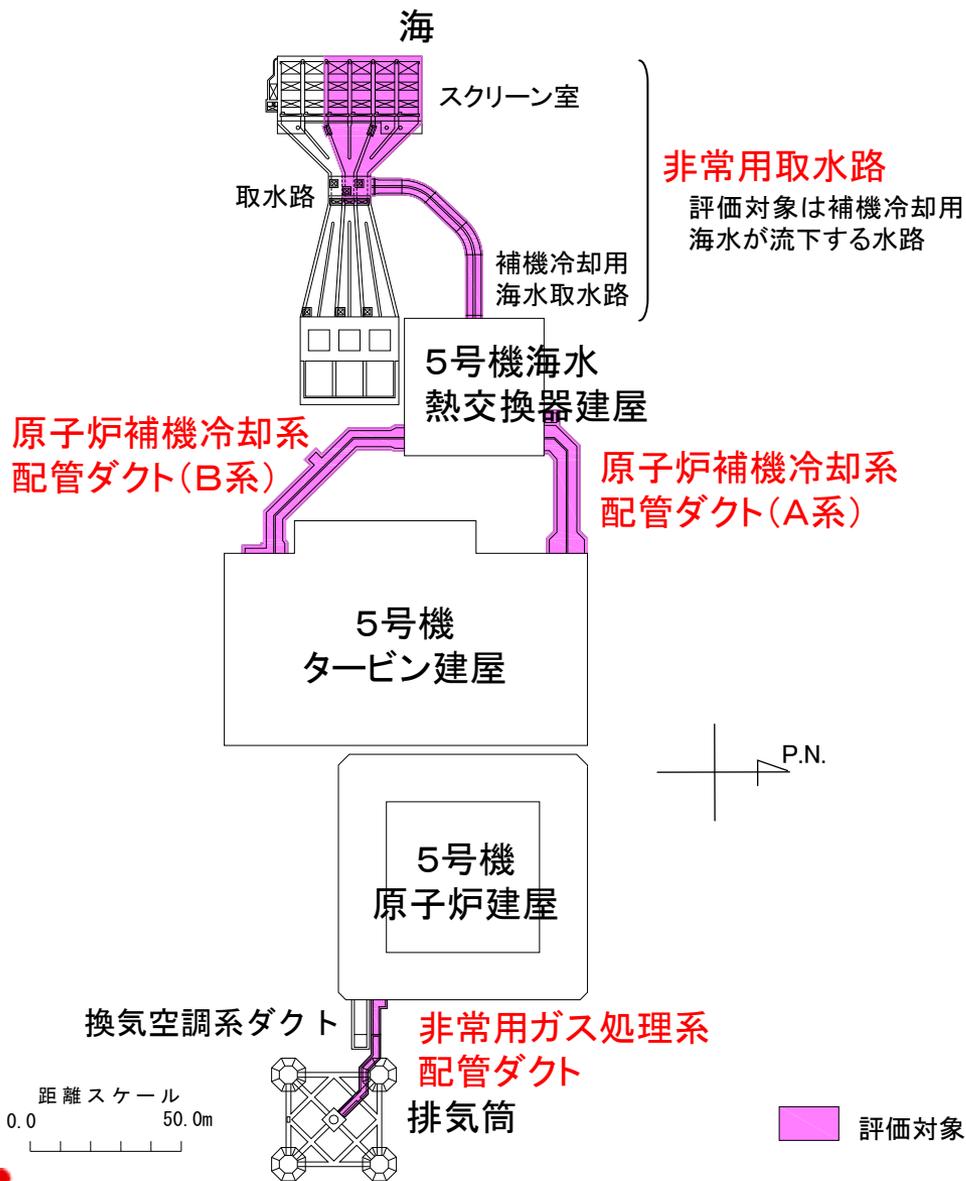
- 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価では、基準地震動 $S_s$ による地震応答解析を行い、構造物の照査用応答値が評価基準値を下回っていることを確認する。
  - ・評価対象は、非常用取水路、原子炉補機冷却系配管ダクト、非常用ガス処理系配管ダクトとする。
  - ・非常用ガス処理系配管ダクトについては、耐震強化工事を実施しており、耐震強化工事を反映したモデルを用いている。
- 照査の結果、構造物の照査用応答値が評価基準値を下回っていることを確認し、屋外重要土木構造物の要求機能（取水機能、配管支持機能）は確保されているものと評価した。

# 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価結果の概要

## ■ 先行号機（1，6，7号機）との比較

- 5号機非常用ガス処理系配管ダクトは、鋼管杭を介して西山層に支持しており、周辺の埋戻土層については、1号機と同様に、地盤改良による耐震強化工事を実施している。
- 地震応答解析では、1，6，7号機と同様に、地盤および構造物の非線形性を考慮した二次元動的有限要素法解析を実施している。
- 地震応答解析に用いる入力地震動は、6，7号機と同じ基準地震動 $S_s$ （ $S_s-1\sim 5$ ）を用いている。
- 地震応答解析に必要な地盤および屋外重要土木構造物の諸定数は、1，6，7号機と同様に、各種調査、試験結果などをもとに設定された設計時の値を用いている。
- 曲げによる評価では、1，6，7号機と同様に、層間変形角に関する評価を基本とする。ただし、裕度が比較的小さい場合には、曲率に関する照査を行っている。

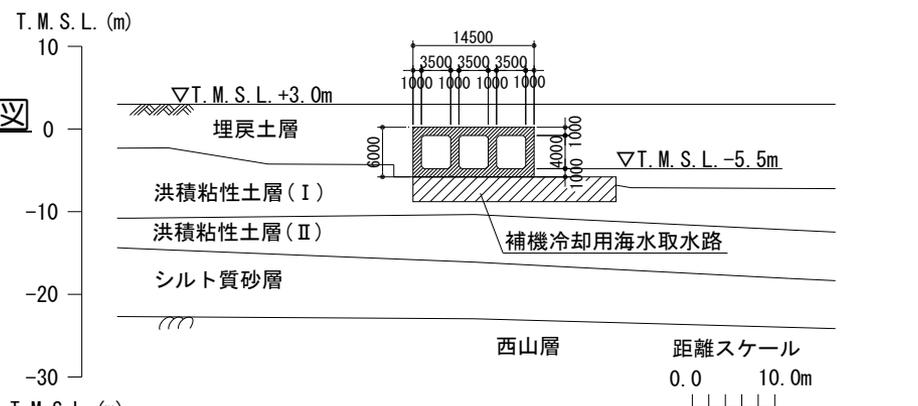
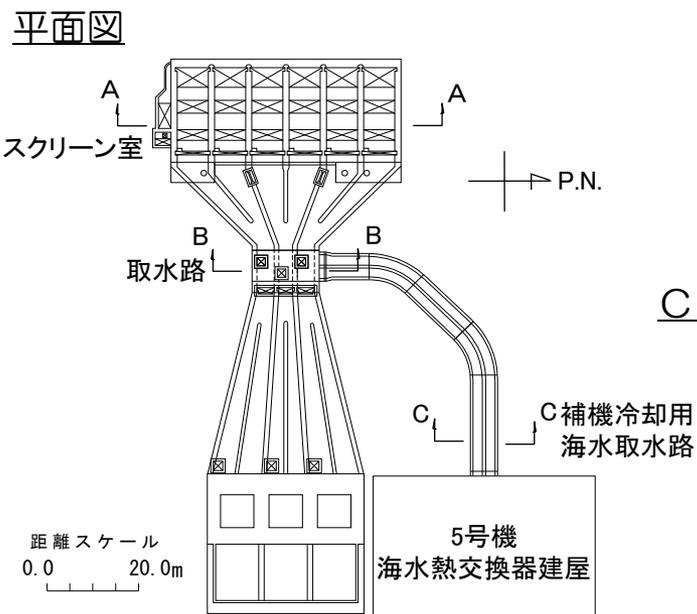
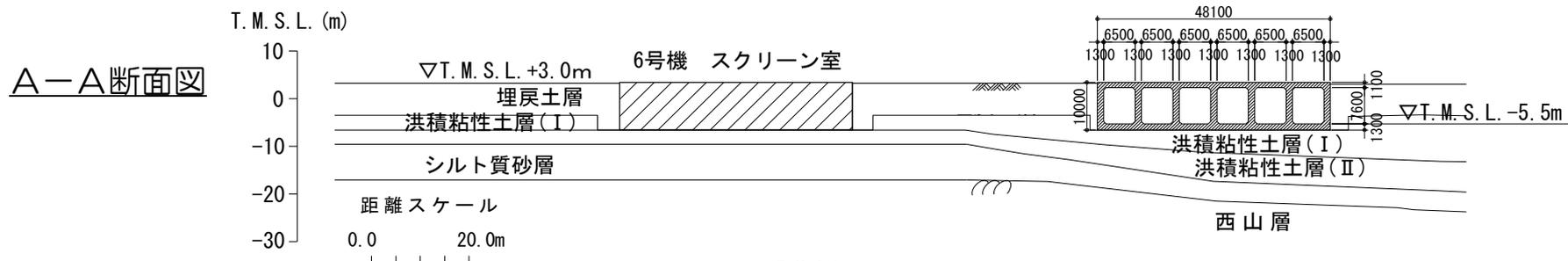
# 屋外重要土木構造物の概要 (1)



