

柏崎刈羽原子力発電所3号機

新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る
屋外重要土木構造物の点検・評価状況について

平成22年11月15日



東京電力

■ 本日も報告する内容

1. 屋外重要土木構造物の概要

2. 点検

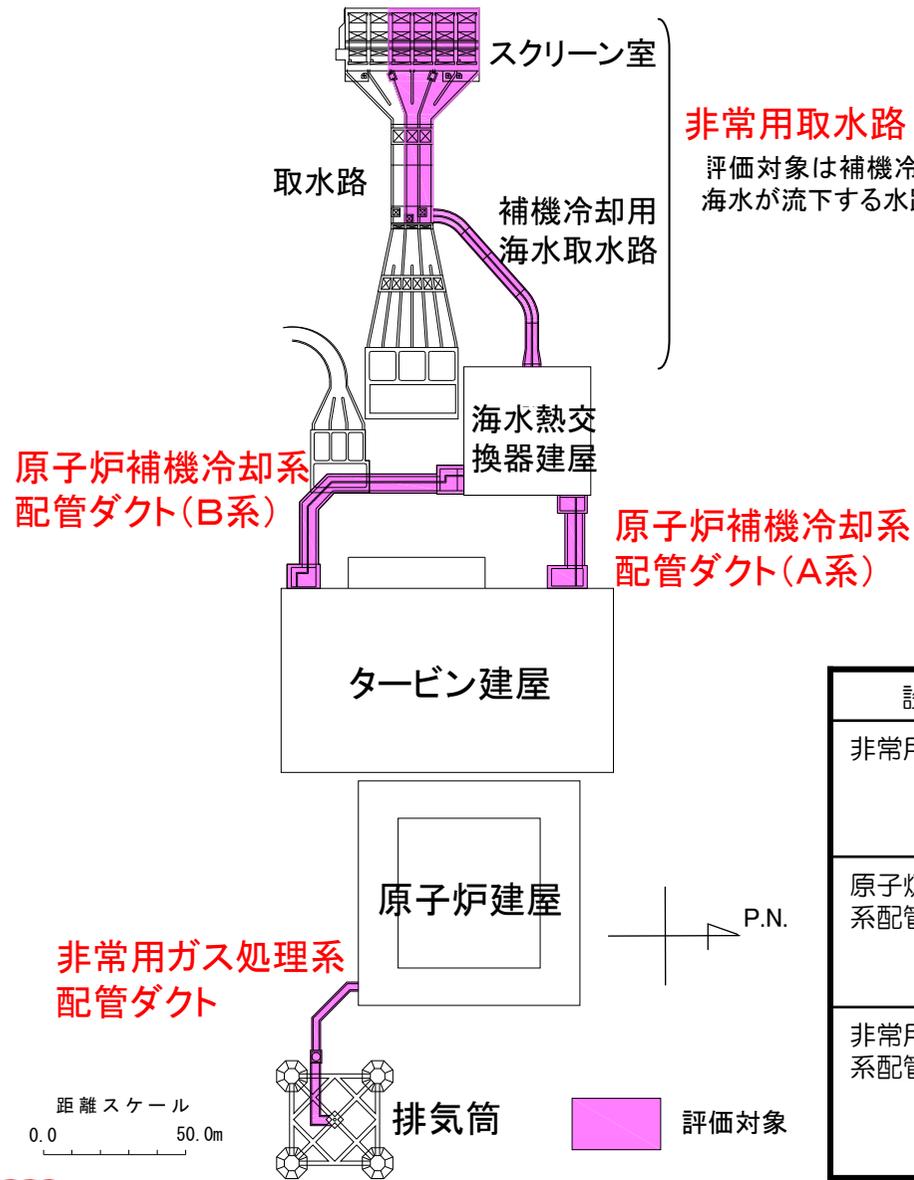
3. 耐震健全性評価

4. 総合評価

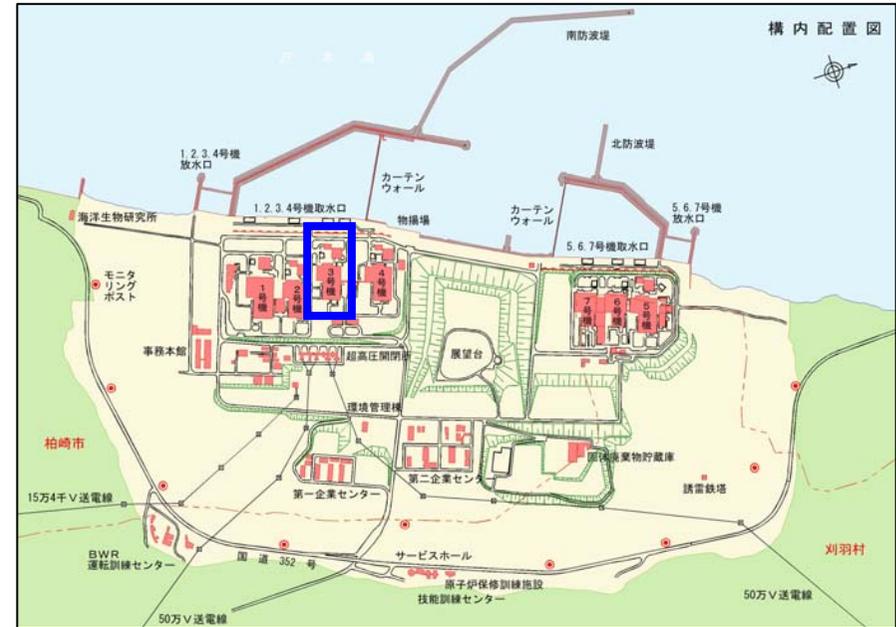
5. (参考) 「解放基盤波」を用いた評価

6. (参考) 非常用取水路の軸方向の評価

1. 1 対象設備



非常用取水路
 評価対象は補機冷却用海水が流下する水路

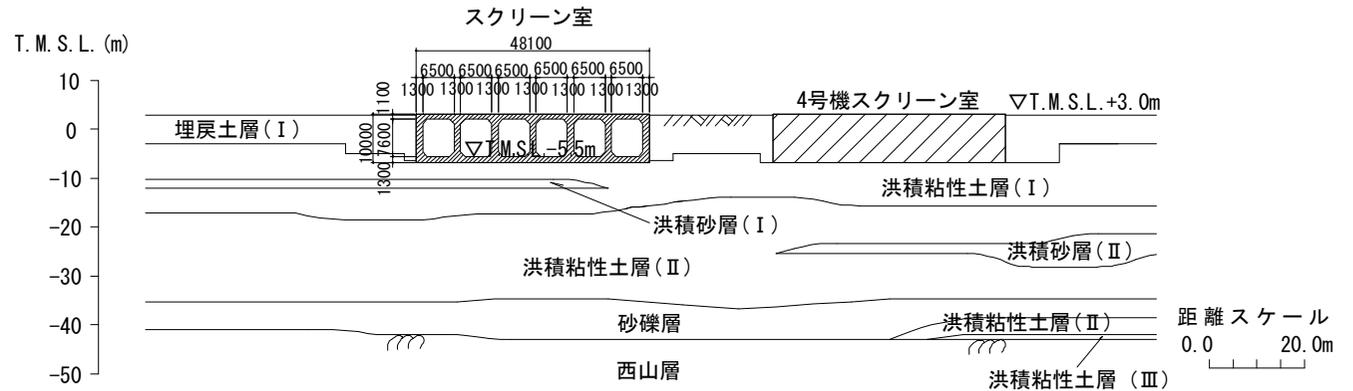


設備名称	選定理由	内在物	備考
非常用取水路	安全上の重要度分類クラス1に該当	・補機冷却用海水	—
原子炉補機冷却系配管ダクト	耐震上重要な機器の間接支持構造物に該当	・原子炉補機冷却水系配管 ・高圧炉心スプレィディンゼル補機冷却水系配管	配管および配管サポートの健全性評価は別途実施
非常用ガス処理系配管ダクト		・非常用ガス処理系配管	

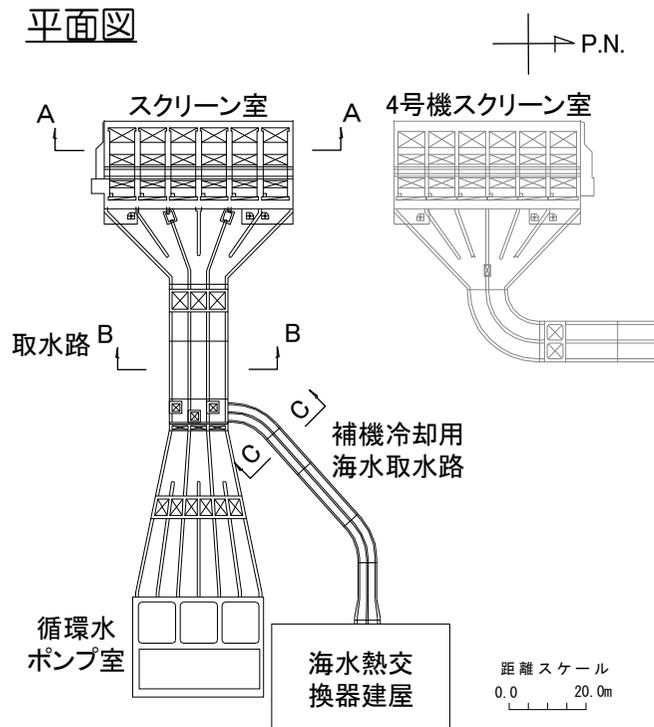
1. 2 屋外重要土木構造物の概要 (1)

非常用取水路

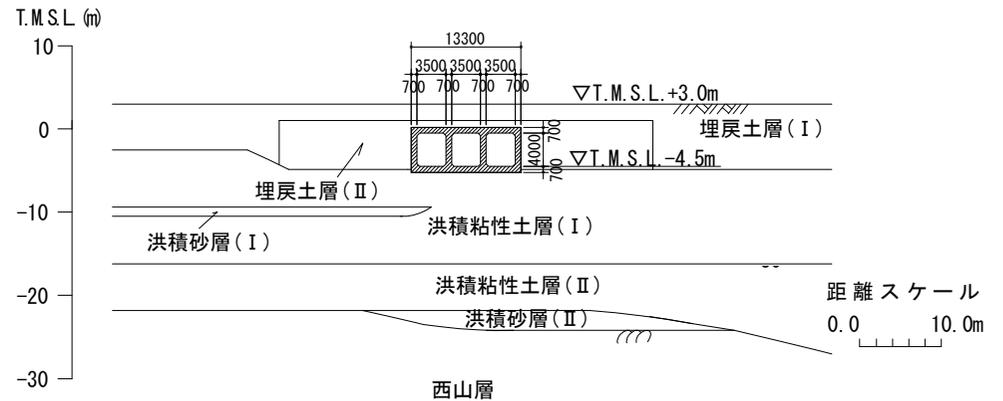
A-A断面図



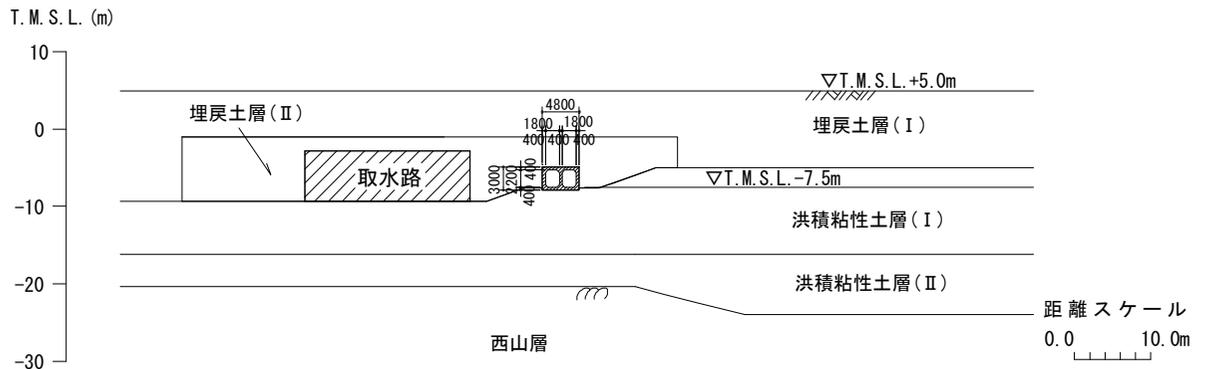
平面図



B-B断面図



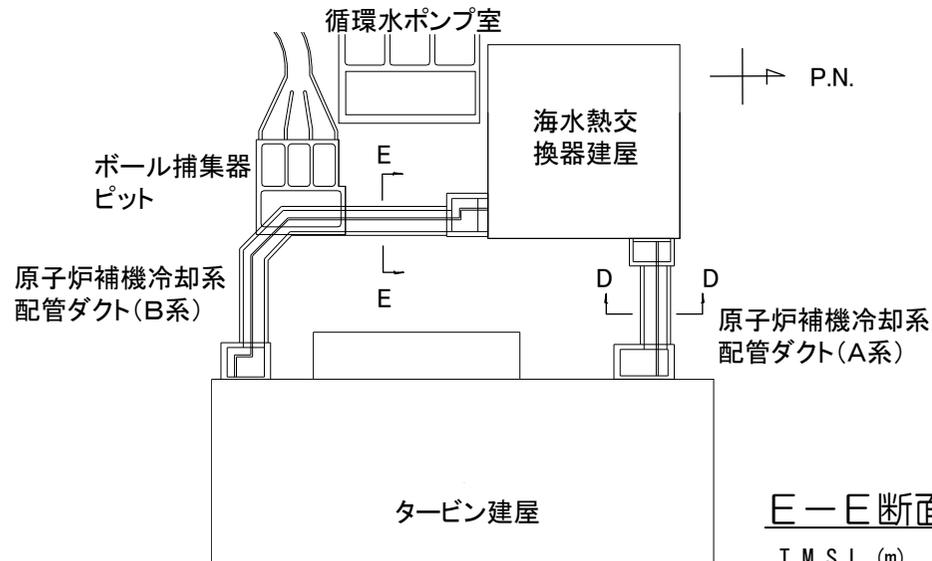
C-C断面図



1. 2 屋外重要土木構造物の概要 (2)

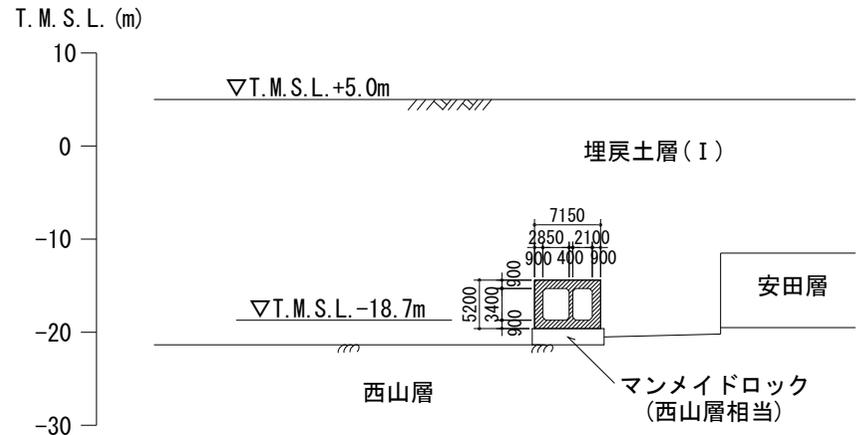
■ 原子炉補機冷却系配管ダクト

平面図



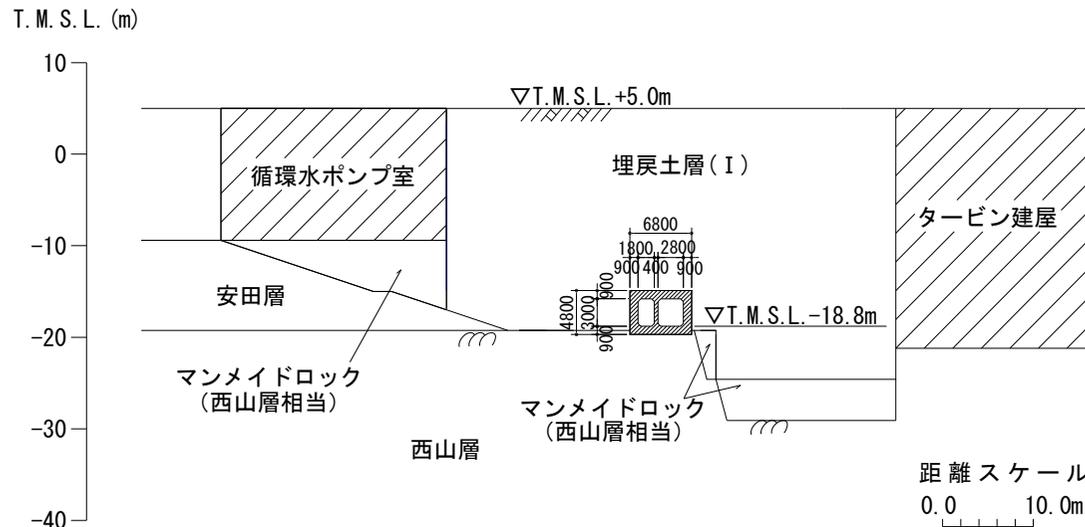
距離スケール
0.0 20.0m

D-D断面図



距離スケール
0.0 10.0m

E-E断面図

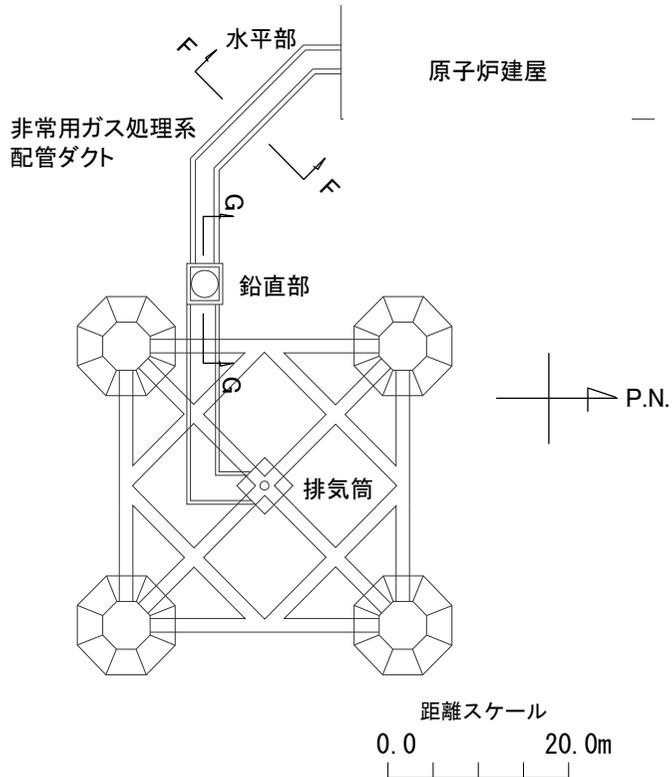


距離スケール
0.0 10.0m

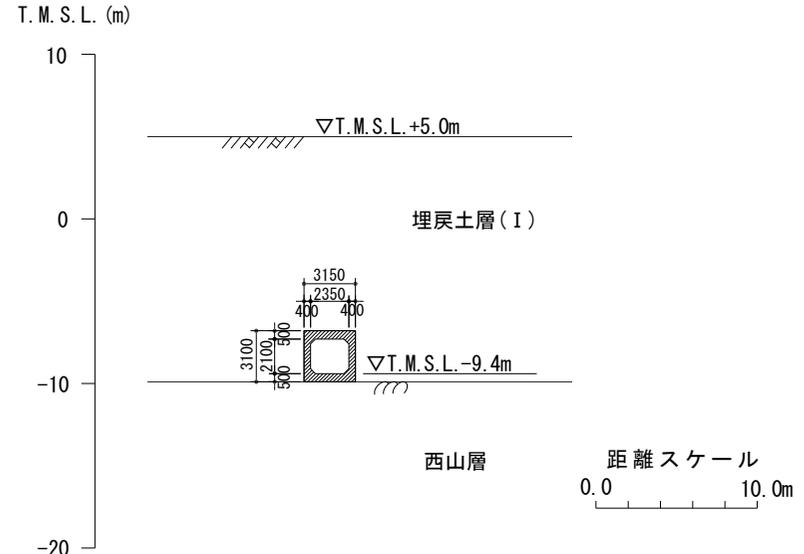
1. 2 屋外重要土木構造物の概要 (3)