# 屋外重要土木構造物の概要（2）

## 非常用取水路

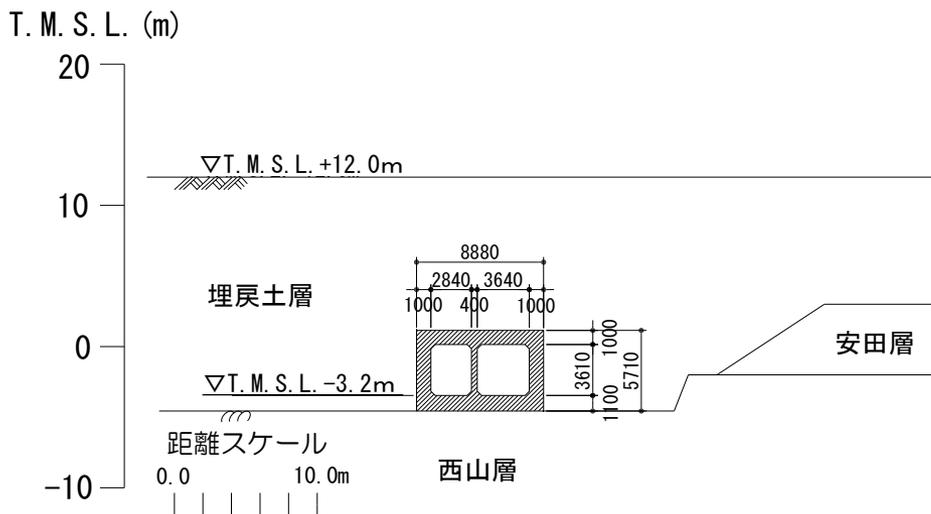
寸法単位：mm



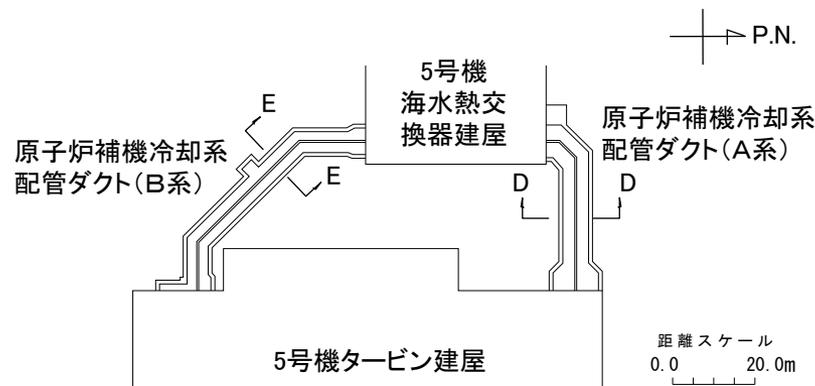
# 屋外重要土木構造物の概要（3）

## ■ 原子炉補機冷却系配管ダクト

D-D断面図

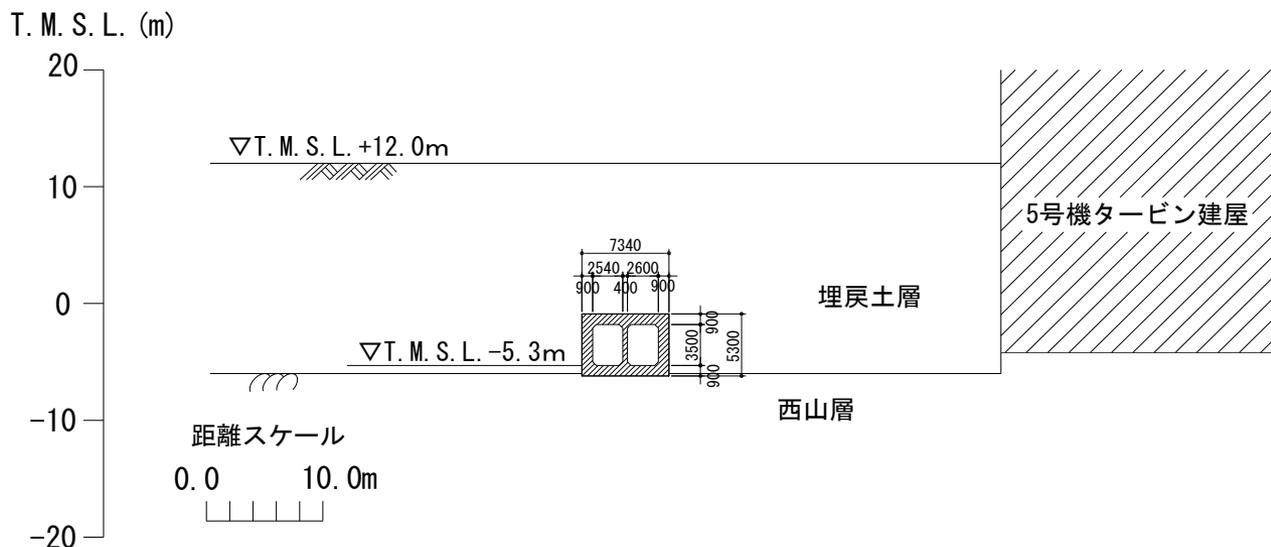


平面図



E-E断面図

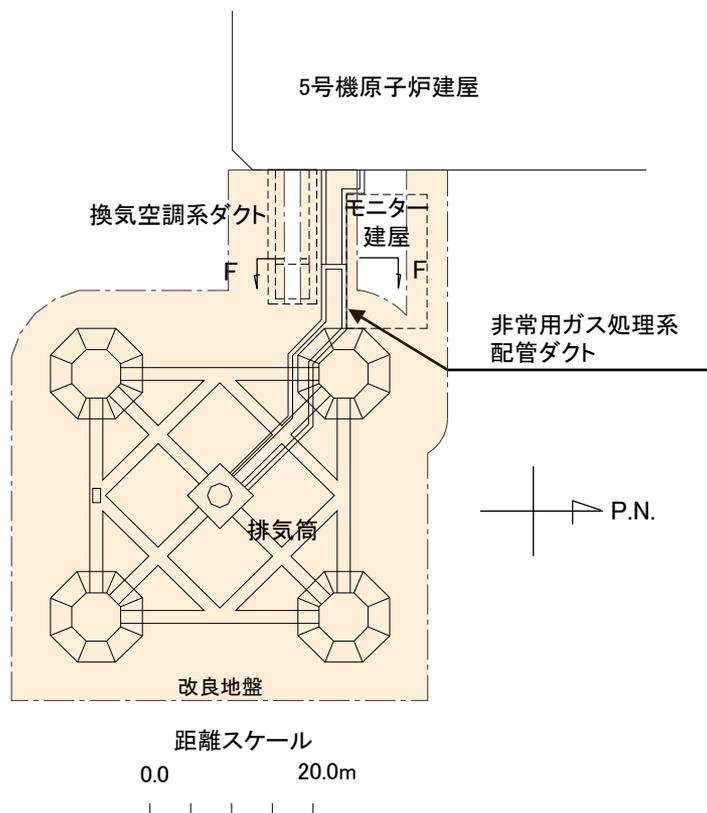
寸法単位：mm



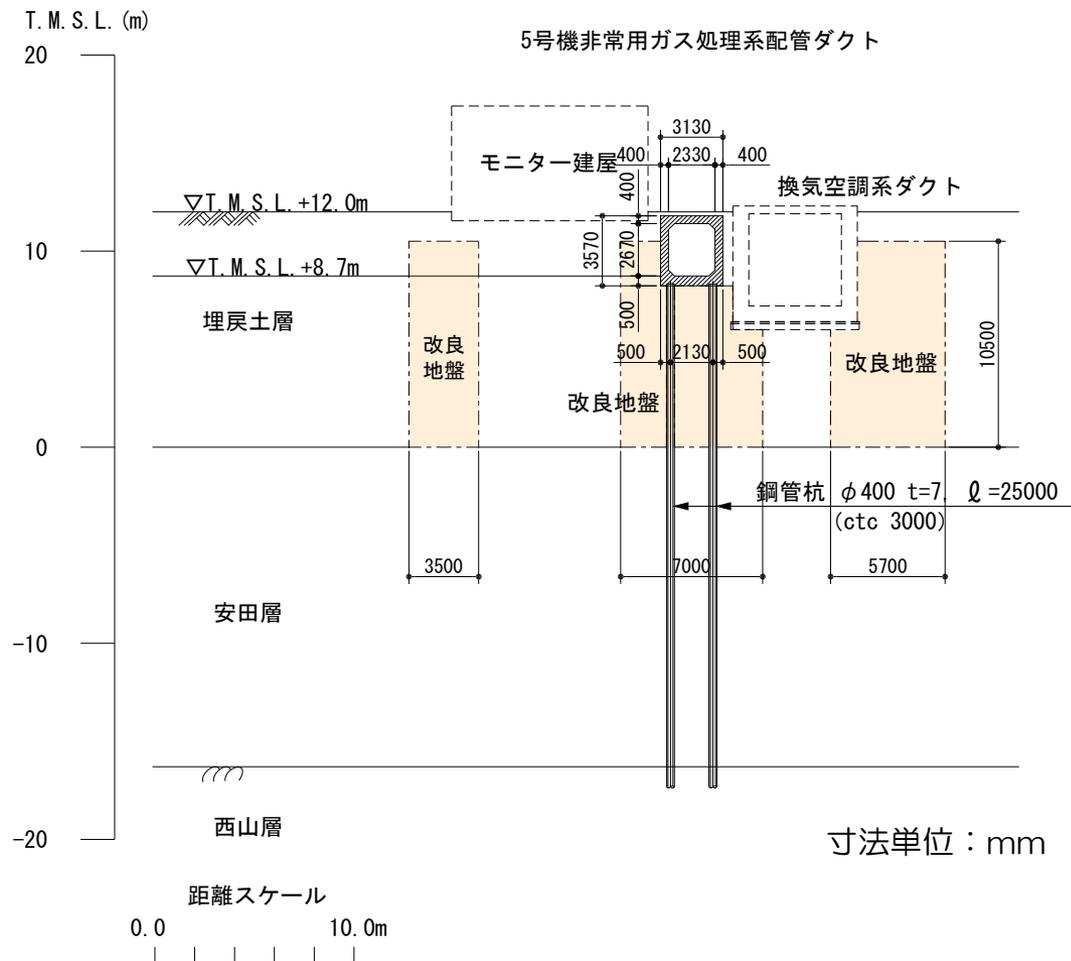
# 屋外重要土木構造物の概要（４）

## ■非常用ガス処理系配管ダクト

平面図



F-F断面図



## ■ 本日まで報告する内容

### 5号機屋外重要土木構造物の耐震安全性評価

#### 1. 屋外重要土木構造物の概要

#### 2. 耐震安全性評価

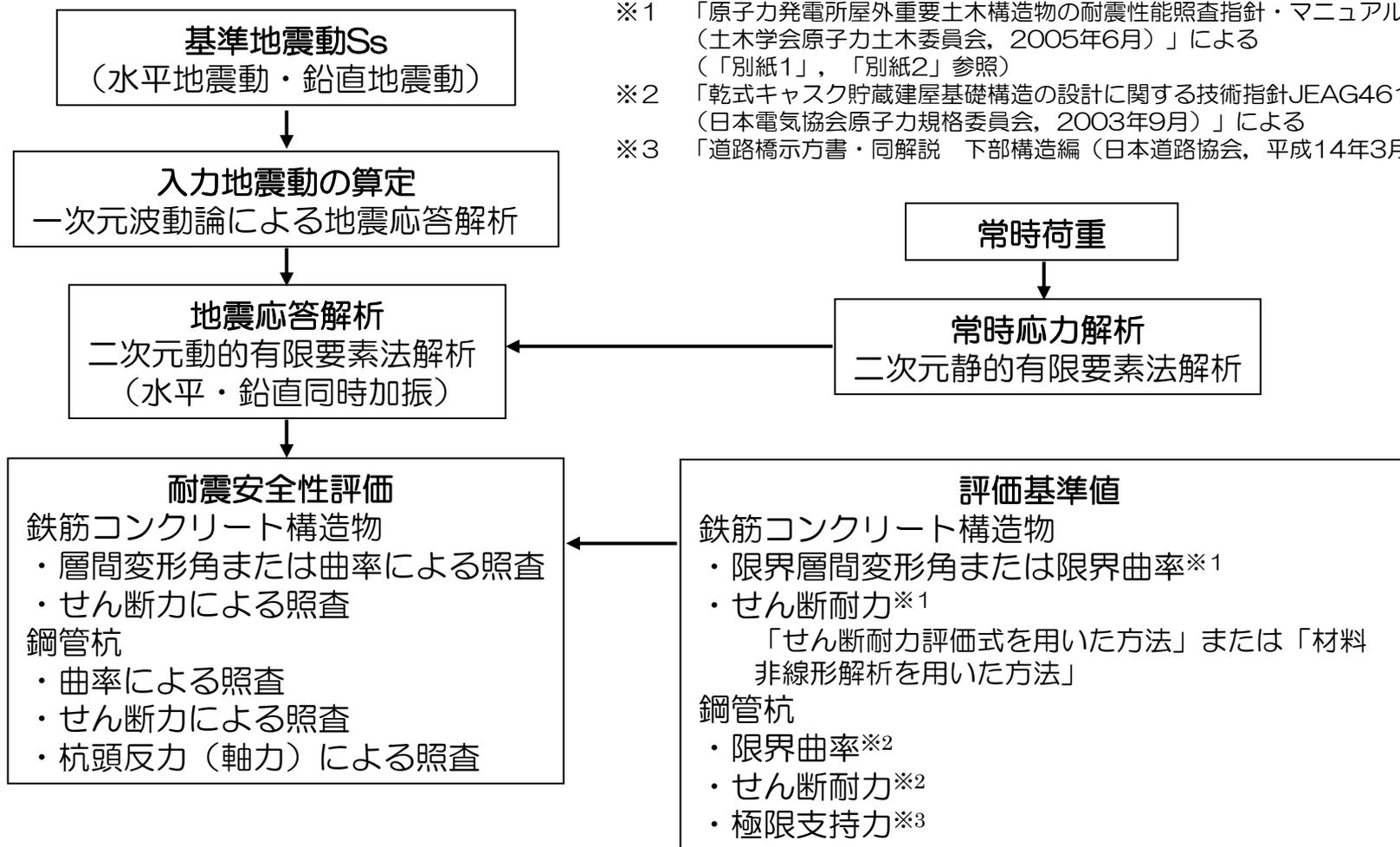
(参考)

- ・ 補機冷却用海水取水路の耐震安全性検討
- ・ 非常用取水路の軸方向に対する検討

# 解析条件の比較

	工事認可時	健全性評価時	耐震安全性評価時
解析手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 応答変位法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 二次元動的有限要素法解析 (水平・鉛直同時加振)</li> </ul>	同左
地震力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <math>S_1</math>-D 300gal</li> <li>・ <math>S_2</math>-D 450gal (GL.-146m)</li> <li>・ <math>K_v=0.16</math> (<math>S_1</math>-D用)</li> <li>・ <math>K_v=0.23</math> (<math>S_2</math>-D用)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 新潟県中越沖地震 原子炉建屋基礎版上の観測記録</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 解放基盤表面で定義される基準地震動<math>S_s</math> (<math>S_s-1 \sim S_s-5</math>)</li> </ul>
地盤モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地盤ばね</li> <li>・ 等価線形モデル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ソリッド要素</li> <li>・ 非線形モデル</li> </ul>	同左
構造物モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 線形梁要素</li> <li>・ 設計強度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非線形梁要素</li> <li>・ 実強度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非線形梁要素</li> <li>・ 設計強度</li> </ul>
照 査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 許容応力度照査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 変形性能照査 (層間変形角, 曲率)</li> <li>・ せん断耐力照査</li> </ul>	同左

# 耐震安全性評価の手順



- ※1 「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 (土木学会原子力土木委員会, 2005年6月)」による (「別紙1」, 「別紙2」参照)
- ※2 「乾式キャスク貯蔵建屋基礎構造の設計に関する技術指針JEAG4616-2003k (日本電気協会原子力規格委員会, 2003年9月)」による
- ※3 「道路橋示方書・同解説 下部構造編 (日本道路協会, 平成14年3月)」による

## 屋外重要土木構造物の評価フロー

# 解析用物性値（使用材料の物性値）

地震応答解析に必要な地盤および屋外重要土木構造物の諸定数は、各種調査、試験結果などをもとに設定された設計時の値を用いた。

## （１）使用材料

コンクリート	設計基準強度 23.5N/mm <sup>2</sup> (240kg/cm <sup>2</sup> )
鉄筋	SD345相当 (SD35)
鋼管杭	SKK400相当 (SKK41)

## （２）使用材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
コンクリート	24 ※	25.0	0.2
鉄筋		200	0.3
鋼管杭	77	200	0.3

※ 鉄筋コンクリートとしての単位体積重量

# 解析用物性値（地盤の物性値）

## （3）地盤の物性値（非常用取水路）

地層区分		単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	初期せん断弾性係数 $G_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	せん断弾性係数G、 減衰定数h
埋戻土層		19.6 (※1)	0.33	$1980 \times \sigma_v^{0.667}$ (※2)	ひずみ依存性を考慮
洪積粘性土層（Ⅰ）		17.7	0.49	$9.90 \times 10^4$	
洪積粘性土層（Ⅱ）		17.7	0.48	$1.41 \times 10^5$	
シルト質砂層		18.1	0.48	$1.95 \times 10^5$	
西山層	西山層上限面 ～ T.M.S.L.-60.0m	16.7	0.45	$4.09 \times 10^5$	
	～ T.M.S.L.-100.0m	17.2	0.44	$5.49 \times 10^5$	
	～ T.M.S.L.-134.0m	18.0	0.43	$6.85 \times 10^5$	
解放基盤		19.9	0.43	$1.02 \times 10^6$	—