非常用ガス処理系配管ダクト

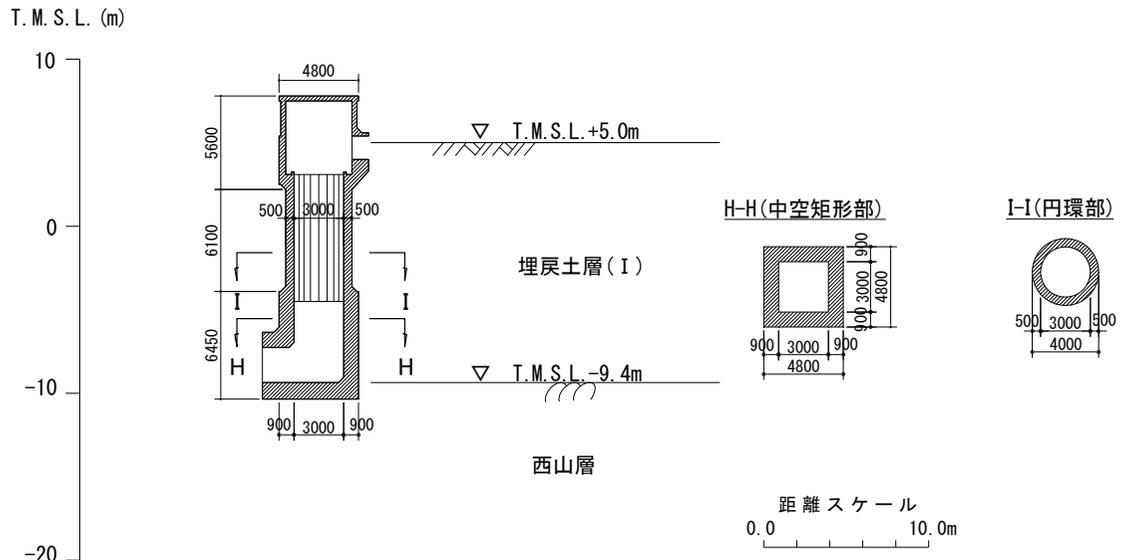
平面図



F-F断面図



G-G断面図



■ 本日も報告する内容

1. 屋外重要土木構造物の概要

2. 点検

3. 耐震健全性評価

4. 総合評価

5. (参考) 「解放基盤波」を用いた評価

6. (参考) 非常用取水路の軸方向の評価

2. 1 点検方法（1）

■ 判定基準

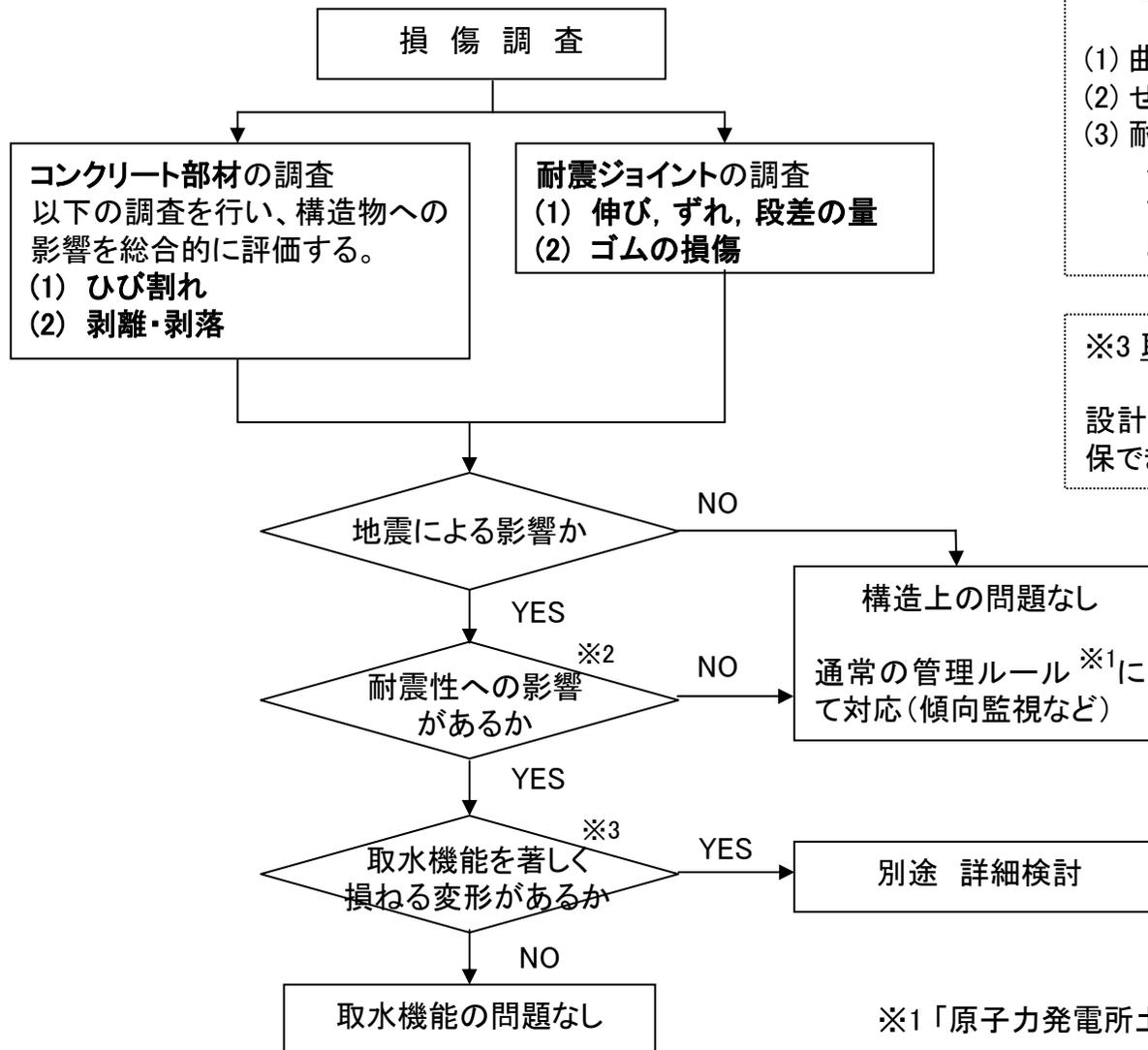
非常用取水路	原子炉補機冷却系配管ダクト 非常用ガス処理系配管ダクト
取水機能に影響を与える破損等がないこと	配管支持機能に影響を及ぼす破損等がないこと

■ 点検項目：目視点検を主体とした点検を実施

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
(1) コンクリート部材の調査 ● ひび割れ ● 剥離・剥落 (2) 耐震ジョイントの調査 ● 変位量（伸び、ずれ、段差） ● ゴムの損傷	(1) コンクリート部材の調査 ● ひび割れ ● 剥離・剥落

2. 1 点検方法 (2)

■点検のフロー (非常用取水路)



※2 耐震性への影響の判断基準

- (1) 曲げ破壊を示すひび割れがないこと
- (2) せん断破壊を示すひび割れがないこと
- (3) 耐震ジョイントの限界性能(ゴムの破断)
 - 伸び 300mm以下
 - ずれ 400mm以下
 - 段差 400mm以下

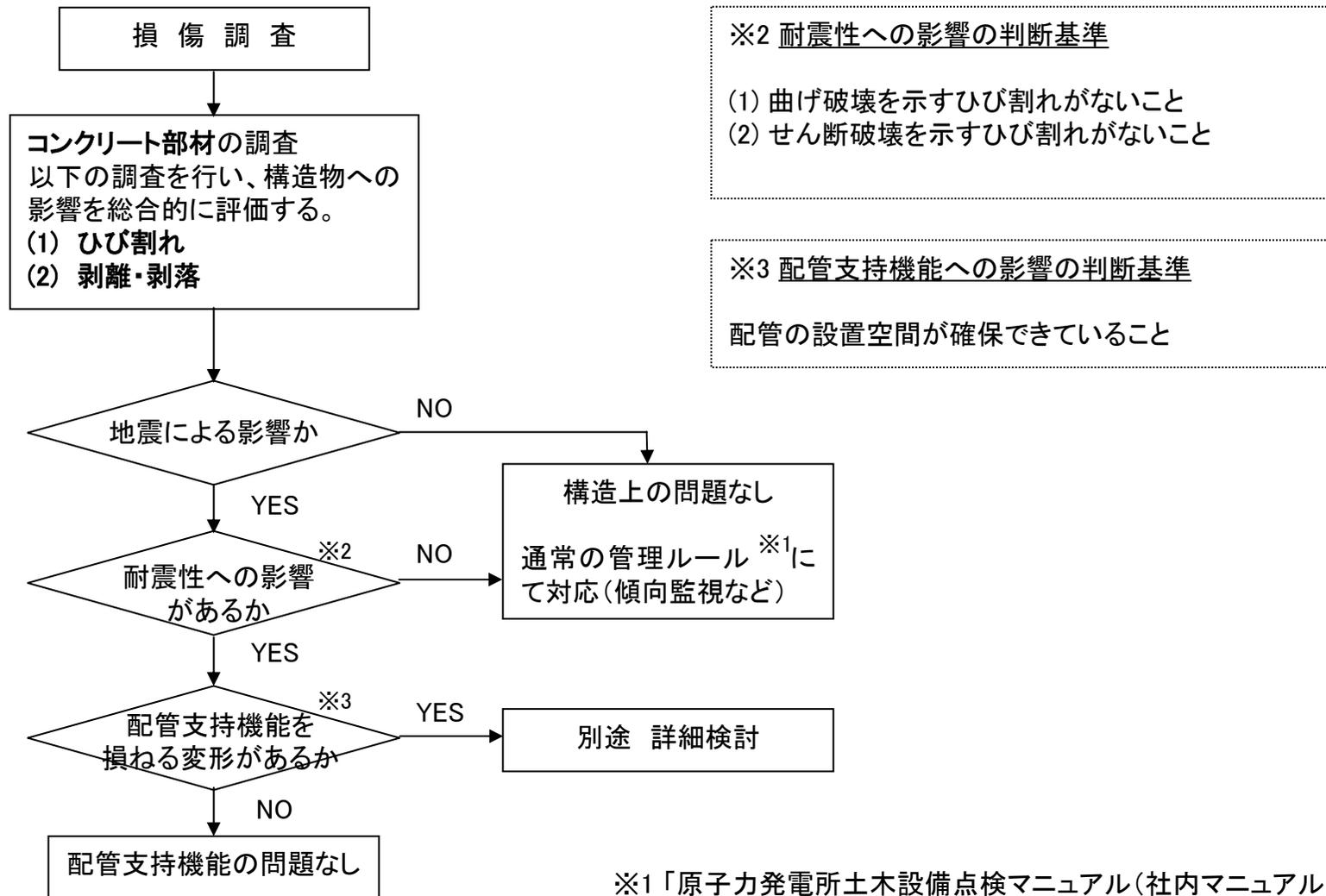
※3 取水機能への影響の判断基準

設計上必要な取水量を流下させる通水断面が確保できていること

※1「原子力発電所土木設備点検マニュアル(社内マニュアル)」

2. 1 点検方法 (3)

■点検のフロー (配管ダクト)



2. 2 非常用取水路 点検結果

■非常用取水路 確認状況

種類		状況
コンクリート部材	ひび割れ	認められない
	剥離・剥落	認められない
耐震ジョイント	変位量	最大伸び20mm、最大段差15mm、最大ずれ10mm
	ゴムの損傷	認められない

コンクリート部材には、本地震に起因することを否定できない損傷（ひび割れ等）は認められない。また、耐震ジョイントの一部に変位が認められるものの、構造上問題となるものではなく、設計上必要な取水量を流下させる通水断面が確保できていることから、取水機能に影響を与えるものではないことを確認。

2. 3 配管ダクト 点検結果

■ 原子炉補機冷却系配管ダクト 確認状況

種類		状況
コンクリート部材	ひび割れ	底版・側壁・隔壁・頂版：最大幅0.5mm
	剥離・剥落	認められない

一部に局所的な損傷（ひび割れ）が認められるものの、構造上問題となるものではなく、配管設置空間が確保できていることから、配管支持機能に影響を及ぼすものではないことを確認。

■ 非常用ガス処理系配管ダクト 確認状況

種類		状況
コンクリート部材	ひび割れ	側壁：最大幅0.1mm
	剥離・剥落	認められない

一部に損傷（ひび割れ）が認められるものの、構造上問題となるものではなく、配管設置空間が確保できていることから、配管支持機能に影響を及ぼすものではないことを確認。

2. 4 まとめ

■点検結果のまとめ

原子炉補機冷却系配管ダクトの一部に局所的な損傷（ひび割れ）が認められるものの、非常用取水路、原子炉補機冷却系配管ダクトおよび非常用ガス処理系配管ダクトの各部位で要求性能を損なうような事象は確認されなかった。

(参考) 指摘事項に関する回答

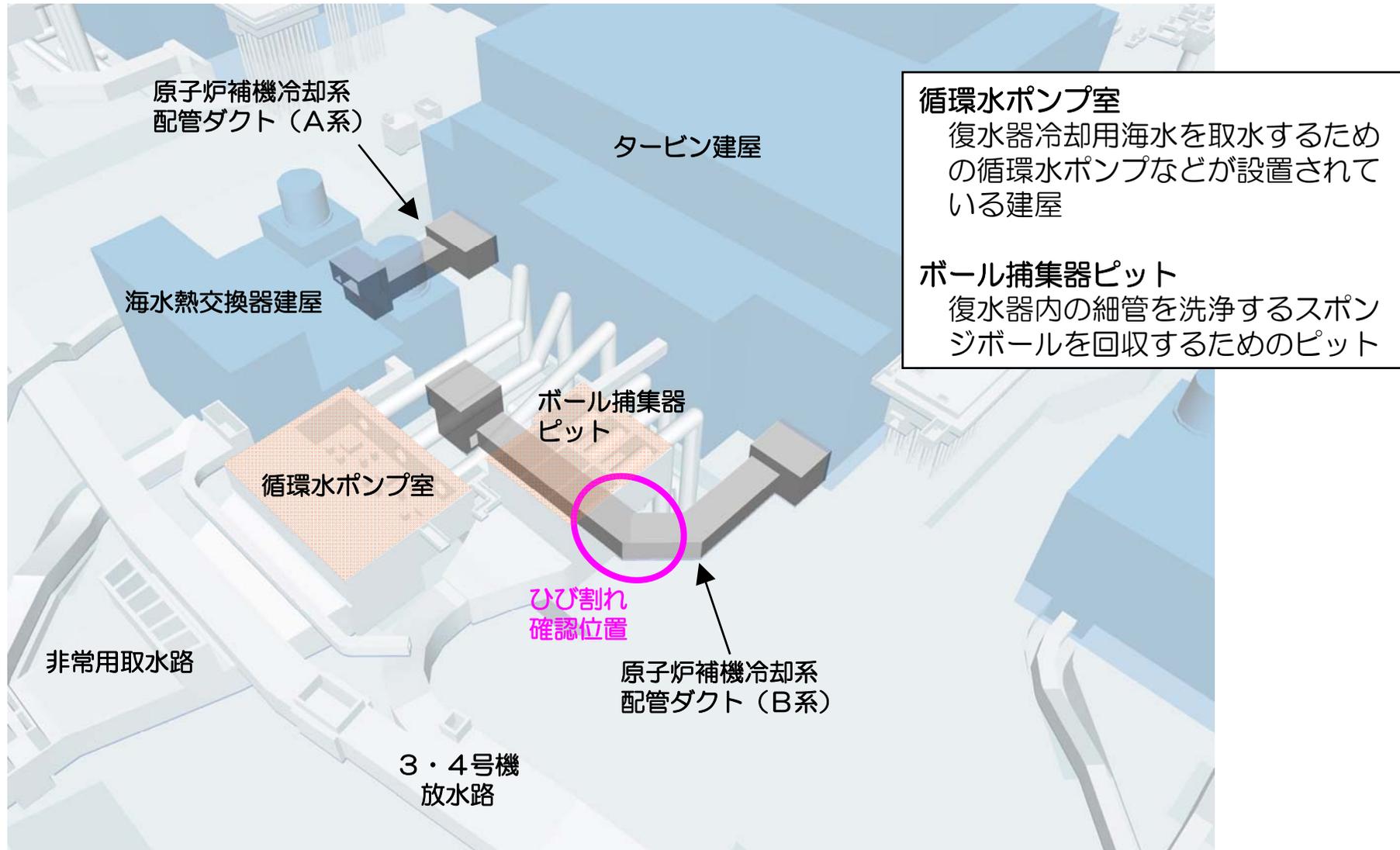
屋外重要土木構造物に対する立入検査・現地調査（3号機第1回、平成20年11月14日）における指摘事項

原子炉補機冷却系配管ダクト（B系）において、一部に使用されているマンメイドロックについては、解析上の取扱いに配慮すること。

（構造W23-2）

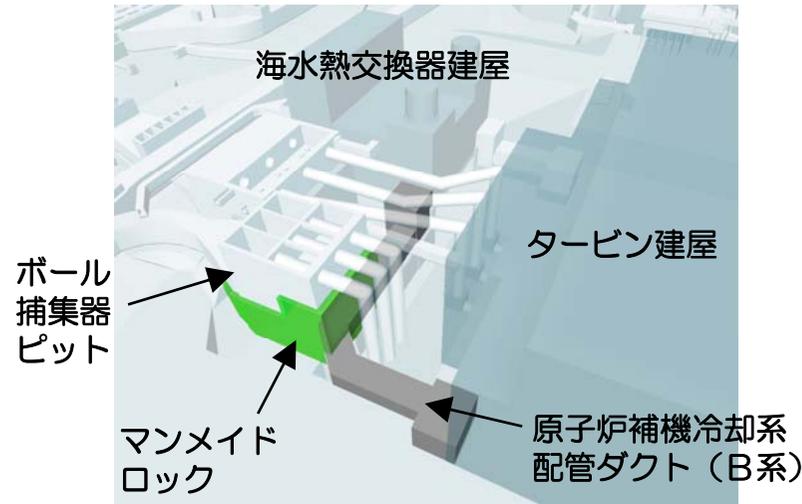
(参考) 指摘事項に関する回答

■ 原子炉補機冷却系配管ダクト（B系）のひび割れ確認位置



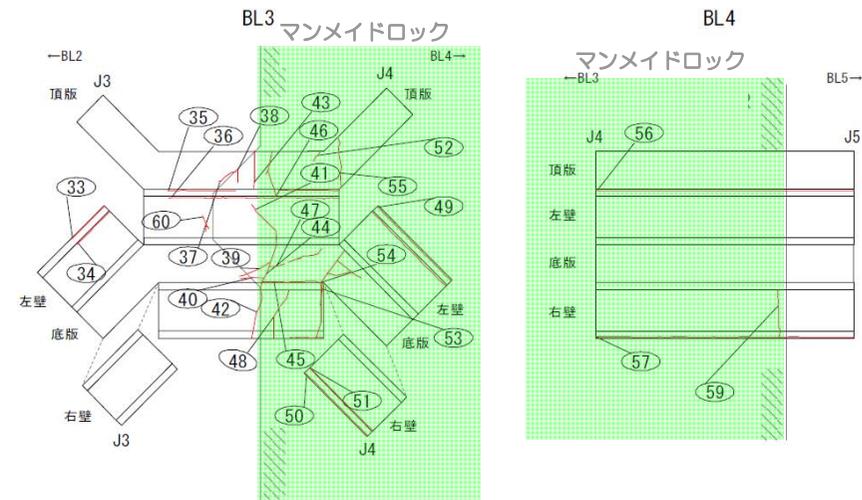
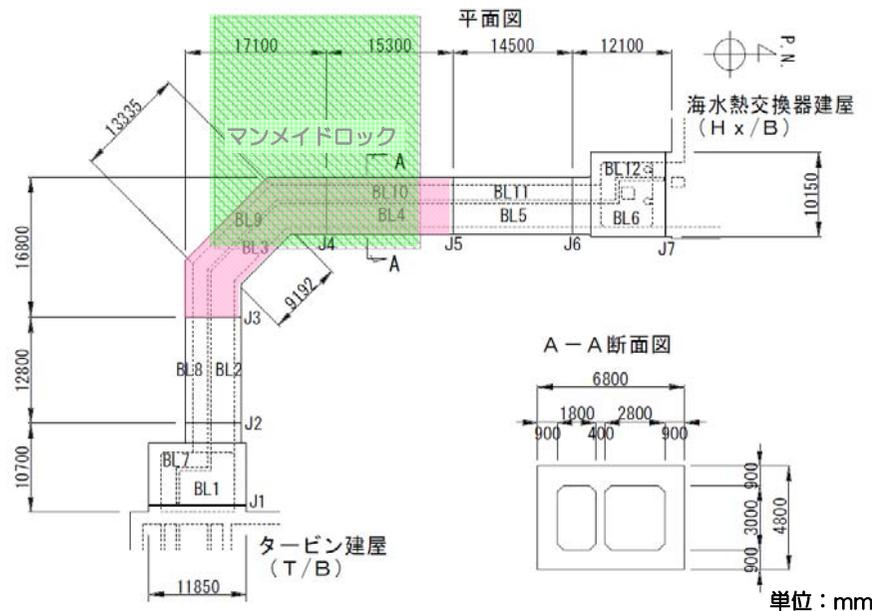
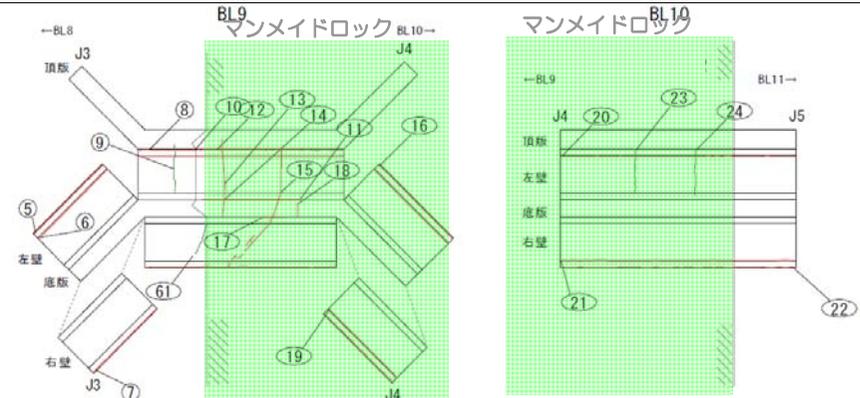
(参考) 指摘事項に関する回答

■ 原子炉補機冷却系配管ダクト (B系) のひび割れ状況



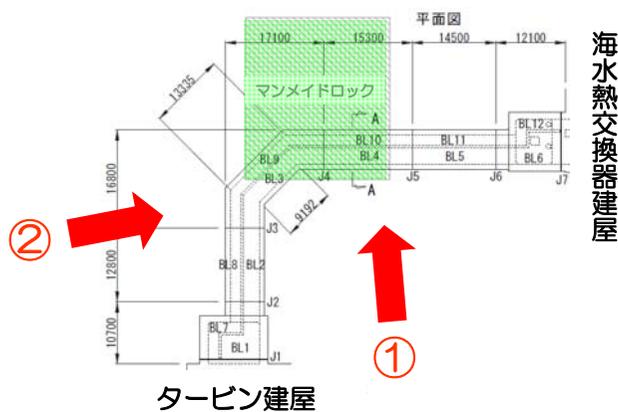
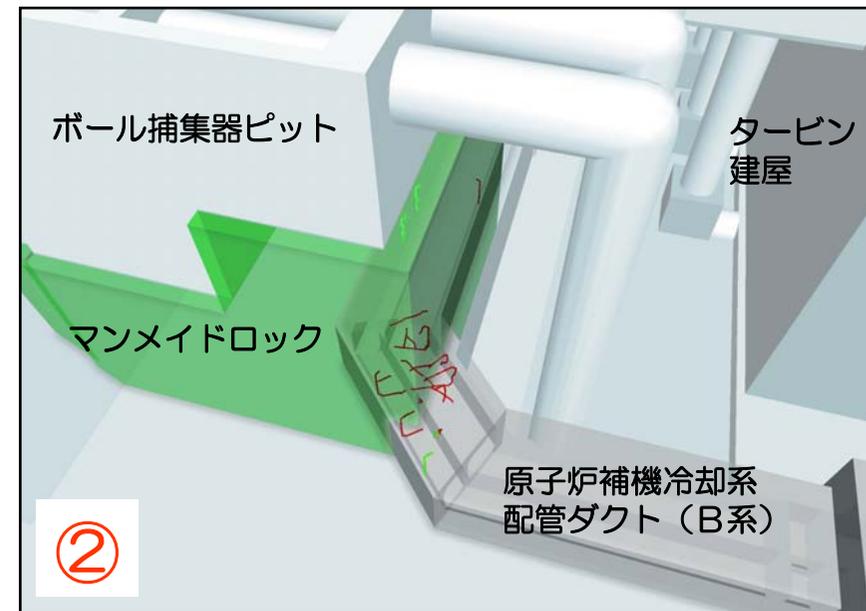
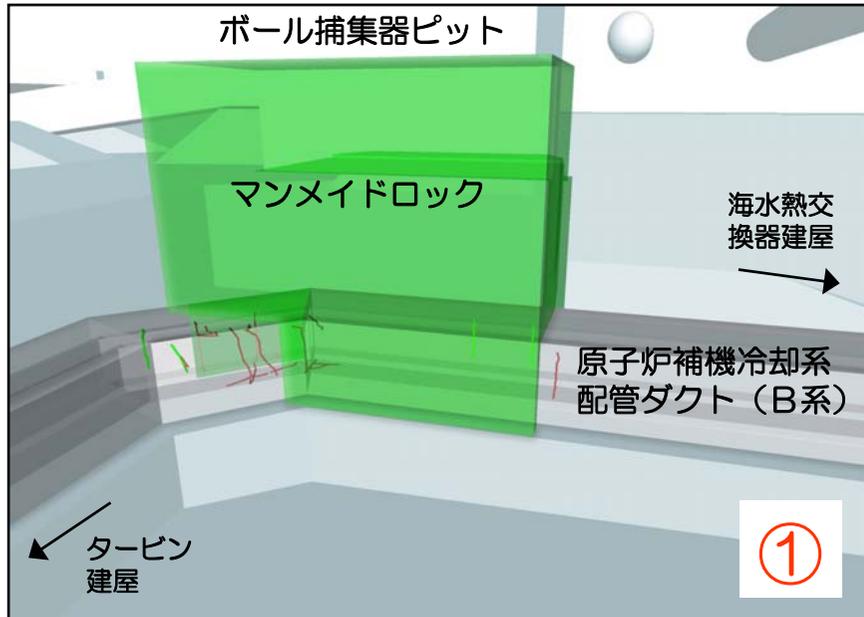
—凡例— : ひび割れ ■ : 地震に起因することを否定できない損傷のうち 今回の地震以前の点検により確認されていたもの

■ : 地震に起因することを否定できない損傷のうち 今回の地震以前の点検により確認されていなかったもの



(参考) 指摘事項に関する回答

■ 原子炉補機冷却系配管ダクト (B系) のひび割れ状況



- ・ マンメイドロックの端部に、軸直交方向の不規則なひび割れを確認。
- ・ これらのうち一部のひび割れは、新潟県中越沖地震の以前からも確認。

新潟県中越沖地震の以前から生じていたひび割れが、マンメイドロックによる影響を受けて進展したものと考えられる。

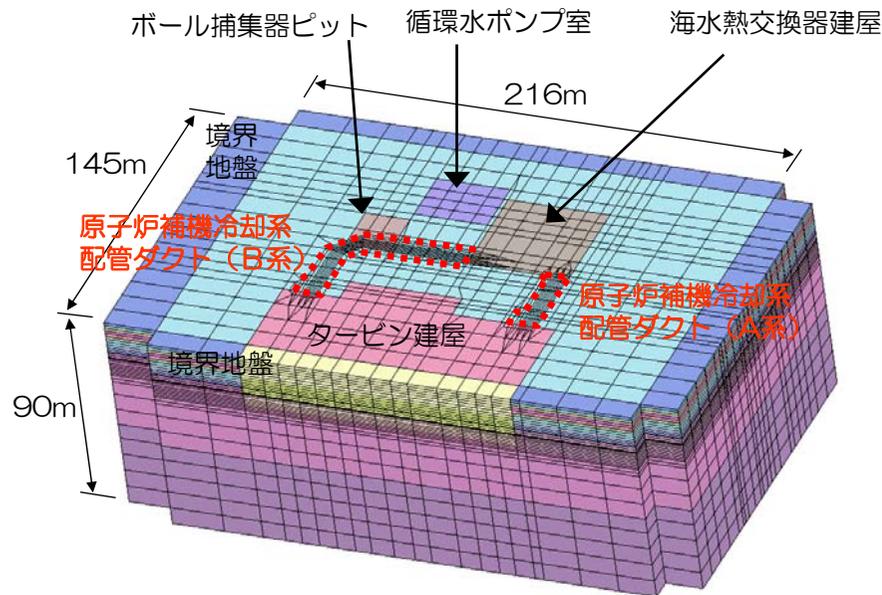
(参考) 指摘事項に関する回答

■ 三次元地震応答解析による検討

(点検結果に基づく推定)