(※1) 地下水位以浅は18.6kN/m<sup>3</sup> (湿潤単位体積重量)

(※2)  $\sigma_v$ : 有効上載圧 (kN/m<sup>2</sup>)

# 解析用物性値（地盤の物性値）

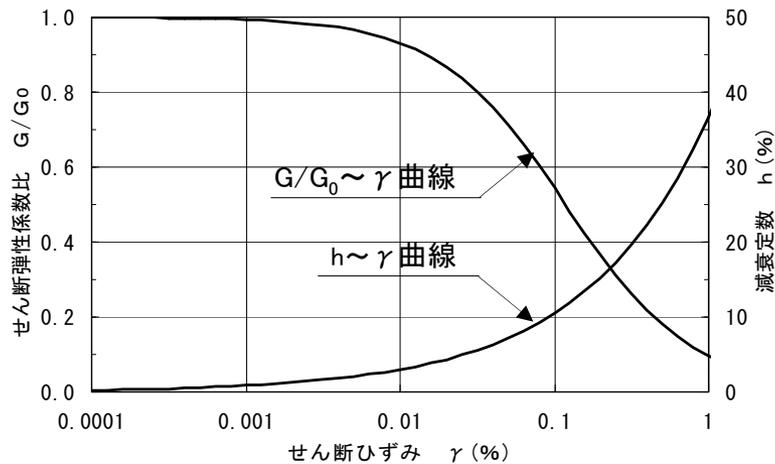
## （3）地盤の物性値（原子炉補機冷却系配管ダクト，非常用ガス処理系配管ダクト）

地層区分		単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	初期せん断弾性係数 $G_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	せん断弾性係数G、 減衰定数h
埋戻土層		19.6 (※1)	0.33	$1980 \times \sigma_v^{0.667}$ (※2)	ひずみ依存性を考慮
安田層		17.5	0.48	$1.72 \times 10^5$	
西山層	西山層上限面 ～ T.M.S.L.-60.0m	16.7	0.45	$4.09 \times 10^5$	
	～T.M.S.L.-100.0m	17.2	0.44	$5.49 \times 10^5$	
	～T.M.S.L.-134.0m	18.0	0.43	$6.85 \times 10^5$	
解放基盤		19.9	0.43	$1.02 \times 10^6$	—
改良地盤		18.6	0.31	$1.22 \times 10^6$	ひずみ依存性を考慮

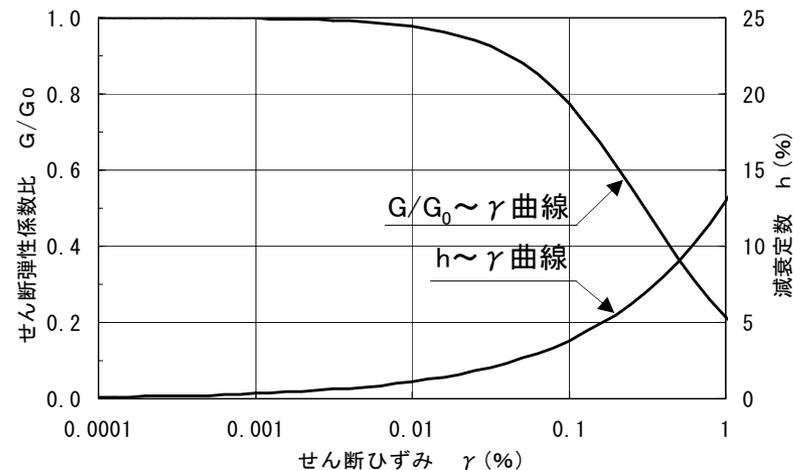
(※1) 地下水位以浅は18.6kN/m<sup>3</sup> (湿潤単位体積重量)

(※2)  $\sigma_v$  : 有効上載圧 (kN/m<sup>2</sup>)

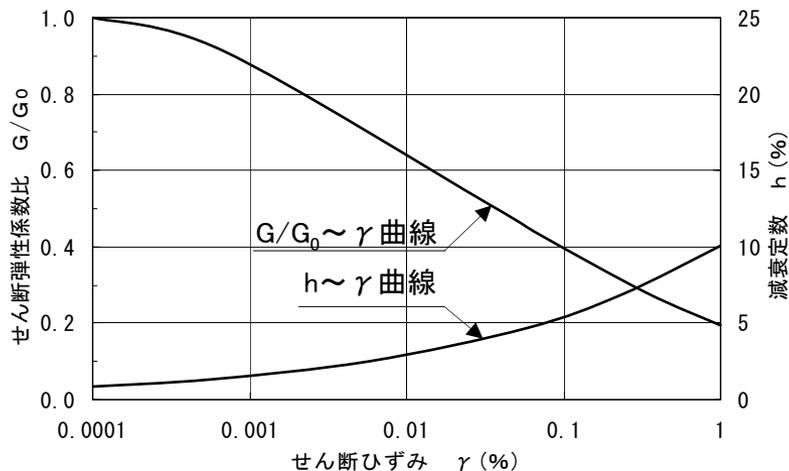
# 解析用物性値（せん断弾性係数・減衰定数のひずみ依存性）



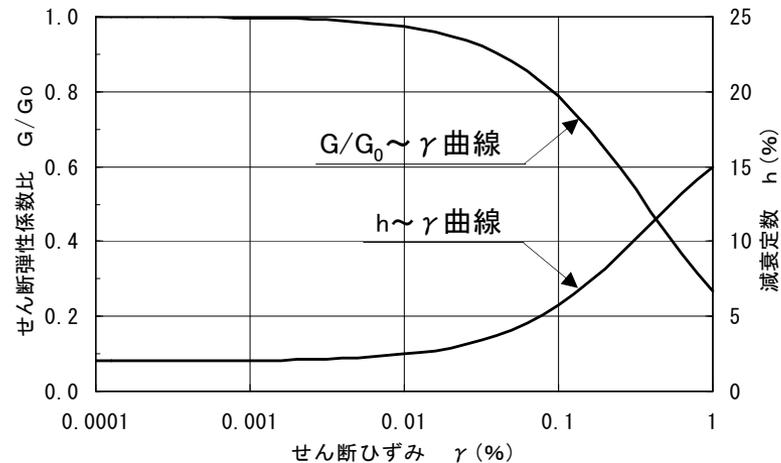
埋戻土層



西山層



洪積粘性土層 (I)



改良地盤

## せん断弾性係数および減衰定数のひずみ依存性

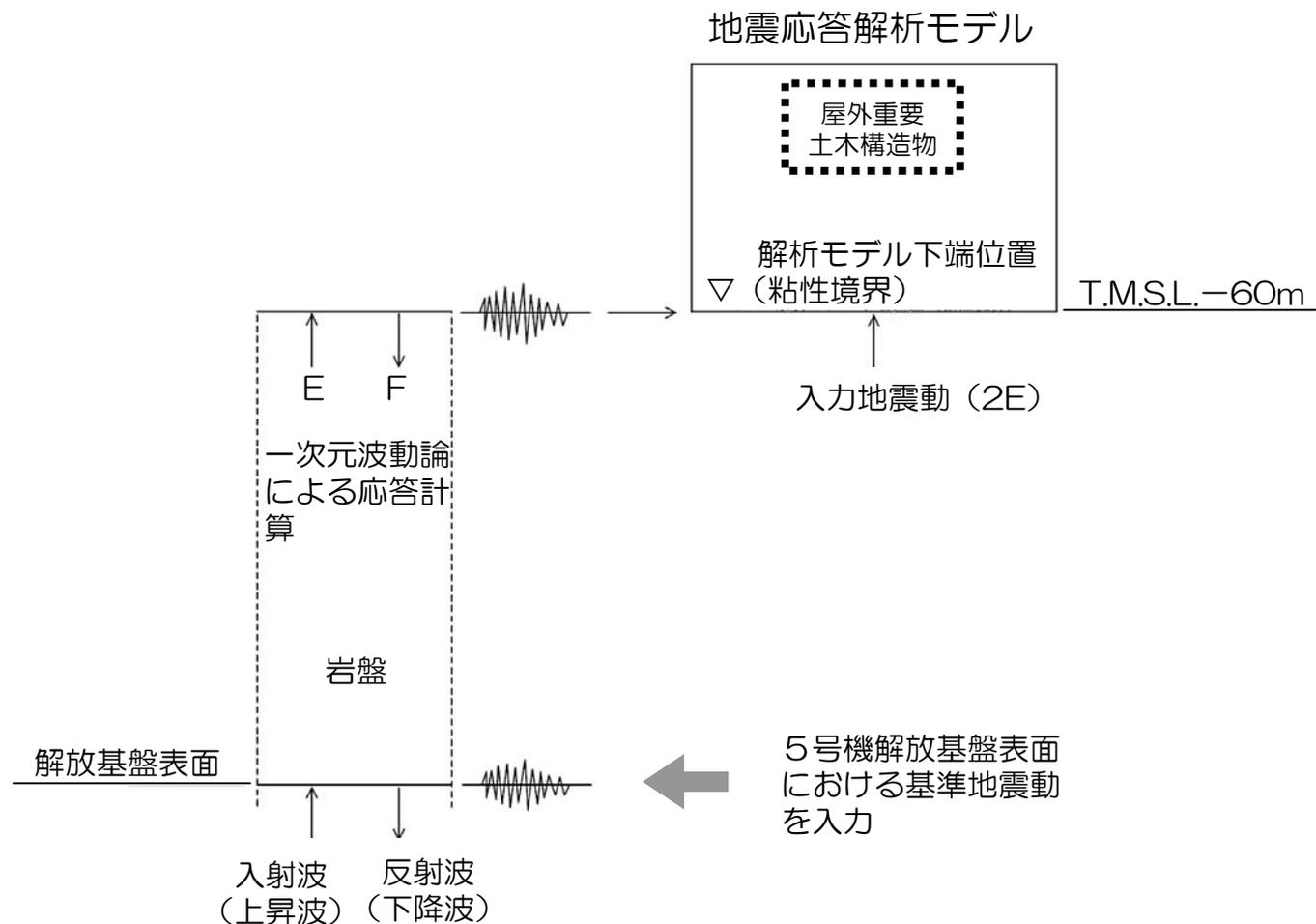
# 基準地震動（概要）

基準地震動Ss-1～Ss-5に対して、耐震安全性評価を実施する。

基準地震動	検討用地震		地震動評価手法
Ss-1	F-B断層による地震 (M7.0)		応答スペクトル 〔Noda et al. (2002) 〕
Ss-2			断層モデル 〔経験的グリーン関数法〕
Ss-3	長岡平野 西縁断層帯 による地震 (M8.1)	下記の2つの ケースを包絡	応答スペクトル 〔Noda et al. (2002) 〕
Ss-4		断層傾斜角50° 応力降下量1.5倍 ※	断層モデル 〔経験的グリーン関数法〕
Ss-5		断層傾斜角35° 応力降下量1.0倍 ※	

※ 地震調査研究推進本部（2008）による強震動レシピに基づく値に対する倍率

# 入力地震動の作成

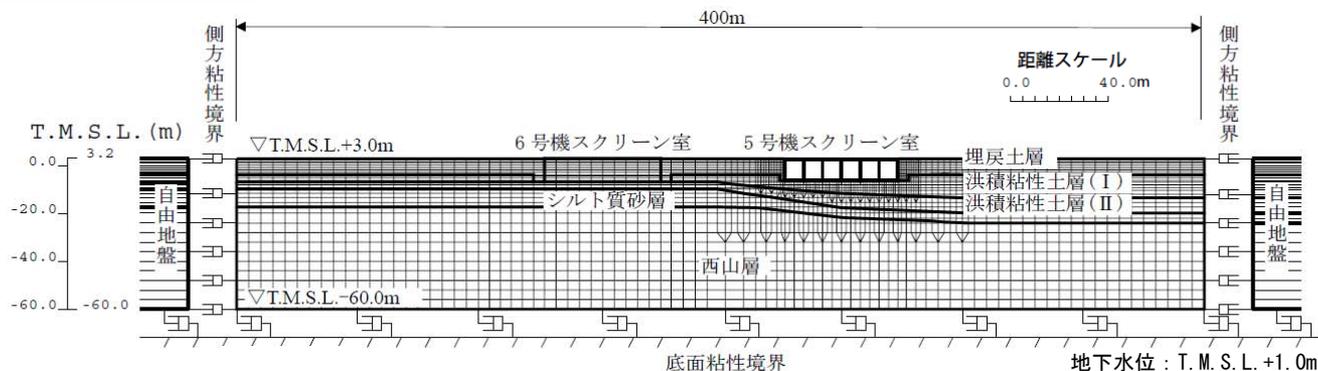


入力地震動の作成方法の概念図

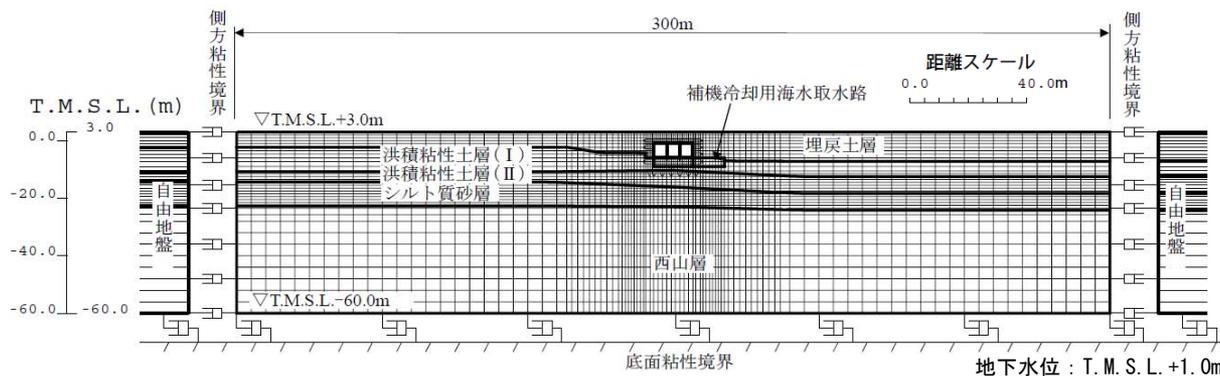
# 解析モデル (1)

## ■ 非常用取水路

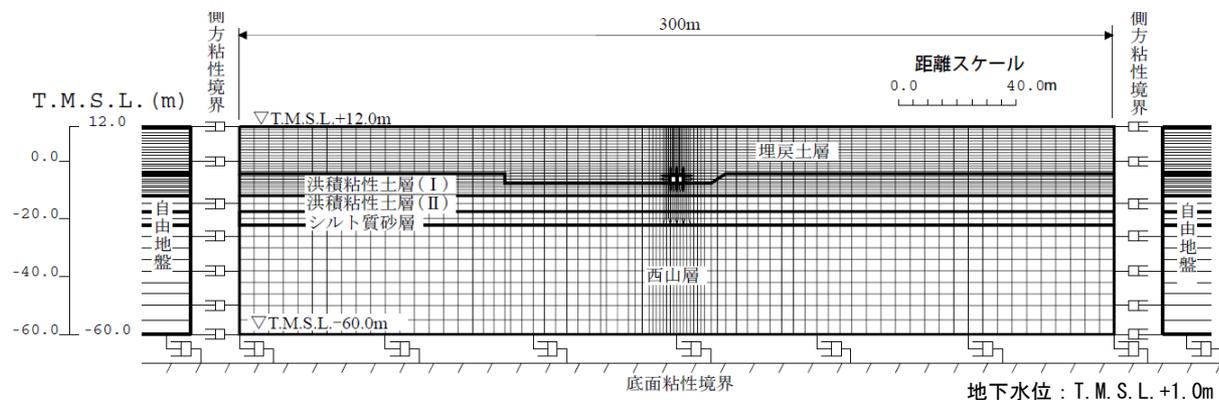
スクリーン室  
地震応答解析モデル



取水路  
地震応答解析モデル



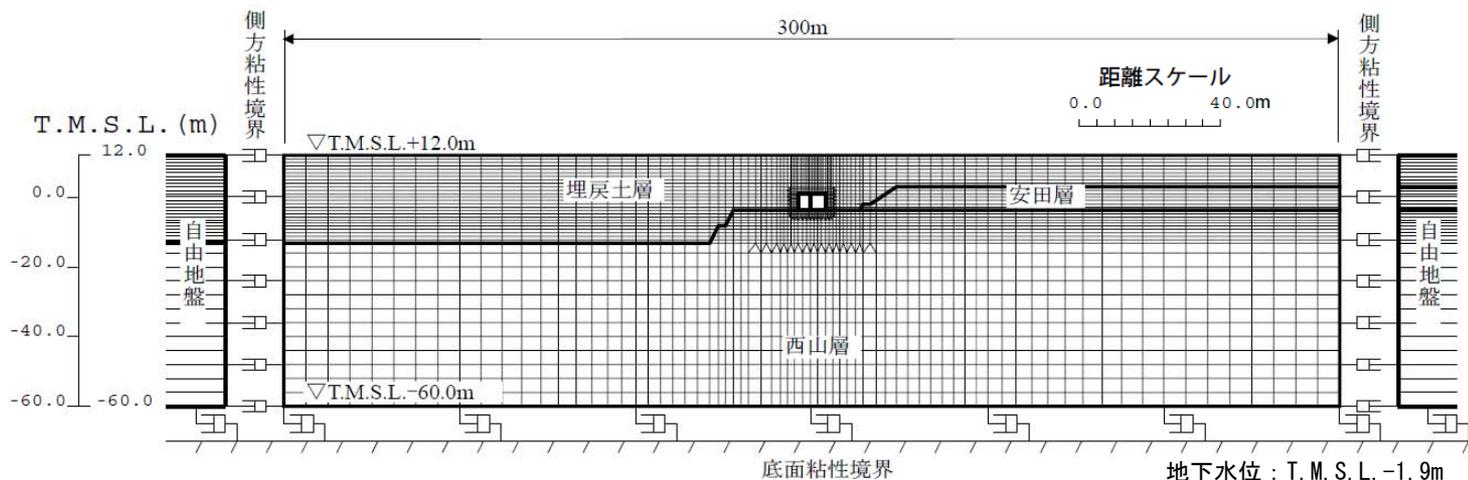
補機冷却用海水取水路  
地震応答解析モデル



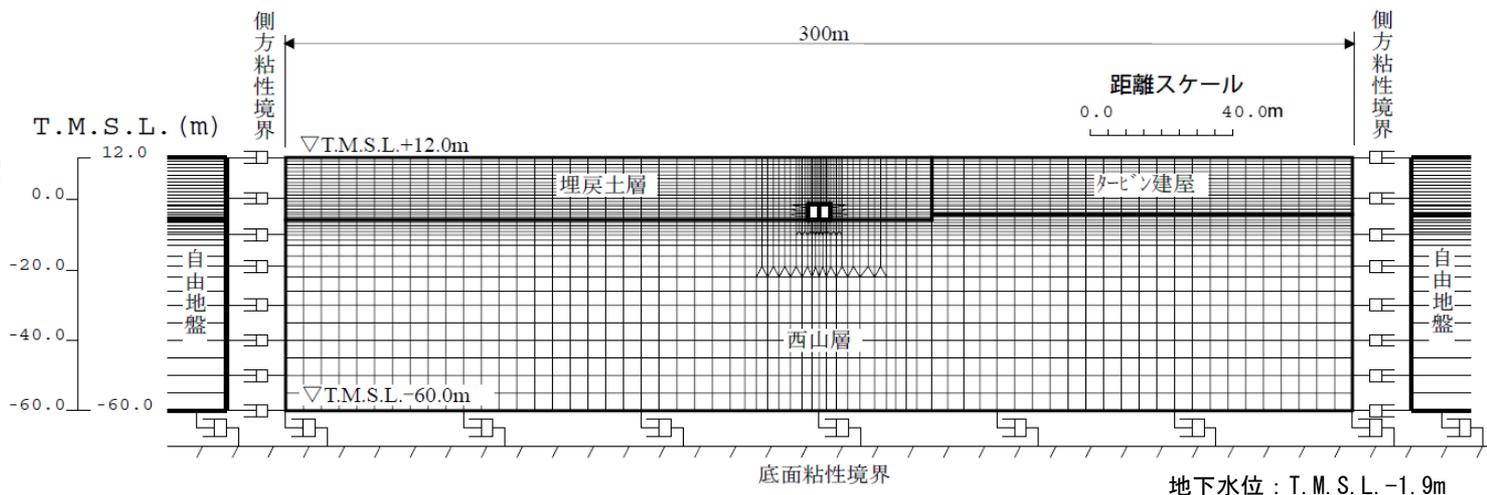
# 解析モデル (2)

## ■ 原子炉補機冷却系配管ダクト

A系  
地震応答解析モデル



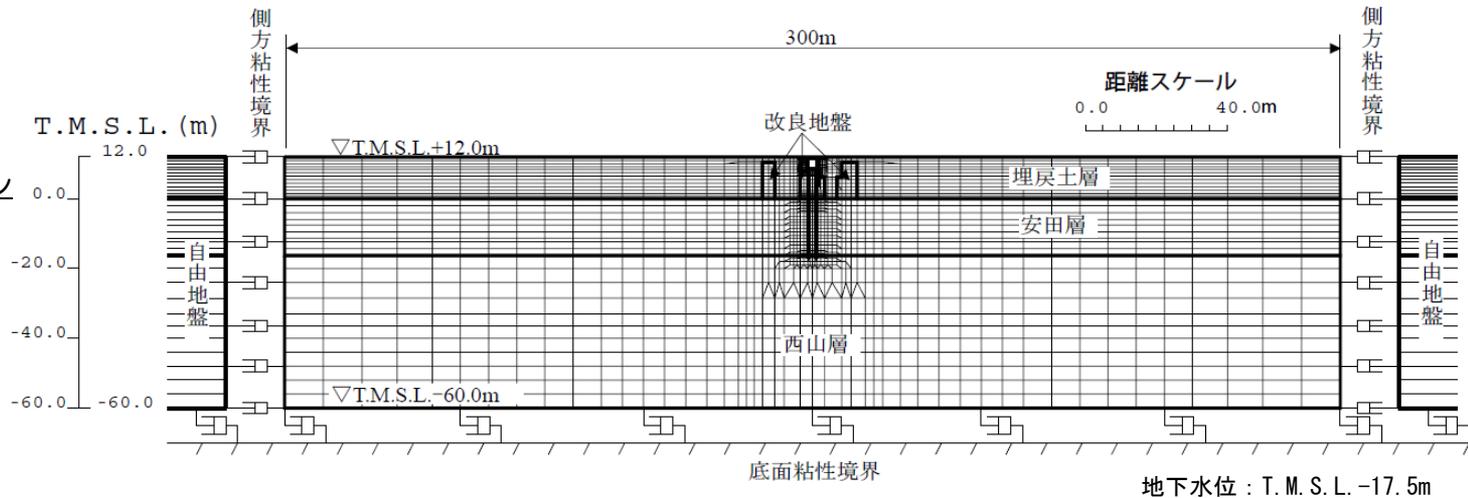
B系  
地震応答解析モデル



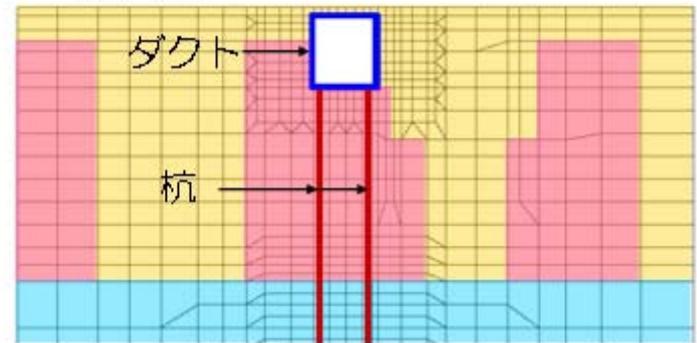
# 解析モデル (3)

## ■ 非常用ガス処理系配管ダクト

非常用ガス処理系  
配管ダクト  
地震応答解析モデル



(拡大図)



埋戻土層 安田層 改良地盤

# 解析結果（構造物頂底版間の最大相対変位）

## ■鉄筋コンクリート構造物

単位：mm

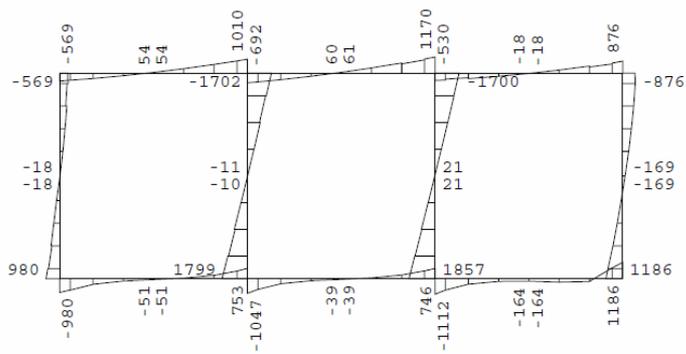
基準地震動	非常用取水路			原子炉補機冷却系配管ダクト（A系）	原子炉補機冷却系配管ダクト（B系）	非常用ガス処理系配管ダクト
	スクリーン室	取水路	補機冷却用海水取水路			
S s - 1	29.7	18.3	28.6	17.8	22.2	11.9
S s - 2	9.1	6.5	7.8	9.4	12.8	6.7
S s - 3	27.8	26.2	38.1	19.6	24.7	8.2
S s - 4	7.0	5.8	5.5	5.5	14.0	4.3
S s - 5	5.2	5.5	6.1	7.9	23.0	3.0

# 解析結果（断面力図）

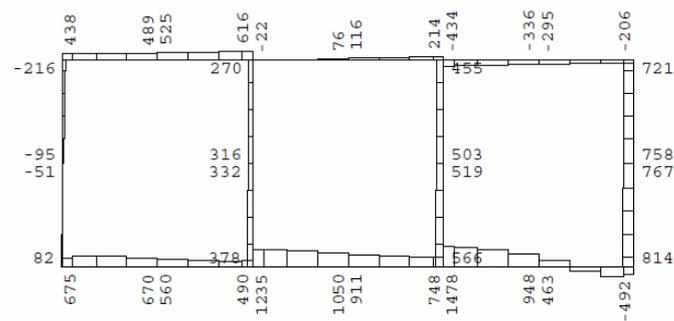
## ■ 鉄筋コンクリート構造物

- ・ 非常用取水路（取水路）

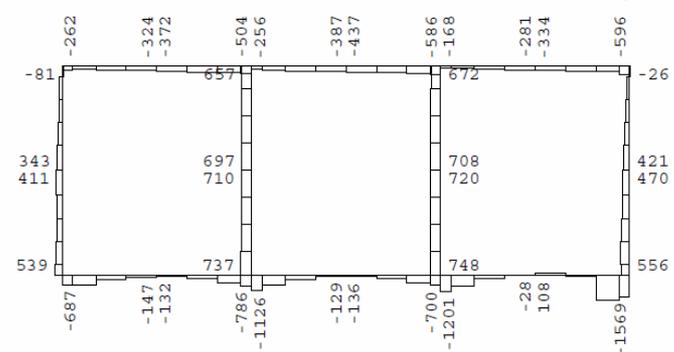
曲げモーメント  
(kNm)