新潟県中越沖地震の以前から生じていたひび割れが、マンメイドロックによる影響を受けて進展

マンメイドロックや近接構造物などの影響を考慮できる**三次元地震応答解析**を実施し、配管ダクト（B系）で確認されたひび割れの発生原因について検討



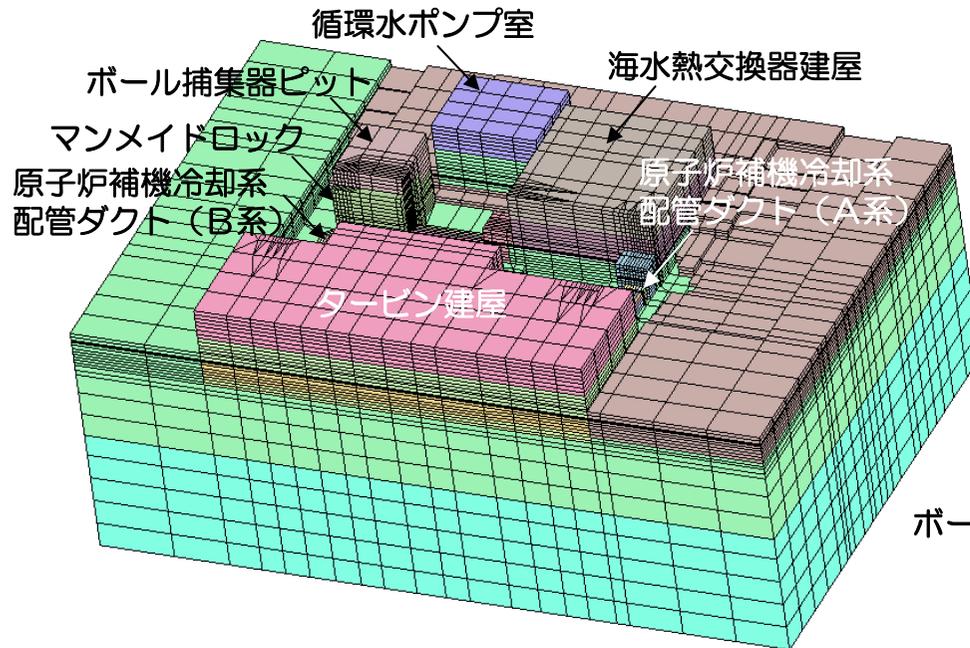
三次元地震応答解析モデル

<解析の概要>

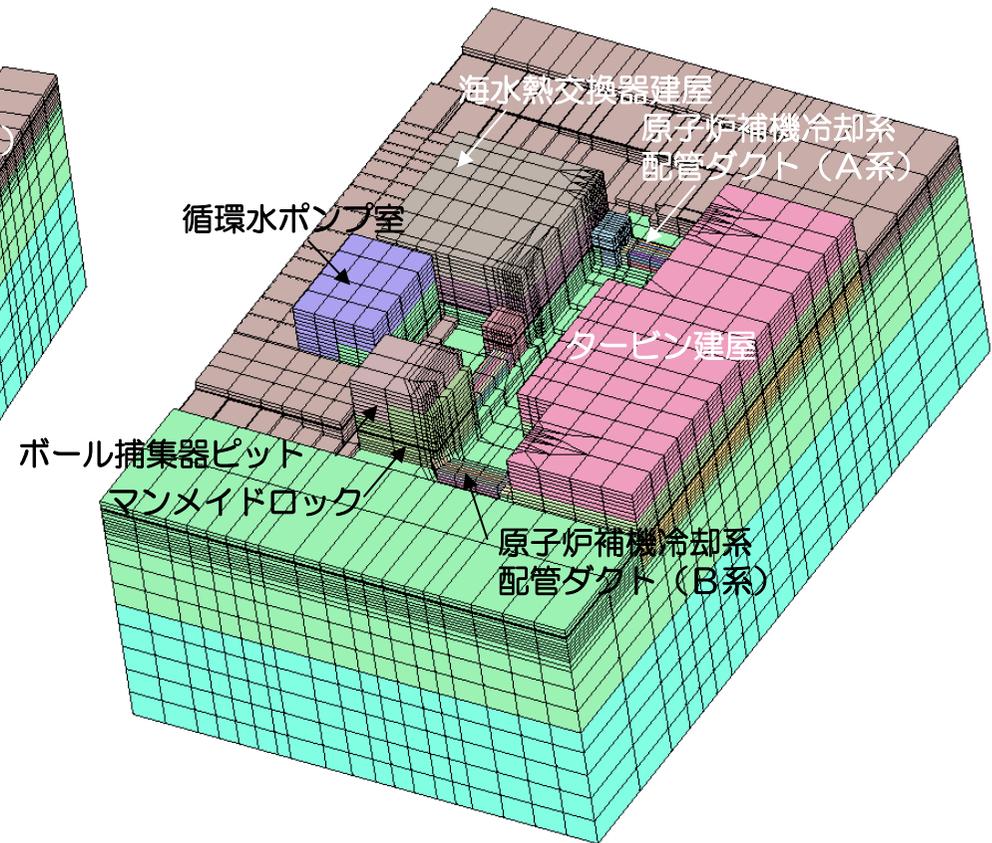
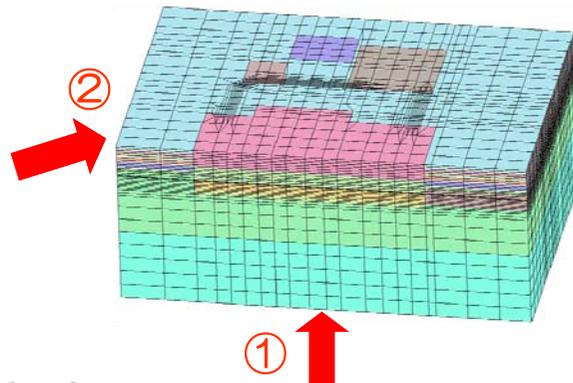
- ・解析手法：三次元地震応答解析手法（COM3）
- ・モデル化：
 - 地盤
 - ⇒ ソリッド要素（非線形）
 - 原子炉補機冷却系配管ダクト
 - ⇒ 積層シェル要素（非線形）
 - 耐震ジョイント・目地はジョイント要素でモデル化
 - その他構築物
 - ⇒ ソリッド要素（線形，等価剛性）
- ・入力地震動：原子炉建屋の基礎版上での観測記録
- ・地盤・材料物性値：耐震健全性評価と同様

(参考) 指摘事項に関する回答

■ 三次元地震応答解析モデル（埋戻土層を除いて表示）



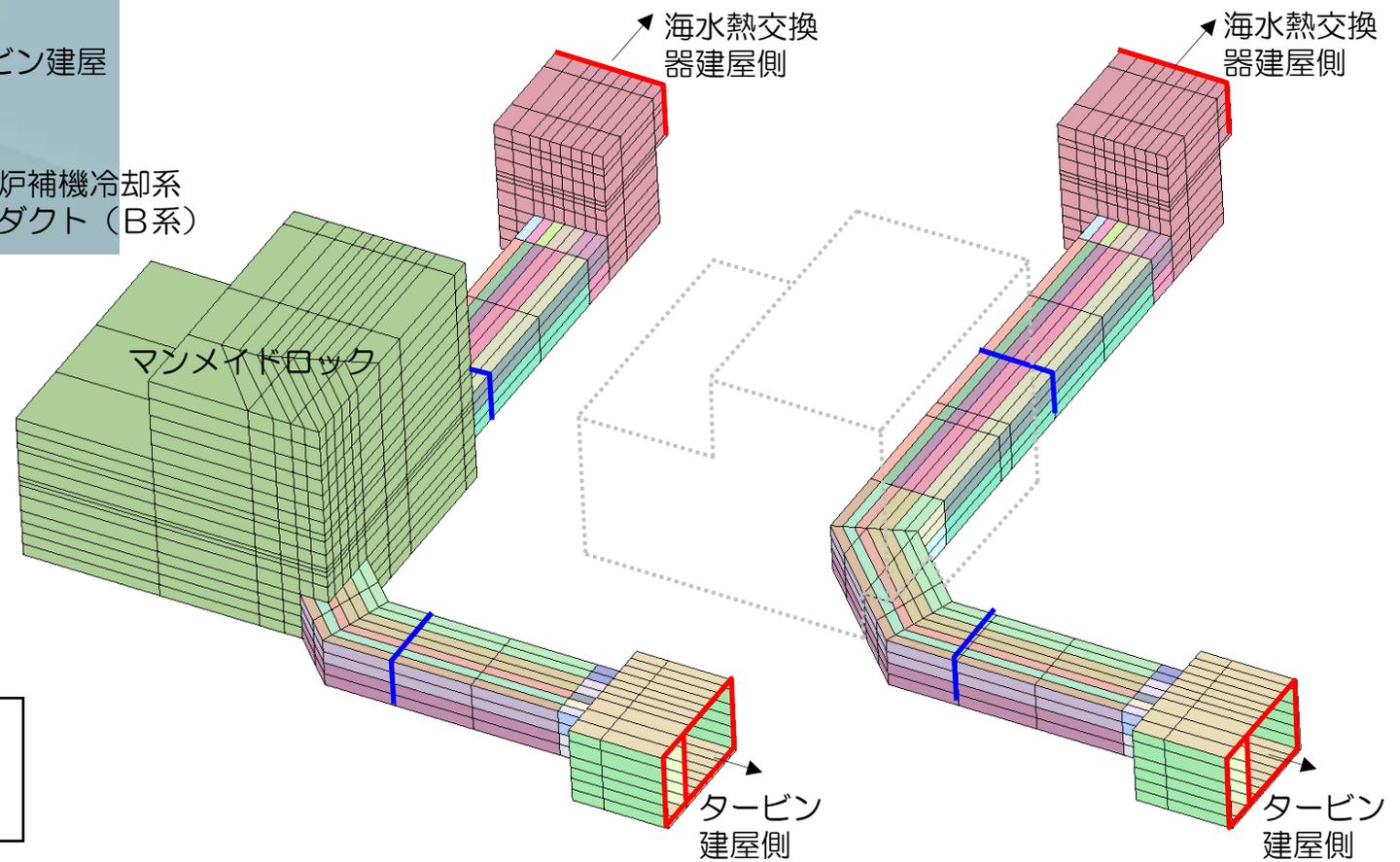
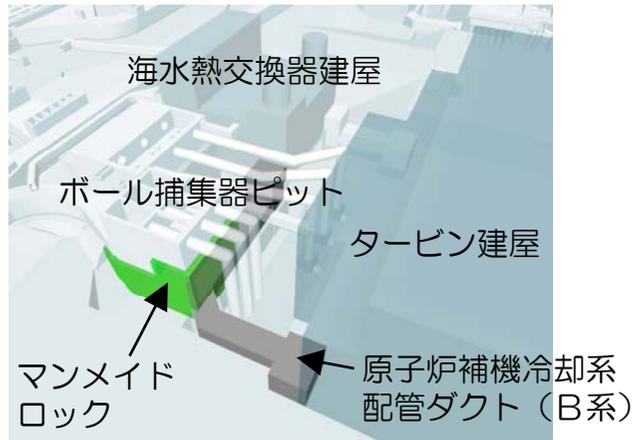
解析モデル (①)



解析モデル (②)