軸力  
(kN)



せん断力  
(kN)

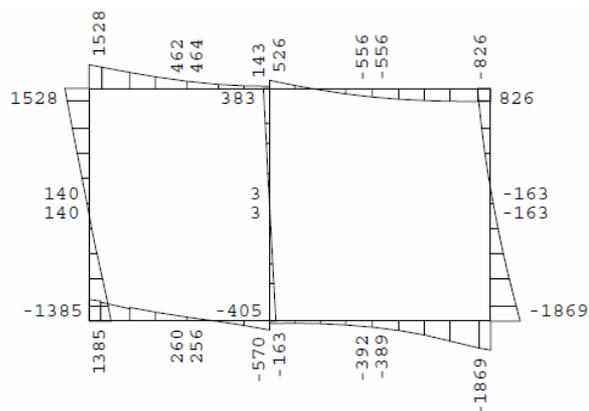


(Ss-3, 頂底版間最大相対変位発生時刻)

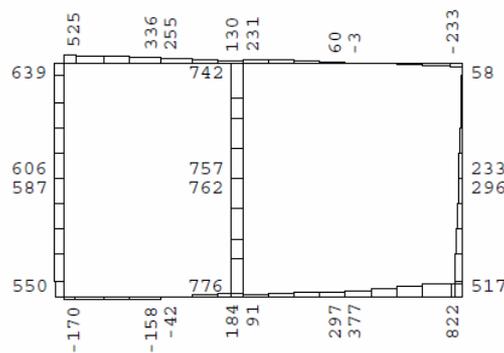
# 解析結果（断面力図）

## ■ 鉄筋コンクリート構造物

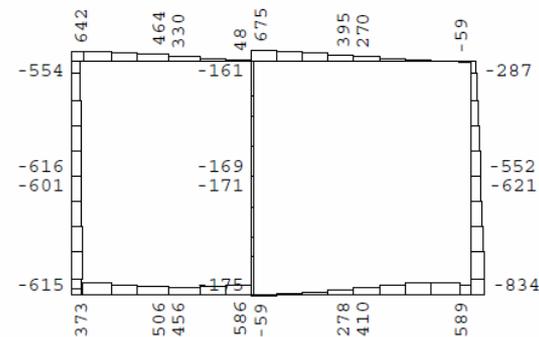
- ・ 原子炉補機冷却系配管ダクト（A系）



曲げモーメント  
(kNm)



軸力  
(kN)

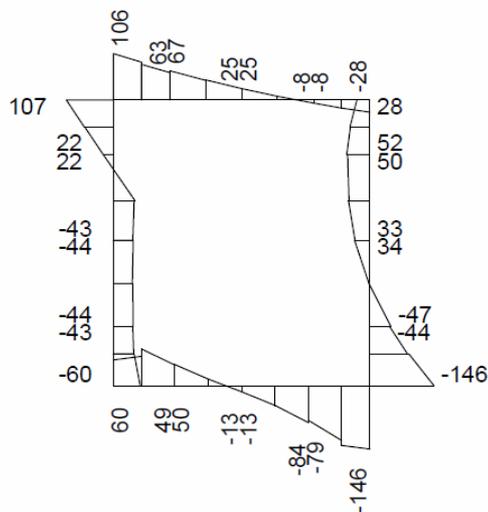


せん断力  
(kN)

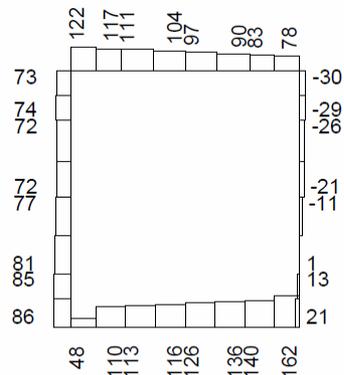
(Ss-3, 頂底版間最大相対変位発生時刻)

# 解析結果（断面力図）

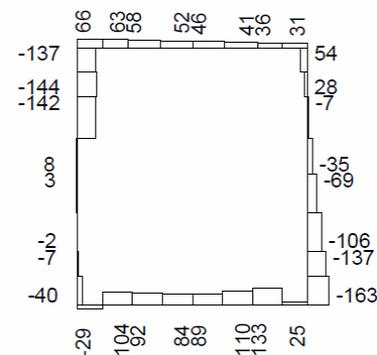
- 鉄筋コンクリート構造物
  - ・ 非常用ガス処理系配管ダクト



曲げモーメント  
(kNm)



軸力  
(kN)



せん断力  
(kN)

(Ss-1, 頂底板間最大相対変位発生時刻)

# 解析結果（最大断面力）

## ■ 鋼管杭

- ・ 非常用ガス処理系配管ダクト

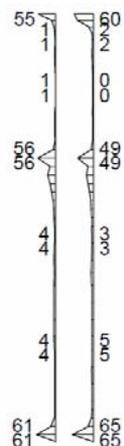
基準地震動	最大曲げモーメント		最大せん断力		最大軸力
	杭頭部 (kNm)	地中部 (kNm)	杭頭部 (kN)	地中部 (kN)	杭頭部 (kN)
S <sub>s</sub> -1	60	65	170	164	399
S <sub>s</sub> -2	21	41	90	104	400
S <sub>s</sub> -3	43	61	164	152	372
S <sub>s</sub> -4	24	30	88	76	322
S <sub>s</sub> -5	17	28	67	71	336

# 解析結果（最大断面力図）

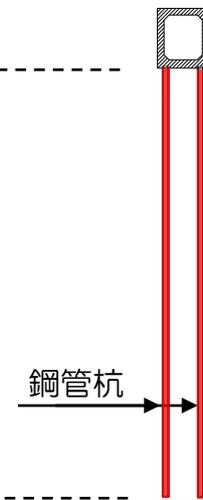
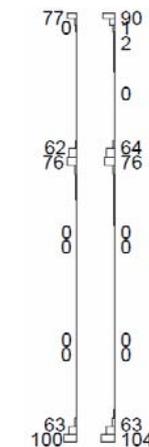
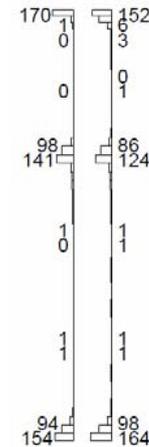
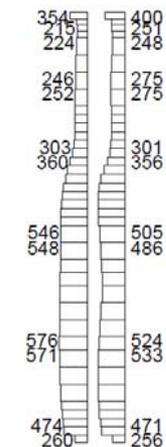
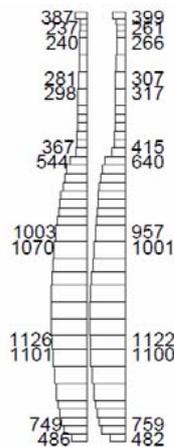
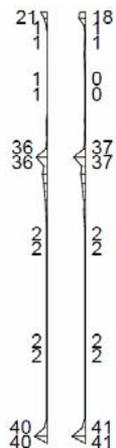
## ■ 鋼管杭

- ・ 非常用ガス処理系配管ダクト

(Ss-1, 最大断面力)



(Ss-2, 最大断面力)



曲げモーメント (kNm)

軸力 (kN)

せん断力 (kN)

# 照査結果（１）

## ■ 層間変形角または曲率による照査結果 （鉄筋コンクリート構造物）

		評価位置	照査用応答値	評価基準値	照査用応答値 /評価基準値
非常用 取水路	スクリーン室※ <sup>1</sup>	頂版～底版	0.405/100	1/100	0.41
	取水路※ <sup>1</sup>	頂版～底版	0.629/100	1/100	0.63
	補機冷却用 海水取水路※ <sup>2</sup>	頂版	0.0314	0.0990	0.32
		底版	0.0250	0.100	0.25
		側壁	0.0379	0.100	0.38
	隔壁	0.0693	0.118	0.59	
原子炉補機冷却系 配管ダクト（A系）※ <sup>1</sup>		頂版～底版	0.505/100	1/100	0.50
原子炉補機冷却系 配管ダクト（B系）※ <sup>1</sup>		頂版～底版	0.674/100	1/100	0.67
非常用ガス処理系 配管ダクト※ <sup>1</sup>		頂版～底版	0.458/100	1/100	0.46

※<sup>1</sup>：層間変形角に関する照査（評価基準値：限界層間変形角1/100，「別紙1」参照）

※<sup>2</sup>：曲率に関する照査（評価基準値：圧縮縁コンクリートひずみ1.0%に対応する曲率(1/m)，「別紙1」参照）

# 照査結果（２）

## ■せん断力による照査結果（鉄筋コンクリート構造物）

		評価位置	照査用応答値 (kN)	評価基準値 (kN)	照査用応答値 /評価基準値
非常用 取水路	スクリーン室	頂版	240	420※ <sup>1</sup>	0.57
		底版	405	1055※ <sup>1</sup>	0.38
		側壁	561	1203※ <sup>1</sup>	0.47
		隔壁	686	1071※ <sup>1</sup>	0.64
	取水路	頂版	490	901※ <sup>1</sup>	0.54
		底版	464	838※ <sup>1</sup>	0.55
		側壁	557	938※ <sup>1</sup>	0.59
		隔壁	780	2074※ <sup>2</sup>	0.38
	補機冷却用 海水取水路	頂版	635	1035※ <sup>2</sup>	0.61
		底版	351	493※ <sup>1</sup>	0.71
		側壁	573	1067※ <sup>2</sup>	0.54
		隔壁	315	590※ <sup>2</sup>	0.53

※<sup>1</sup> せん断耐力評価式を用いた方法

※<sup>2</sup> 材料非線形解析を用いた方法（「別紙2」参照）

# 照査結果（3）

## ■せん断力による照査結果（鉄筋コンクリート構造物）

	評価位置	照査用応答値 (kN)	評価基準値 (kN)	照査用応答値 /評価基準値
原子炉補機冷却系 配管ダクト（A系）	頂版	642	995※1	0.65
	底版	580	1047※1	0.55
	側壁	1220	2666※2	0.46
	隔壁	207	401※1	0.52
原子炉補機冷却系 配管ダクト（B系）	頂版	976	2178※2	0.45
	底版	938	1957※2	0.48
	側壁	1265	2413※2	0.52
	隔壁	181	395※1	0.46
非常用ガス処理系 配管ダクト	頂版	71	323※1	0.22
	底版	140	400※1	0.35
	側壁	128	361※1	0.35

※1 せん断耐力評価式を用いた方法

※2 材料非線形解析を用いた方法（「別紙2」参照）

# 照査結果（４）

## ■ 曲率による照査結果（鋼管杭）

解析対象断面	評価位置	照査用応答値 (1/m)	評価基準値 (限界曲率) (1/m)	照査用応答値 /評価基準値
非常用ガス処理系 配管ダクト	杭頭部	0.00228	0.0573	0.040
	地中部	0.00170	0.0286	0.059

## ■ せん断力による照査結果（鋼管杭）

解析対象断面	評価位置	照査用応答値 (kN)	評価基準値 (せん断耐力) (kN)	照査用応答値 /評価基準値
非常用ガス処理系 配管ダクト	杭頭部	170	502	0.34
	地中部	164	502	0.33

## ■ 支持力による照査結果（鋼管杭）

解析対象断面	評価位置	照査用応答値 (kN)	評価基準値 (極限支持力) (kN)	照査用応答値 /評価基準値
非常用ガス処理系 配管ダクト	杭頭部	400	3135	0.13

# 耐震安全性評価のまとめ

## ■鉄筋コンクリート構造物

- ・ 層間変形角または曲率による照査の結果、評価位置において照査用応答値が評価基準値（限界層間変形角または限界曲率）を下回ることを確認した。
- ・ せん断力による照査の結果、評価位置において照査用応答値が評価基準値（せん断耐力）を下回ることを確認した。

## ■鋼管杭

- ・ 曲率による照査の結果、評価位置において照査用応答値が評価基準値（限界曲率）を下回ることを確認した。
- ・ せん断力による照査の結果、評価位置において照査用応答値が評価基準値（せん断耐力）を下回ることを確認した。
- ・ 支持力による照査の結果、評価位置において照査用応答値が評価基準値（極限支持力）を下回ることを確認した。

以上より、鉄筋コンクリート構造物、鋼管杭とも評価基準値を満足することから、屋外重要土木構造物の要求機能（取水機能、配管支持機能）は確保されているものと評価した。

# 【別紙1】 曲げ系の破壊に対する評価基準値について

部材の曲げ系の破壊の限界状態は、「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（土木学会原子力土木委員会，2005年6月）」において、「**部材断面の圧縮縁コンクリートひずみが1.0%（ $10000 \times 10^{-6}$ ）に至った状態**」としており、これに対応する限界値を4通りの中から選択することができるとしている。

また、同指針・マニュアルによれば、「圧縮縁コンクリートひずみ1.0%は、かぶりコンクリートの剥落に対して若干の余裕を含んだ妥当な設定であると判断できる」としている。

## (1) 圧縮縁コンクリートひずみ1.0%

材料非線形解析によって応答を求める場合、ひずみを直接出力することが可能

## (2) 圧縮縁コンクリートひずみ1.0%に対応する曲率

部材非線形解析によって応答を求める場合、圧縮縁コンクリートひずみ1.0%に対応する曲率を断面計算等によって算定

## (3) 圧縮縁コンクリートひずみ1.0%に対応する層間変形角

部材非線形解析によって応答を求める場合、圧縮縁コンクリートひずみ1.0%に対応する層間変形角を算定式によって算定

## (4) 層間変形角1/100

部材非線形、材料非線形を問わず、応答層間変形角が1/100以下であれば上記の基準を保証したものとみなすことができる値

# 【別紙2】せん断耐力の算定方法について

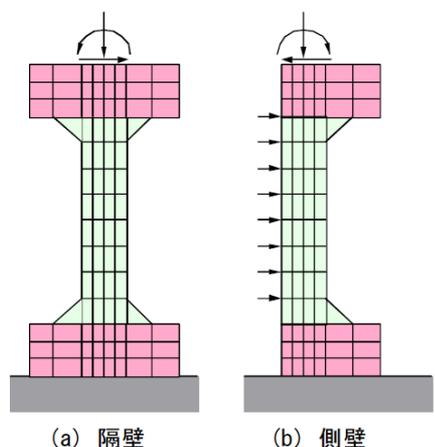
評価基準値となるせん断耐力の算定にあたっては、「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会原子力土木委員会，2005年6月）」に基づき、せん断耐力評価式を用いた方法を基本とし、裕度が比較的小さい場合には、部材のせん断耐力を高い精度で評価できる材料非線形解析を用いる。

## (1) せん断耐力評価式を用いた方法

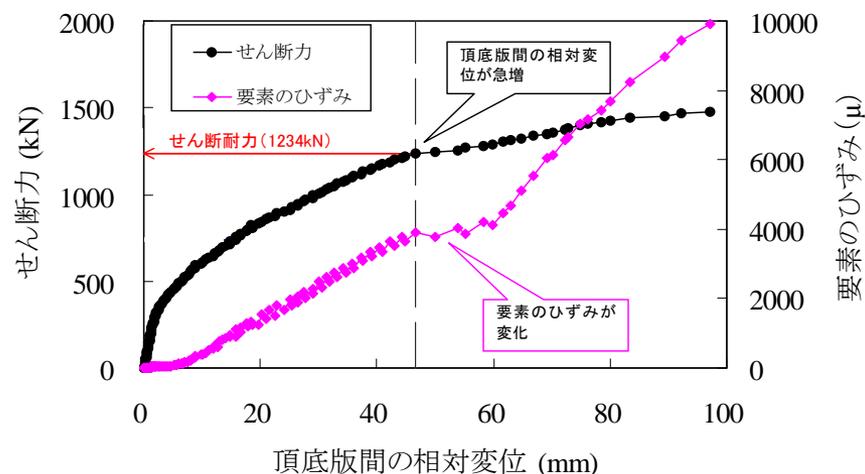
棒部材式あるいはディープビーム式により部材のせん断耐力を算定

## (2) 材料非線形解析を用いた方法

それぞれの部材毎に材料非線形解析を行い、得られるせん断力－頂底板間の相対変位関係などから部材のせん断耐力を算定



材料非線形解析モデルのイメージ



材料非線形解析結果例

## ■ 本日は報告する内容

### 5号機屋外重要土木構造物の耐震安全性評価

1. 屋外重要土木構造物の概要
2. 耐震安全性評価

(参考)

- ・ 補機冷却用海水取水路の耐震安全性検討
- ・ 非常用取水路の軸方向に対する検討

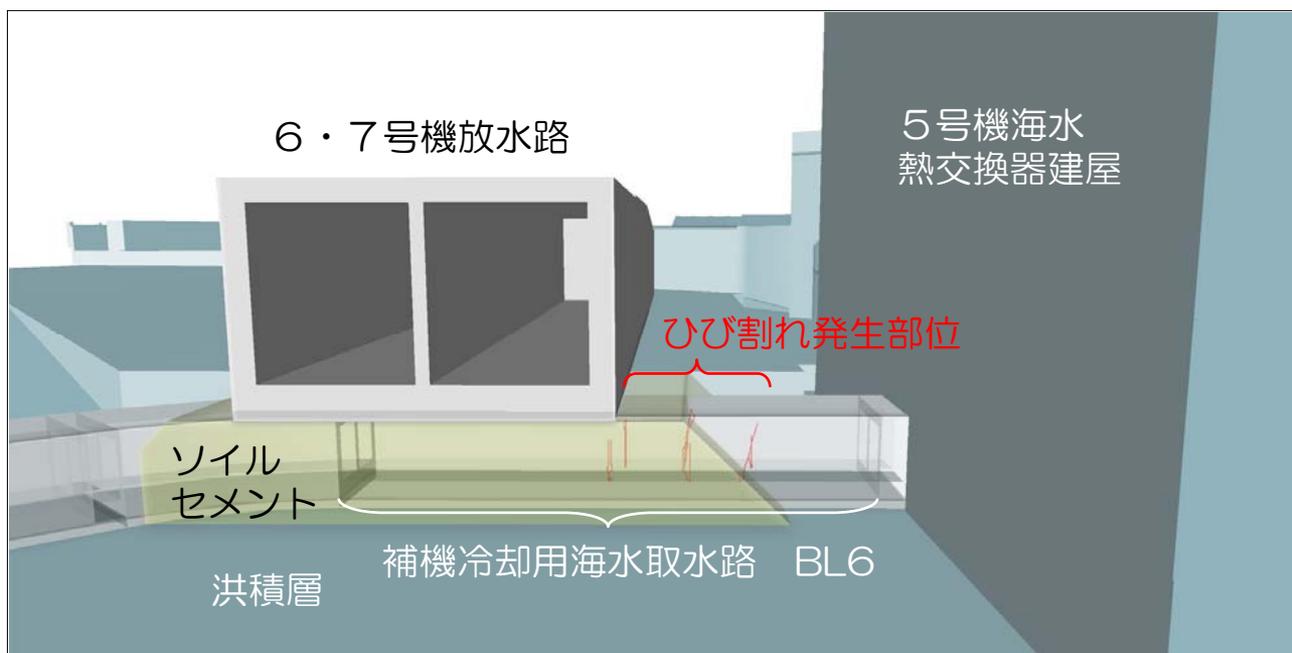
# 検討方針

## 損傷原因（「構造W41-4-2」参照）

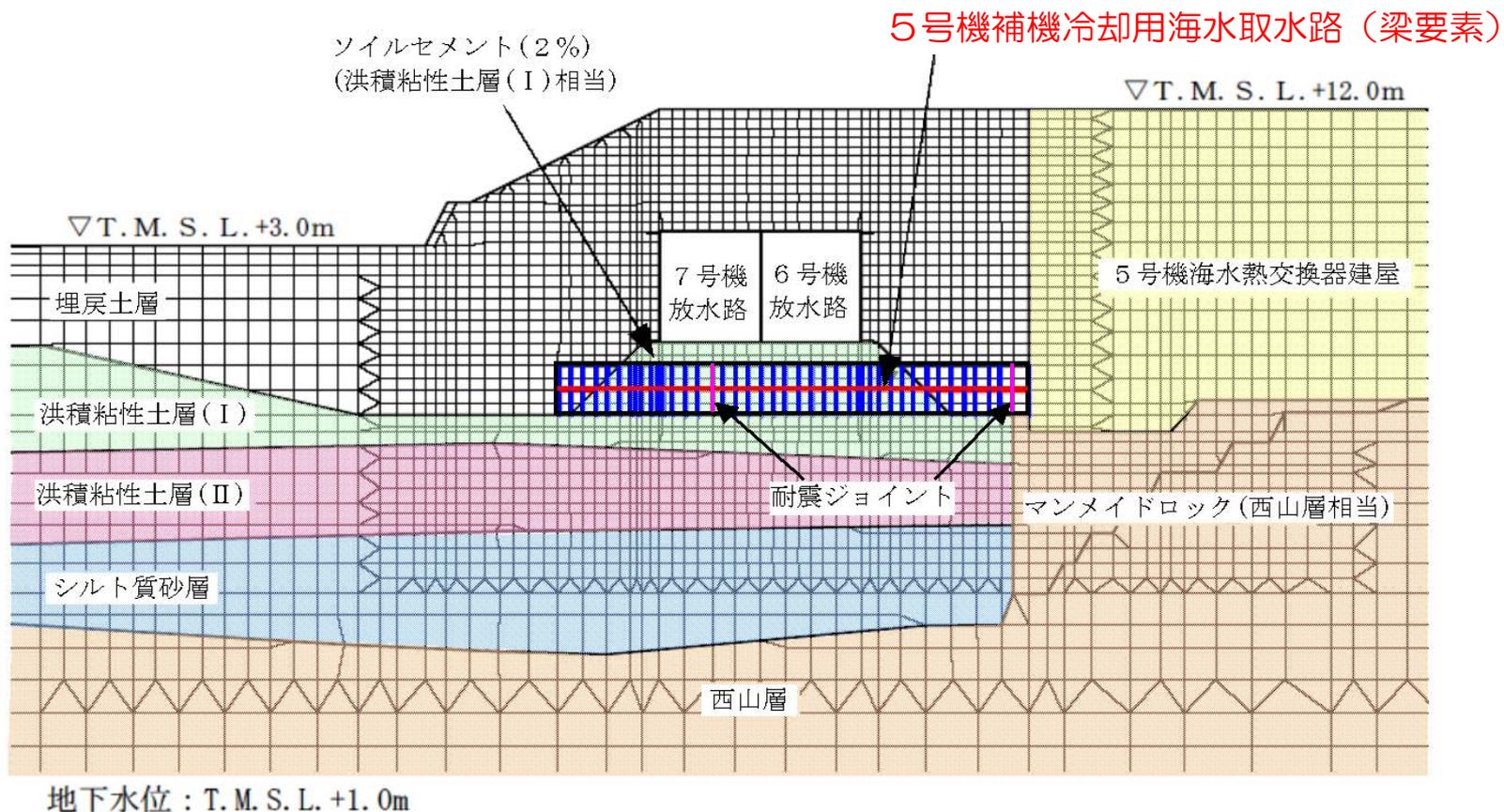
補機冷却用海水取水路で新潟県中越沖地震後に確認された損傷（ひび割れなど）は、地震時に軸方向において、上部にある6・7号機放水路から下方向に荷重が作用し、底版に引張となる曲げ変形が発生したためと推定