(参考) 指摘事項に関する回答

■三次元地震応答解析モデル（配管ダクト（B系））

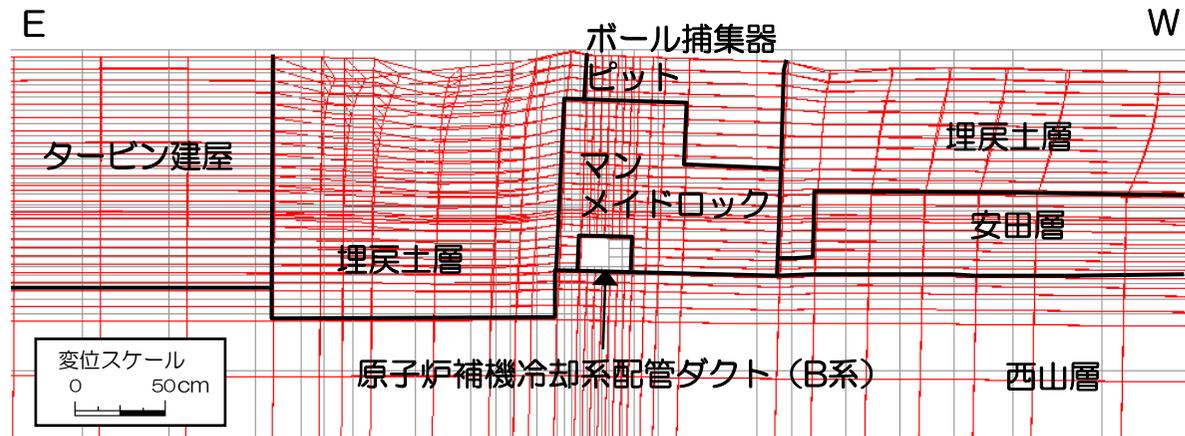
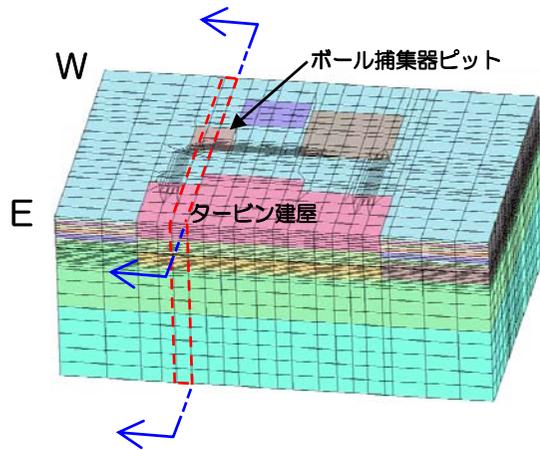


マンメイドロックを表示

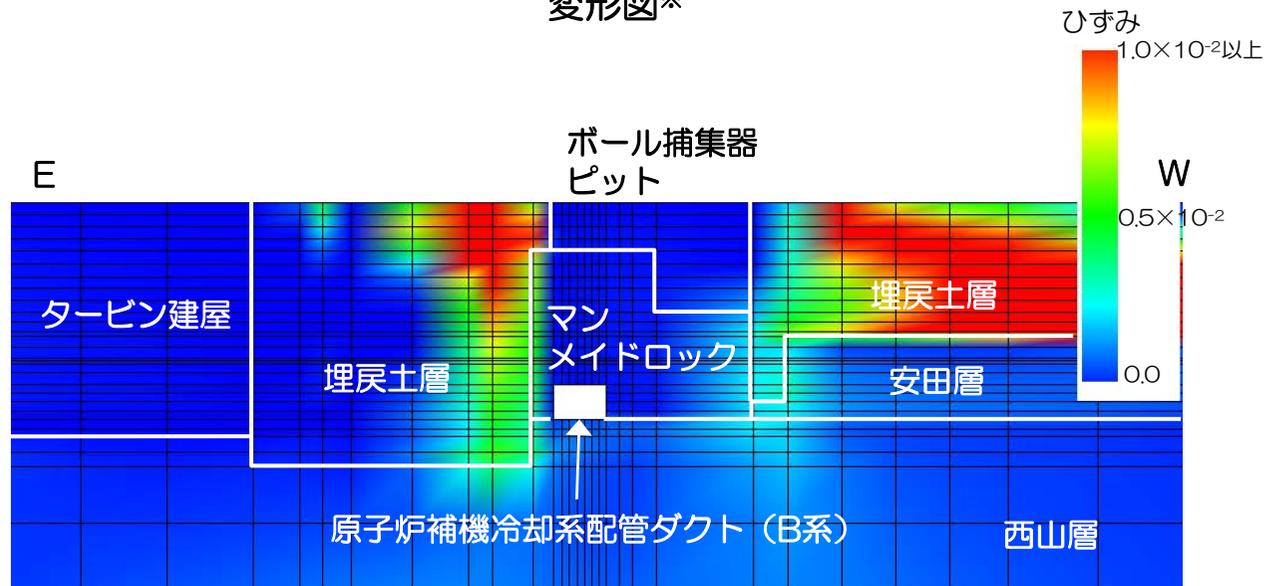
マンメイドロックを非表示

(参考) 指摘事項に関する回答

■ 三次元地震応答解析結果



変形図※

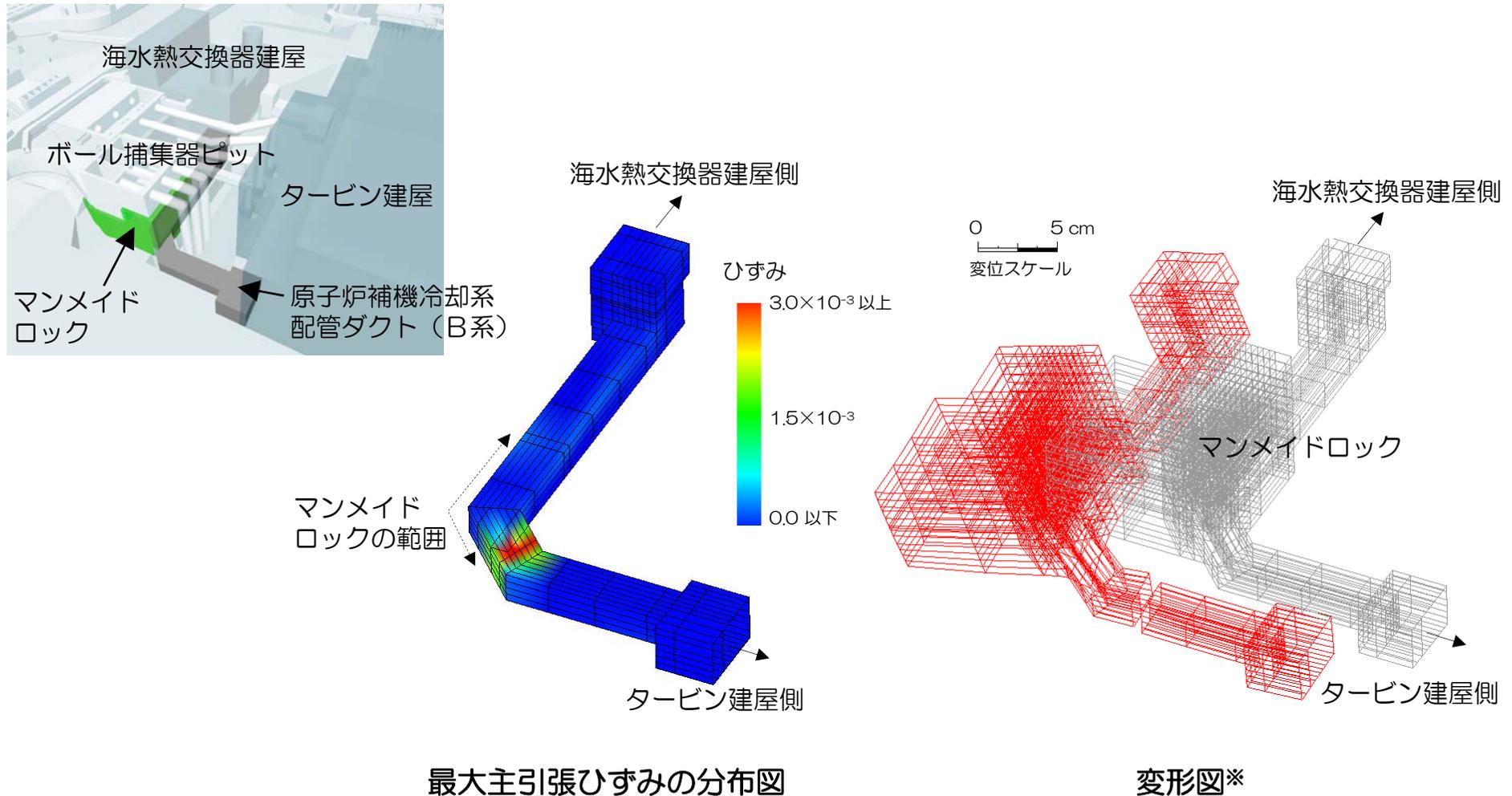


せん断ひずみ分布図※

※ 配管ダクト (B系) の層間変形角が最大となる時刻 (14.58秒) を表示

(参考) 指摘事項に関する回答

■三次元地震応答解析結果（配管ダクト（B系））



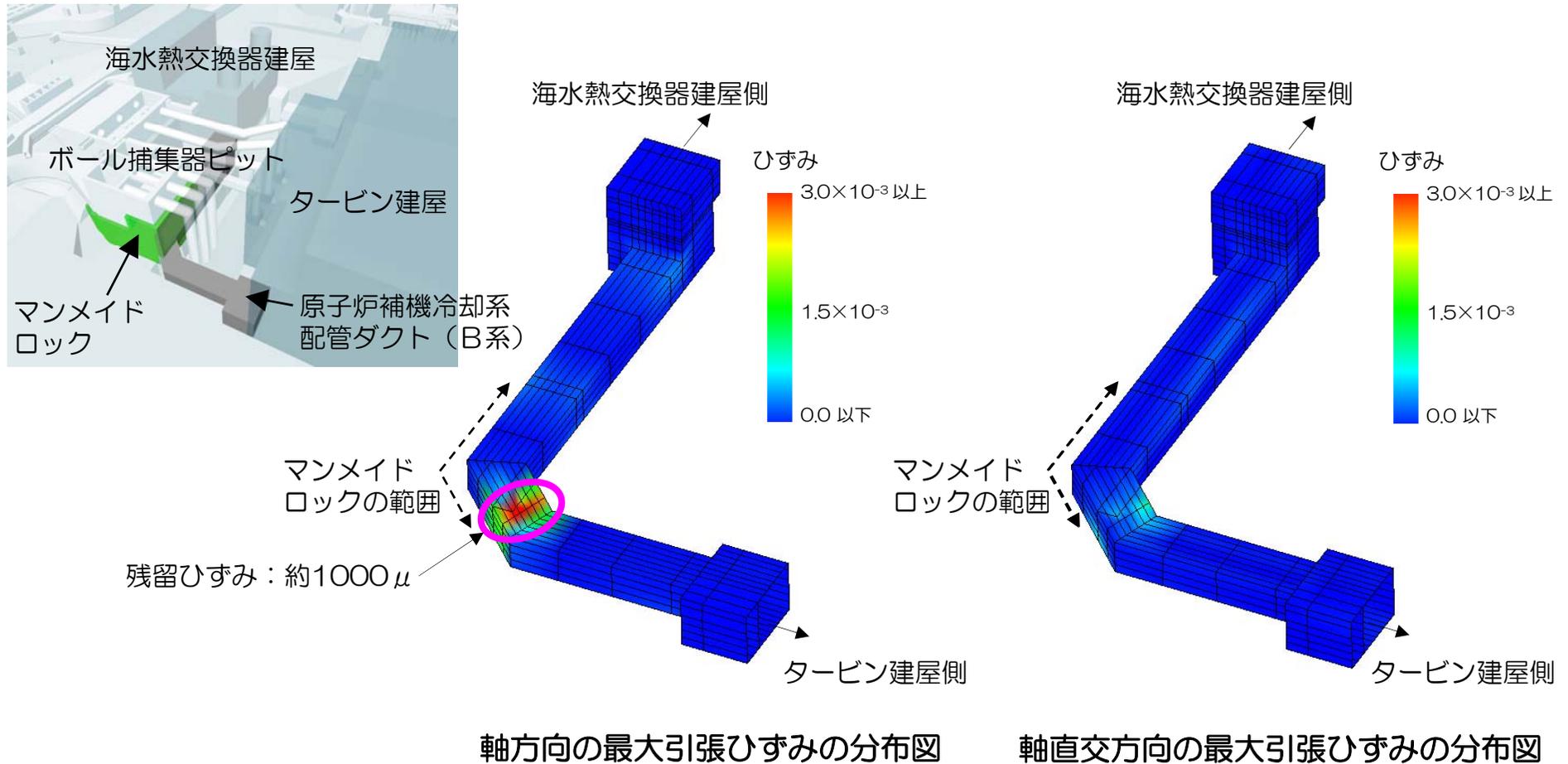
最大主引張ひずみの分布図

変形図※

※最大主引張ひずみが発生する時刻（14.53秒）を表示

(参考) 指摘事項に関する回答

■ 三次元地震応答解析結果 (配管ダクト (B系))



引張ひずみは、原子炉補機冷却系配管ダクト (B系) の軸方向 (配力鉄筋方向) で卓越して発生しており、確認されたひび割れが軸直交方向に発生していることと一致している。

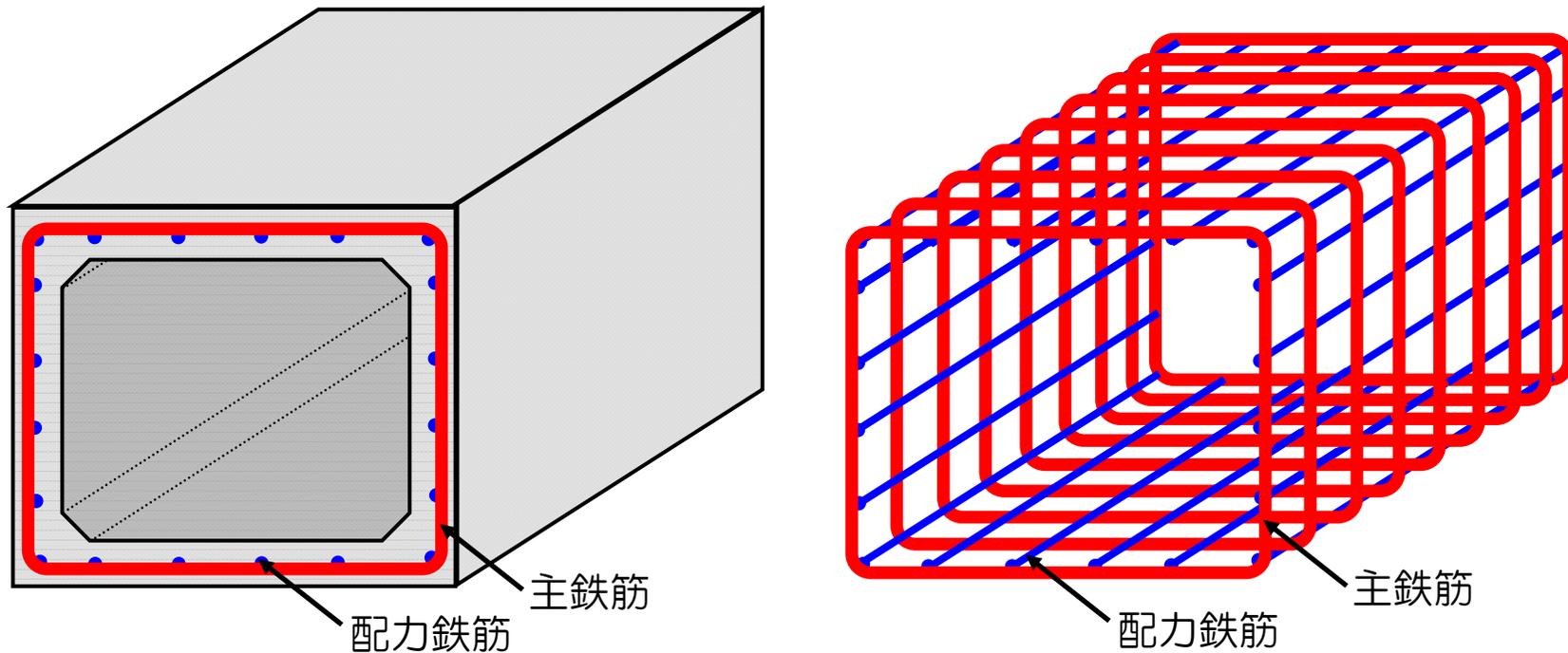
(参考) 指摘事項に関する回答

■ 配管ダクトの配筋

配力鉄筋

応力を分布させる目的で、正鉄筋または負鉄筋と、普通の場合、直角に配置される鉄筋

※「2007年制定 コンクリート標準示方書（設計編）
土木学会」より



イメージ図

引張ひずみが卓越している成分は、配力鉄筋方向であり、主鉄筋方向ではないことから、構造上問題となることはない。

(参考) 指摘事項に関する回答

■ 配管ダクト（B系）のひび割れ発生原因のまとめ

(点検の結果)

- ・マンメイドロックの端部にひび割れが確認されており、これらのうち一部のひび割れは、新潟県中越沖地震の以前からも確認されている。

(三次元地震応答解析の結果)

- ・埋戻土層のせん断ひずみは大きい、マンメイドロックのせん断ひずみは小さい。
- ・マンメイドロックに囲まれた配管ダクトは、マンメイドロックの拘束効果によって変形が小さい。
- ・マンメイドロックの端部では、配管ダクトの軸方向（配力鉄筋方向）に大きな引張ひずみが生じる。



(ひび割れ発生原因)

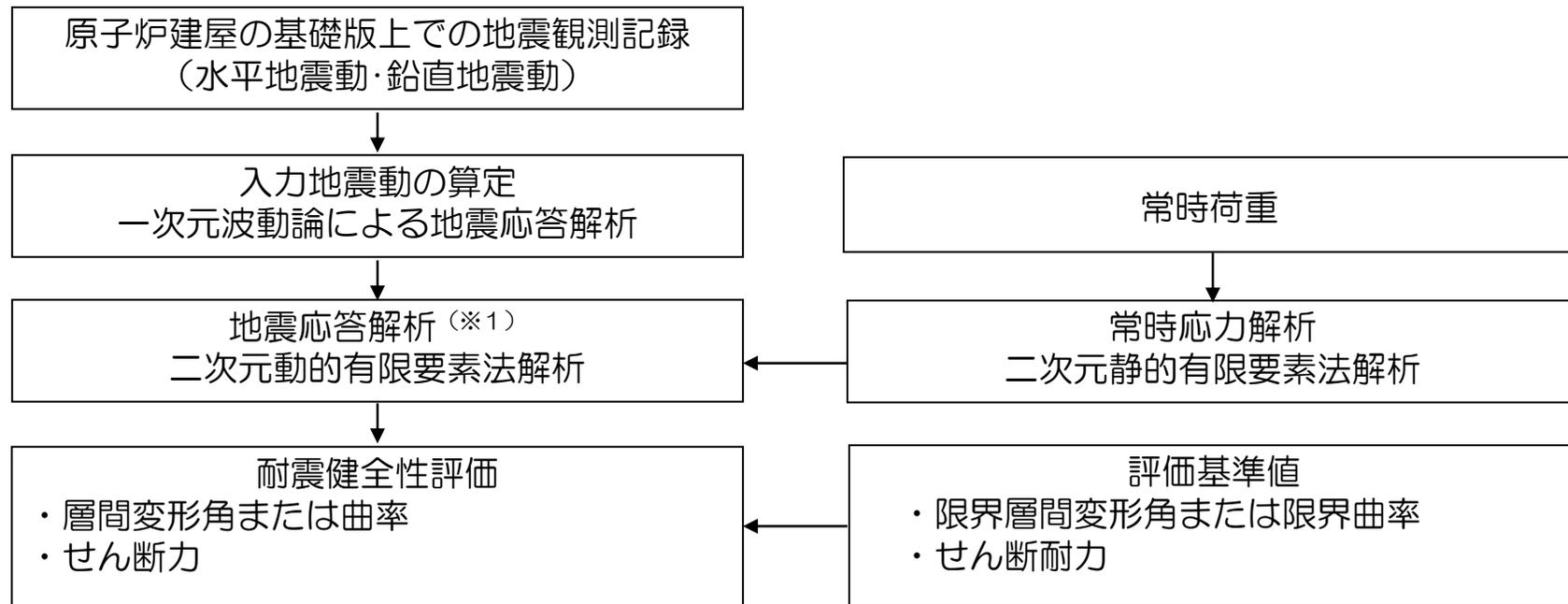
原子炉補機冷却系配管ダクト（B系）において確認されたひび割れは、新潟県中越沖地震の以前から生じていたひび割れが、地震によりマンメイドロックの端部で、その影響を受けて進展したものと考えられる。

■ 本日も報告する内容

1. 屋外重要土木構造物の概要
 2. 点検
 3. 耐震健全性評価
 4. 総合評価
-
5. (参考) 「解放基盤波」を用いた評価
 6. (参考) 非常用取水路の軸方向の評価

3. 1 耐震健全性評価の手順

屋外重要土木構造物の場合には地震観測を行っていないことから、耐震健全性評価にあたっては、原子炉建屋の基礎版上での地震観測記録から地盤一構造物連成系の解析モデル下端における地震動を算定し、これを入力地震動として地震応答解析（※1）を実施する。



耐震健全性評価フロー

3. 2 解析用物性値（1）

（耐震健全性評価における解析用物性値）

- ・ 屋外重要土木構造物のコンクリートおよび鉄筋の材料定数は、構造物の現実的な地震時挙動を適切に評価するために**実強度**を用いる。
- ・ 地盤の物性値は地盤調査や文献調査の結果をもとに設定された値を用いる。

3. 2 解析用物性値 (2)

■ 材料物性値 (非常用取水路)

コンクリート				鉄筋	SD345相当 (SD35)	
圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数*1) (kN/mm ²)	ポアソン比	単位体積重量*2) (kN/m ³)	降伏強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
48.0	32.6	0.2	24	390	200	0.3

*1) 「コンクリート標準示方書 (設計編)、土木学会、2007」に示された圧縮強度とヤング係数の関係を用いて算定

*2) 鉄筋コンクリートとしての単位体積重量

■ 地盤物性値 (非常用取水路)

地層区分	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比	初期せん断弾性係数 (kN/m ²)	せん断弾性係数と 減衰定数のひずみ依存性
埋戻土層 (I)	19.6(18.6)*1)	0.33	$1,980 \times \sigma_v^{0.667}$ *2)	ひずみ依存性を考慮
埋戻土層 (II)	18.2	0.38	2.06×10^5	
洪積粘性土層 (I)	17.8	0.48	1.24×10^5	
洪積粘性土層 (II)	17.8	0.48	1.74×10^5	
洪積粘性土層 (III)	16.7	0.47	2.21×10^5	
洪積砂層 (I)	18.3	0.47	2.29×10^5	
洪積砂層 (II)	18.5	0.48	2.06×10^5	
砂礫層	18.0	0.48	2.13×10^5	
西山層	西山層上限面~T.M.S.L-46.0m	15.8	2.84×10^5	
	~T.M.S.L-60.0m	16.2	4.64×10^5	

*1) () は湿潤単位体積重量 *2) σ_v : 有効上載圧 (kN/m²)

3. 2 解析用物性値 (3)

■ 材料物性値 (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)

コンクリート				鉄筋	SD345相当 (SD35)	
圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数* ¹ (kN/mm ²)	ポアソン比	単位体積重量* ² (kN/m ³)	降伏強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	ポアソン比
46.0	32.2	0.2	24	390	200	0.3

*1) 「コンクリート標準示方書 (設計編)、土木学会、2007」に示された圧縮強度とヤング係数の関係を用いて算定

*2) 鉄筋コンクリートとしての単位体積重量

■ 地盤物性値 (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 (kN/m ³)	ポアソン比	初期せん断弾性係数 (kN/m ²)	せん断弾性係数と 減衰定数のひずみ依存性
埋戻土層 (I)		19.6(18.6)* ¹	0.33	$1,980 \times \sigma_v^{0.667}$ * ²	ひずみ依存性を考慮
安田層		18.0	0.47	2.26×10^5	
西山層	西山層上限面~T.M.S.L-46.0m	15.8	0.46	2.84×10^5	
	~ T.M.S.L-60.0m	16.2	0.45	4.64×10^5	

*1) () は湿潤単位体積重量

*2) σ_v : 有効上載圧 (kN/m²)