基準地震動 $S_s$ （ $S_s-1, S_s-3$ ）を用いた地震応答解析を行い、耐震安全性について検討



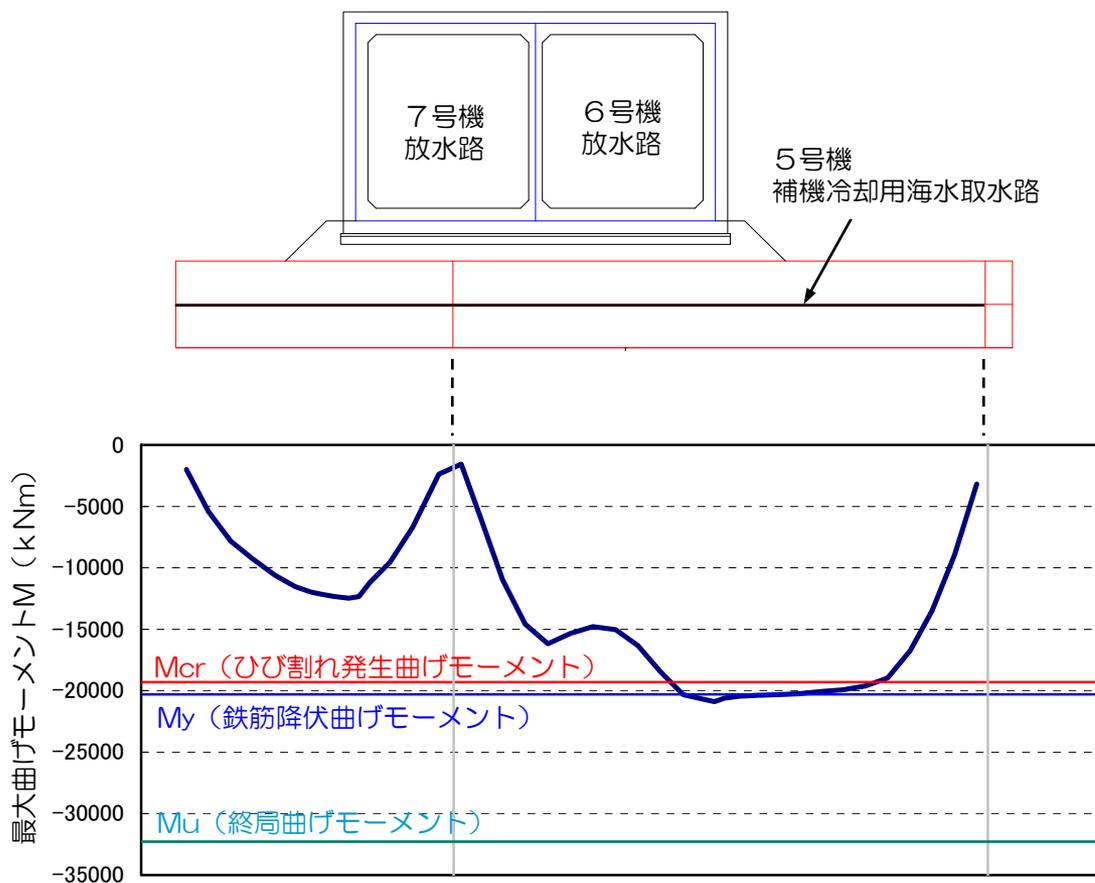
# 地震応答解析モデル



※6・7号機放水路1ブロック分の奥行き(21m)を  
等価な剛性に換算してモデル化

# 検討結果（1）

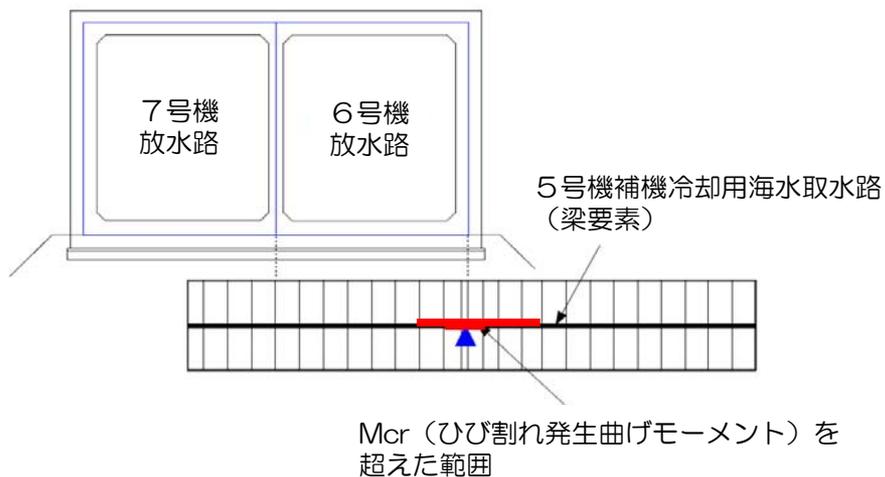
## ■ 解析結果（最大曲げモーメント）



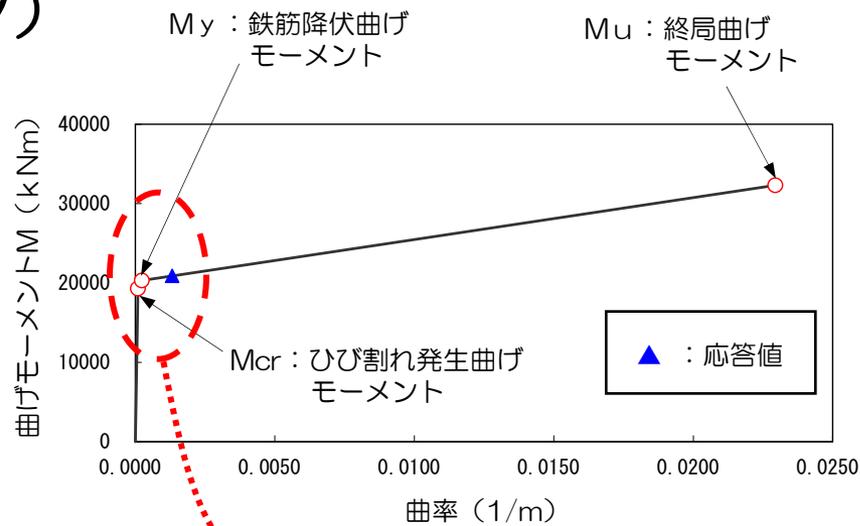
補機冷却用海水取水路の長手方向において、曲げモーメントが $M_{cr}$ （ひび割れ発生曲げモーメント）を超える範囲は6・7号機放水路右側壁の下部付近に限られる。

# 検討結果 (2)

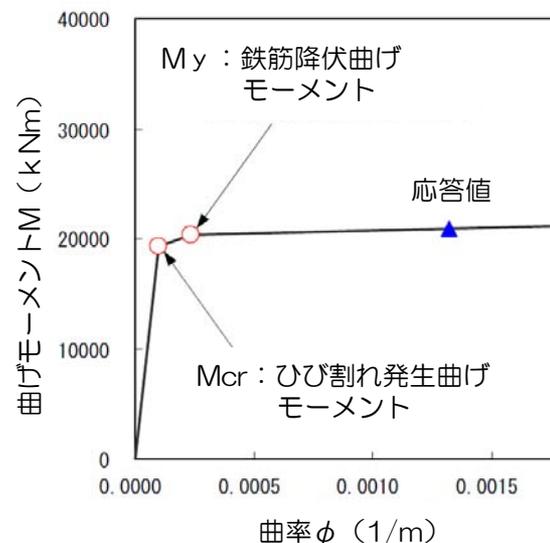
## ■ 解析結果 (M-φスケルトン)



補機冷却用海水取水路の軸方向において、曲げモーメントがMcr (ひび割れ発生曲げモーメント) を超える範囲は6・7号機放水路右側壁の下部付近に限られ、最大曲げモーメントはMy (鉄筋降伏曲げモーメント) を超えるものの、Mu (終局曲げモーメント) には至っていない。



拡大



## ■ 本日まで報告する内容

### 5号機屋外重要土木構造物の耐震安全性評価

1. 屋外重要土木構造物の概要
2. 耐震安全性評価

(参考)

- ・ 補機冷却用海水取水路の耐震安全性検討
- ・ 非常用取水路の軸方向に対する検討

# 検討方針

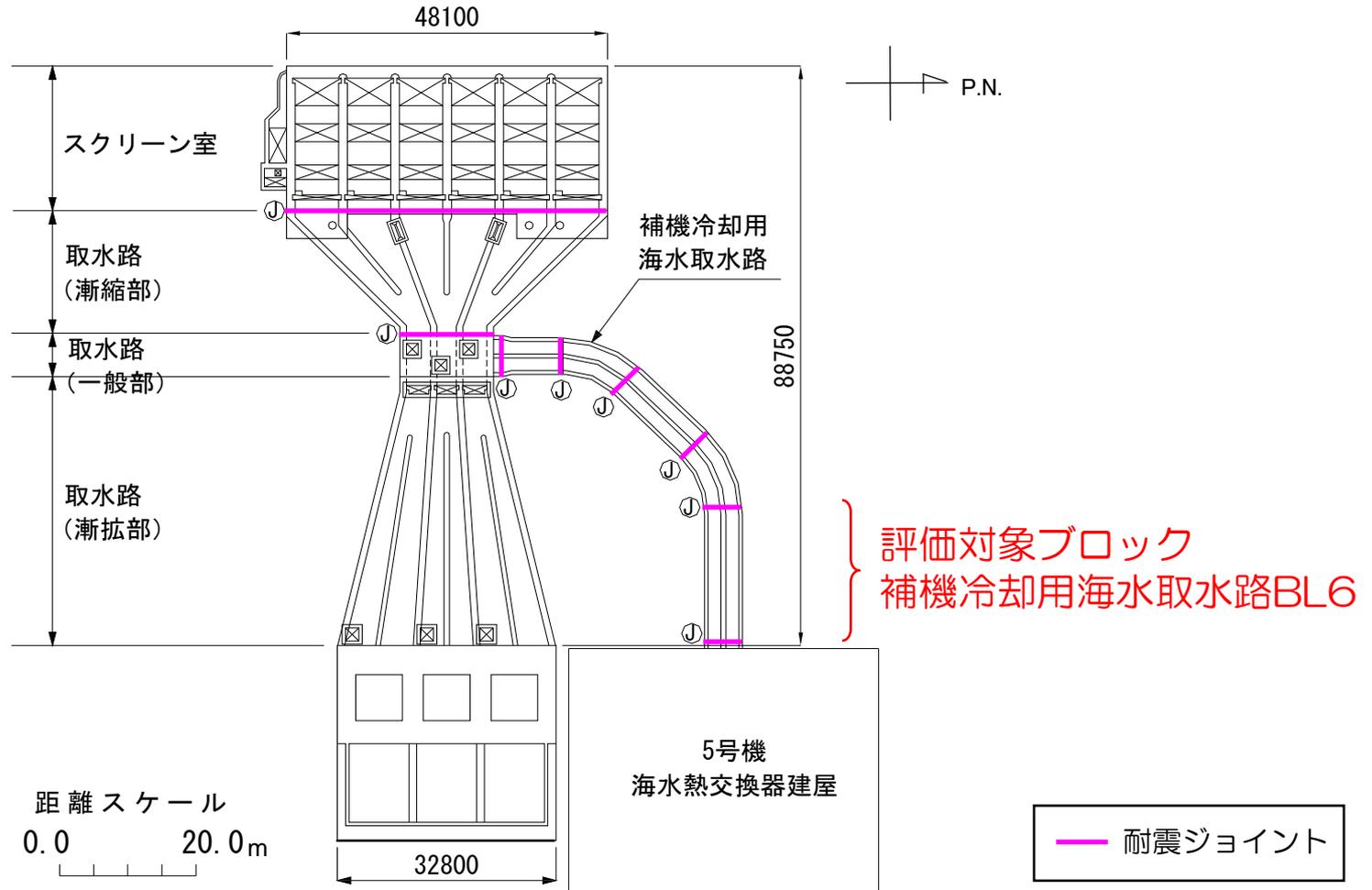
非常用取水路は、軸方向における構造の変化等を考慮してブロック分割し、その間に耐震ジョイントが設置されており、取水路軸方向について構造的に問題となるような応力が生じないように設計されているが、念のため、軸方向の応力度とブロック間相対変位について検討する。

なお、検討対象とする地震動は、耐震安全性評価結果において、構造物の変位が比較的大きかった基準地震動 $S_s-1$ 、 $S_s-3$ とする。

# 非常用取水路のブロック分割

非常用取水路は、取水路軸方向について構造的に問題となるような応力が生じないように、軸方向における構造の変化等を考慮してブロック分割し（最大ブロック長：約20m）、その間に耐震ジョイントを設置している。

平面図

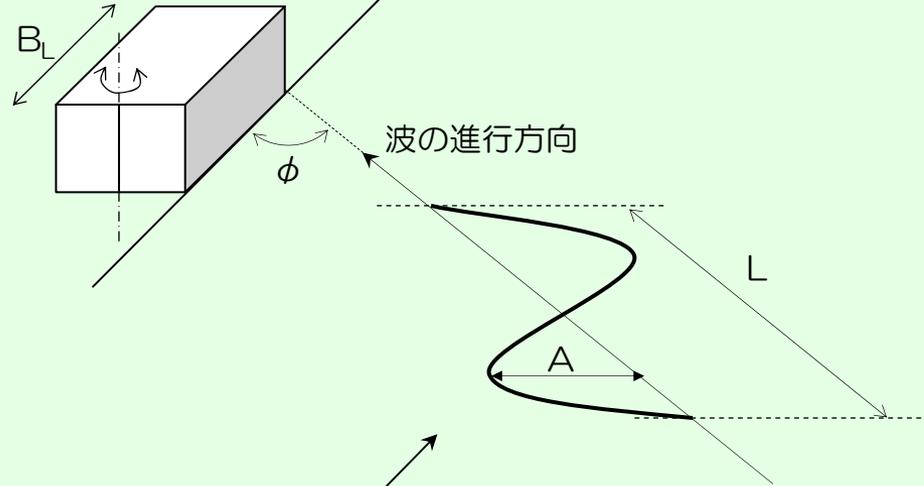


# 応力度の検討方法（１）

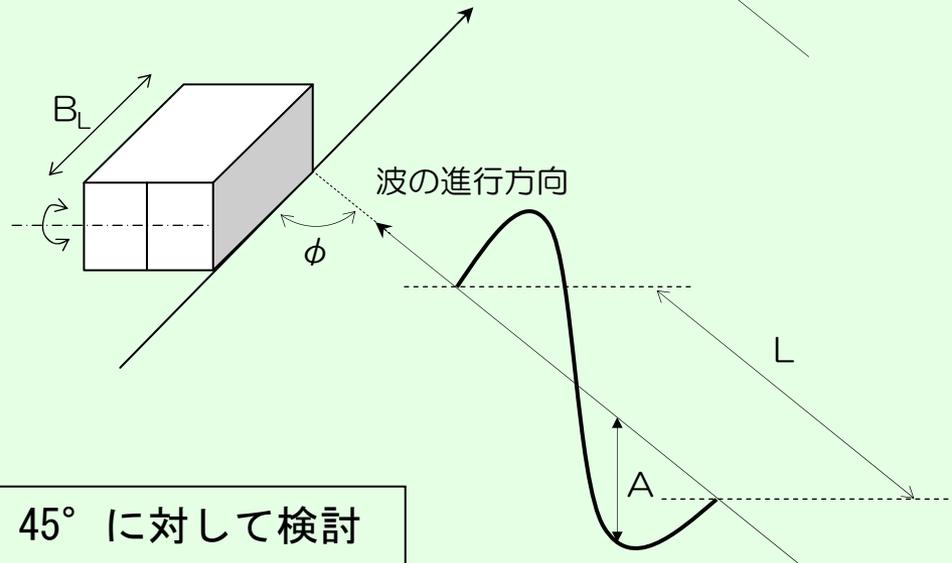
水平方向変位に関する検討

非常用取水路（１ブロック）

非常用取水路軸方向

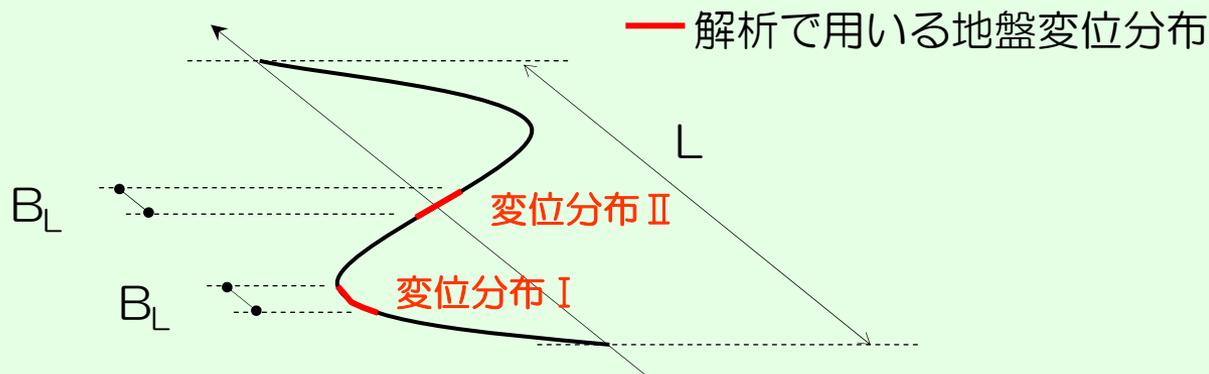


鉛直方向変位に関する検討



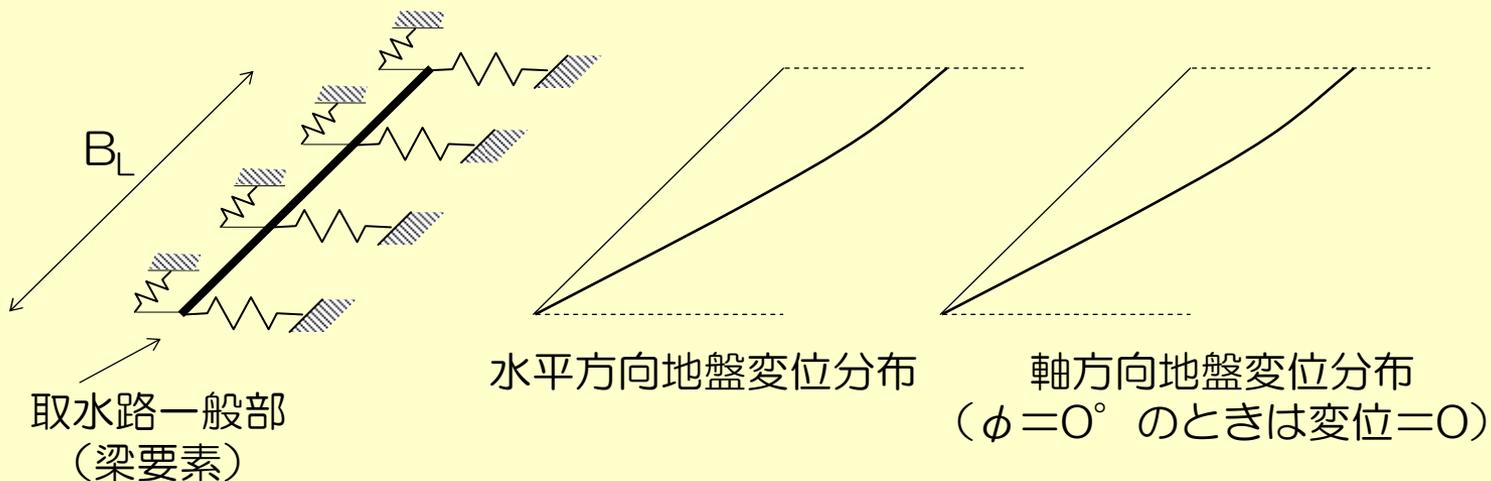
$\phi = 0^\circ$ 、 $45^\circ$  に対して検討

# 応力度の検討方法（2）



梁要素と地盤ばねからなる取水路 1ブロックの解析モデルに、静的に地盤変位分布を与えて断面力を算出し、応力度を照査

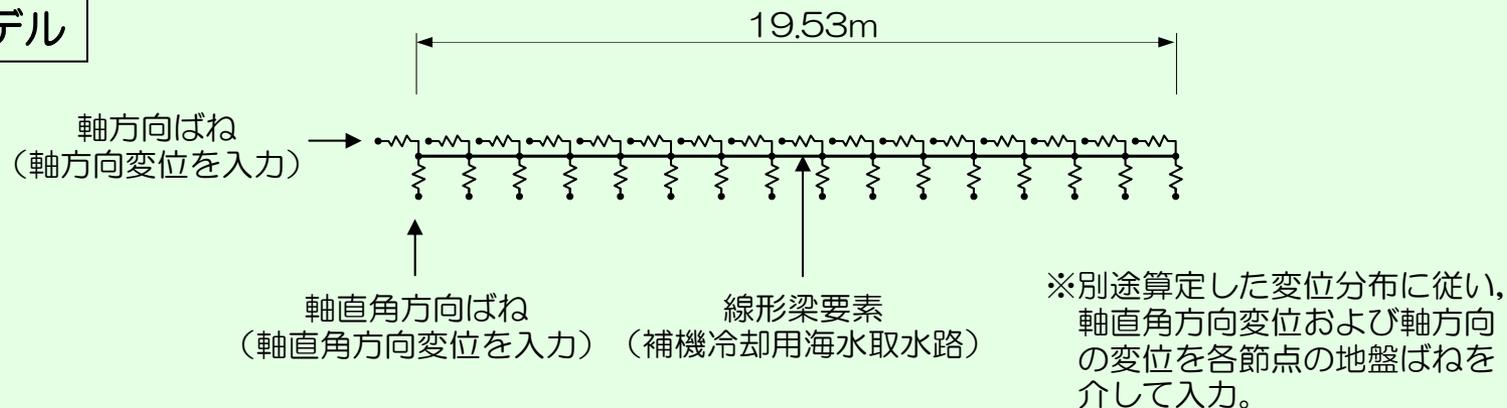
地盤ばね（軸方向および軸直角方向）



地盤ばね：「道路橋示方書・同解説 下部構造編（日本道路協会，平成14年3月）」による  
地盤変位：「共同溝設計指針（日本道路協会，昭和61年3月）」による

# 応力度の検討方法（3）

## 解析モデル



- 地盤ばねは「道路橋示方書・同解説 下部構造編（日本道路協会，平成14年3月）」に基づき算定

地震動	方向	軸方向ばね定数 $K_1$ (kN/m)	軸直角方向ばね定数 $K_2$ (kN/m)
Ss-1	水平変位 入力モデル	$8.66 \times 10^4$	$9.96 \times 10^4$
	鉛直変位 入力モデル	$8.66 \times 10^4$	$1.31 \times 10^5$
Ss-3	水平変位 入力モデル	$7.98 \times 10^4$	$9.06 \times 10^4$
	鉛直変位 入力モデル	$7.98 \times 10^4$	$1.22 \times 10^5$

# 応力度の検討結果

## ■ 曲げ・軸力およびせん断力による検討結果

	角度 $\phi$ (°)	変位分布	曲げ・軸力による照査結果 $\sigma_d / f_t$ ※1	せん断力による照査結果 $V_d / V_{yd}$ ※2
水平方向 変位	0	I	0.27	0.055
		II	0.0047	0.0021
	45	I	0.099	0.020
		II	0.56	0.00053
鉛直方向 変位	0	I	0.021	0.0042
		II	0.00039	0.00018
	45	I	0.0075	0.0015
		II	0.027	0.000048

※1  $\sigma_d$  : 発生応力度 (N/mm<sup>2</sup>) ,  $f_t$  : コンクリート引張強度 (N/mm<sup>2</sup>)

※2  $V_d$  : 照査用せん断力 (kN) ,  $V_{yd}$  : せん断耐力 (kN)

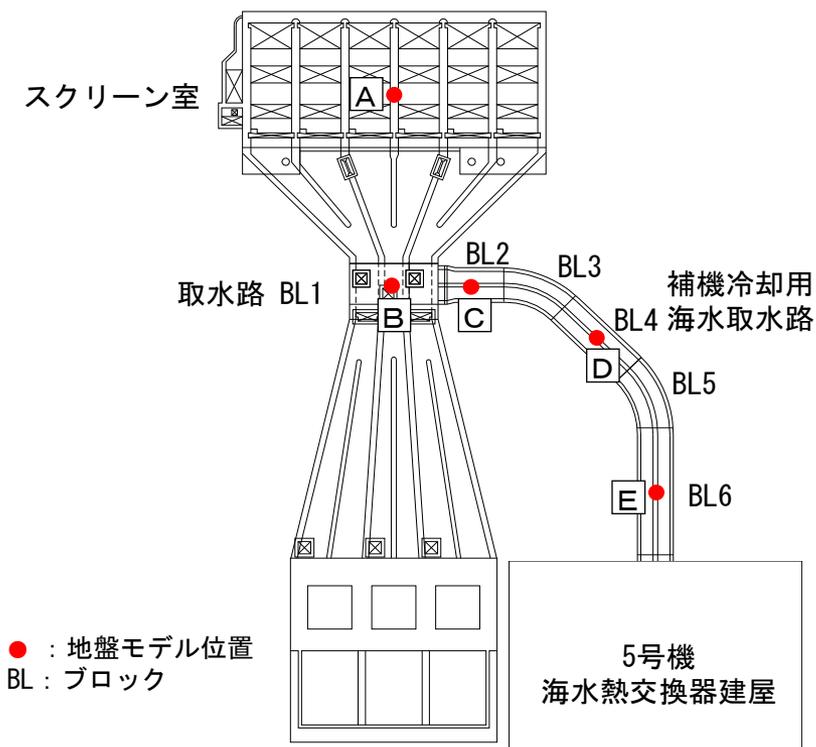
軸方向に発生する応力はコンクリート引張強度を下回っており、発生せん断力もせん断耐力を下回っていることを確認。

# ブロック間相対変位量の検討方法

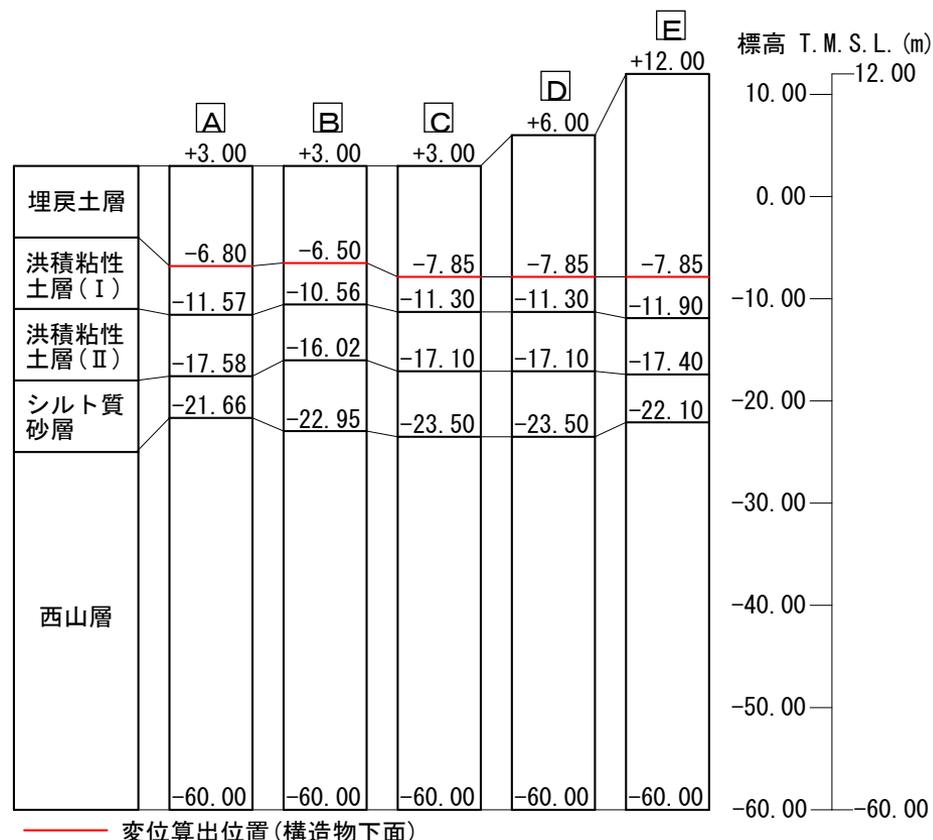
## ■ 検討方針

ブロック間の相対変位量は、一次元地震応答解析の結果から、各モデルの構造物設置レベルの変位時刻歴によってブロック間の相対変位量を算出し、ブロック間に発生する相対変位が取水機能に影響を及ぼさないことを確認する。

### 評価位置



### 一次元地盤応答解析に用いた地層構成



# ブロック間相対変位量の検討結果

## ■ ブロック間最大相対変位量

ブロック間最大相対変位量

単位 (mm)

区間		軸方向および軸直交方向	
ブロック	地盤モデル	最大水平相対変位	最大鉛直相対変位
[スクリーン室]-[BL-1]	A-B	9.8	0.2
[BL-1]-[BL-2]	B-C	17.8	0.8
[BL-2]-[BL-3]	C-D	20.6	1.3
[BL-3]-[BL-4]	C-D	20.6	1.3
[BL-4]-[BL-5]	D-E	33.6	2.9
[BL-5]-[BL-6]	D-E	33.6	2.9

いずれのブロック間の最大相対変位量も、耐震ジョイントの限界性能（伸び300mm、ずれ400mm）を上回らないことを確認。