3. 3 近接構造物（1）

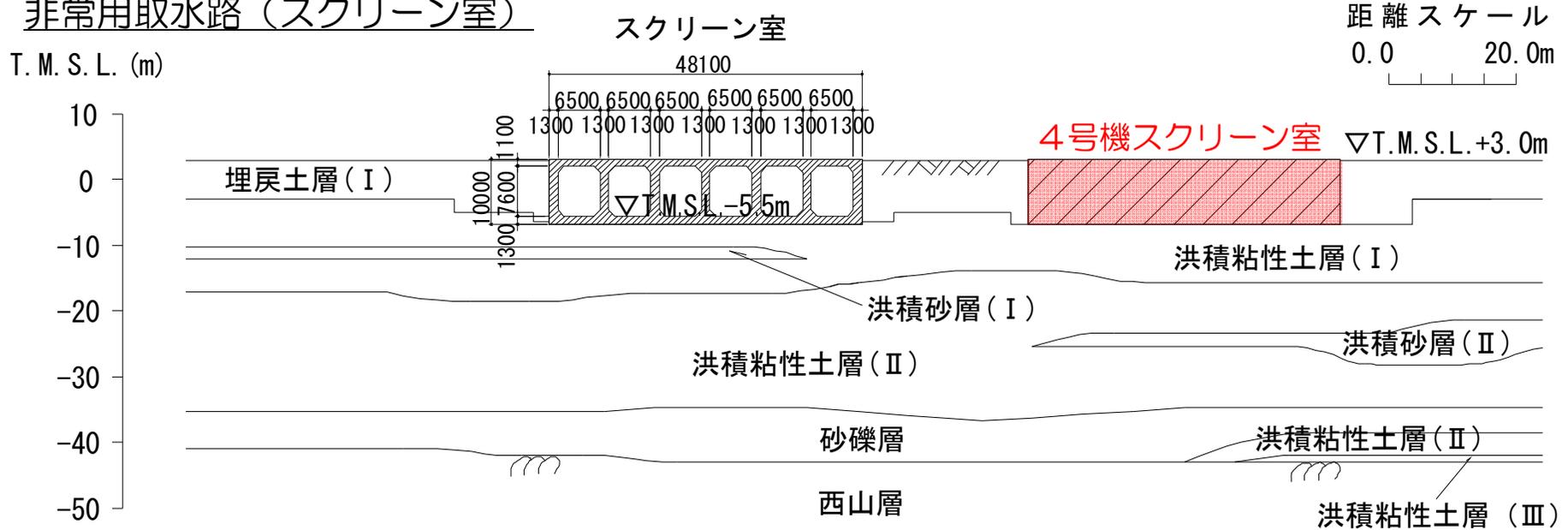
構造物の現実的な地震時挙動を適切に評価するために、対象設備の地震時挙動に影響を及ぼす可能性がある**近接構造物**を解析モデルに反映する。

解析対象断面	考慮した近接構造物
スクリーン室	4号機スクリーン室
補機冷却用海水取水路	取水路
原子炉補機冷却系配管ダクト（B系）	タービン建屋、循環水ポンプ室

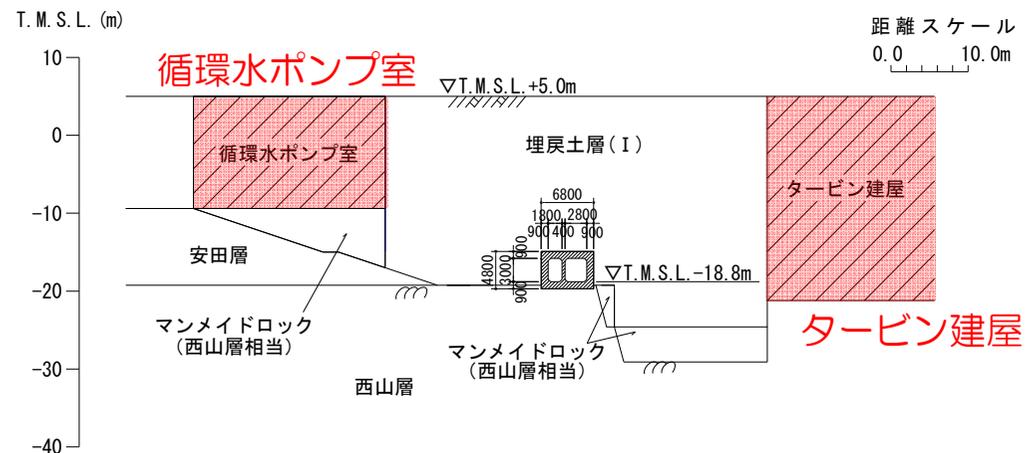
3. 3 近接構造物 (2)

■ 解析モデルに反映する近接構造物の例

非常用取水路 (スクリーン室)

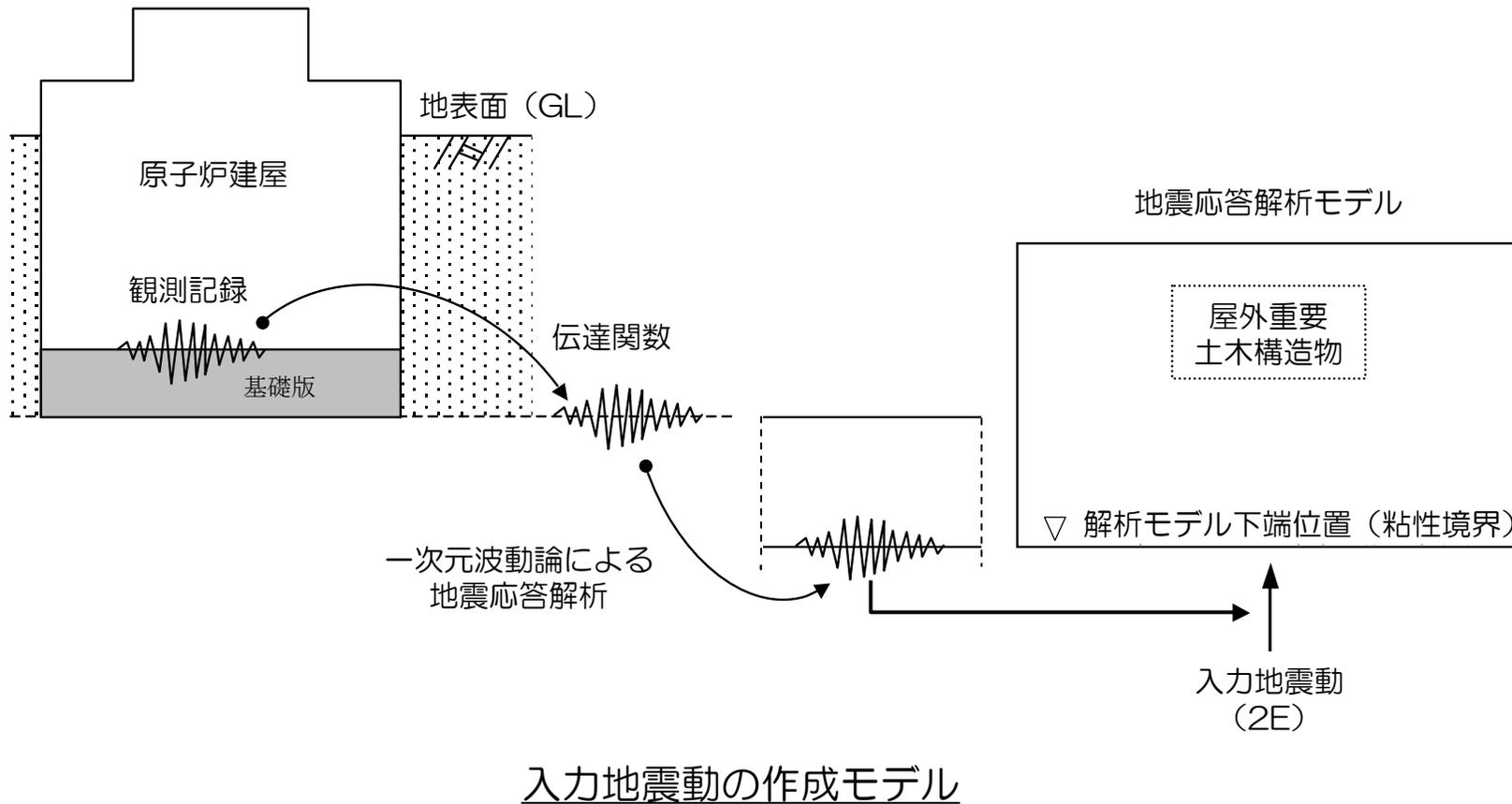


原子炉補機冷却系配管ダクト (B系)



3. 4 入力地震動

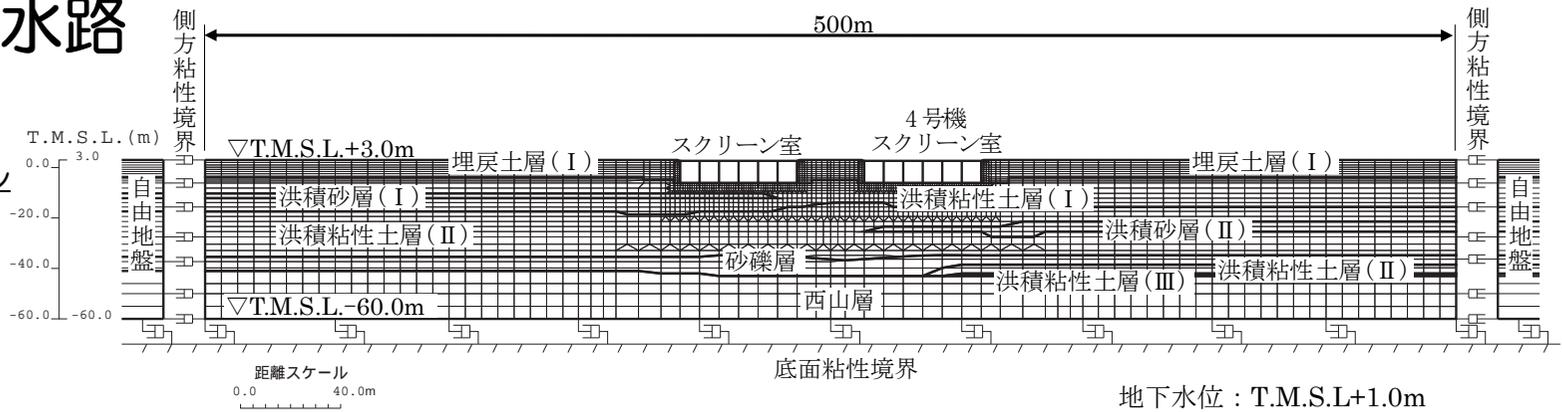
地震応答解析モデルへの入力地震動は、新潟県中越沖地震における**3号機原子炉建屋の基礎版上での観測記録**を用いて一次元波動論による地震応答解析を行い、地盤—構造物連成系の地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。



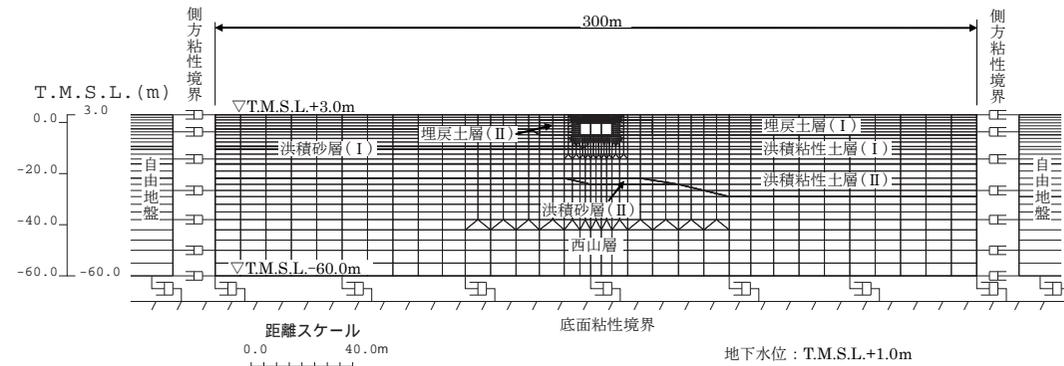
3. 5 解析モデル (1)

■非常用取水路

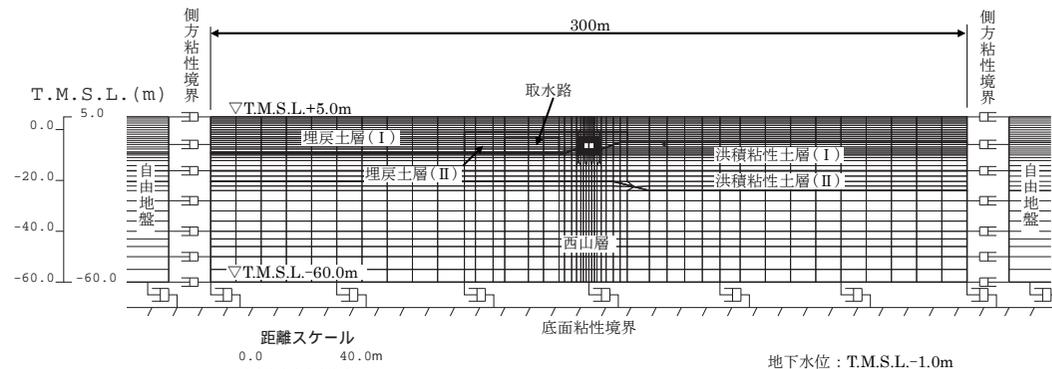
スクリーン室
地震応答解析モデル



取水路
地震応答解析モデル



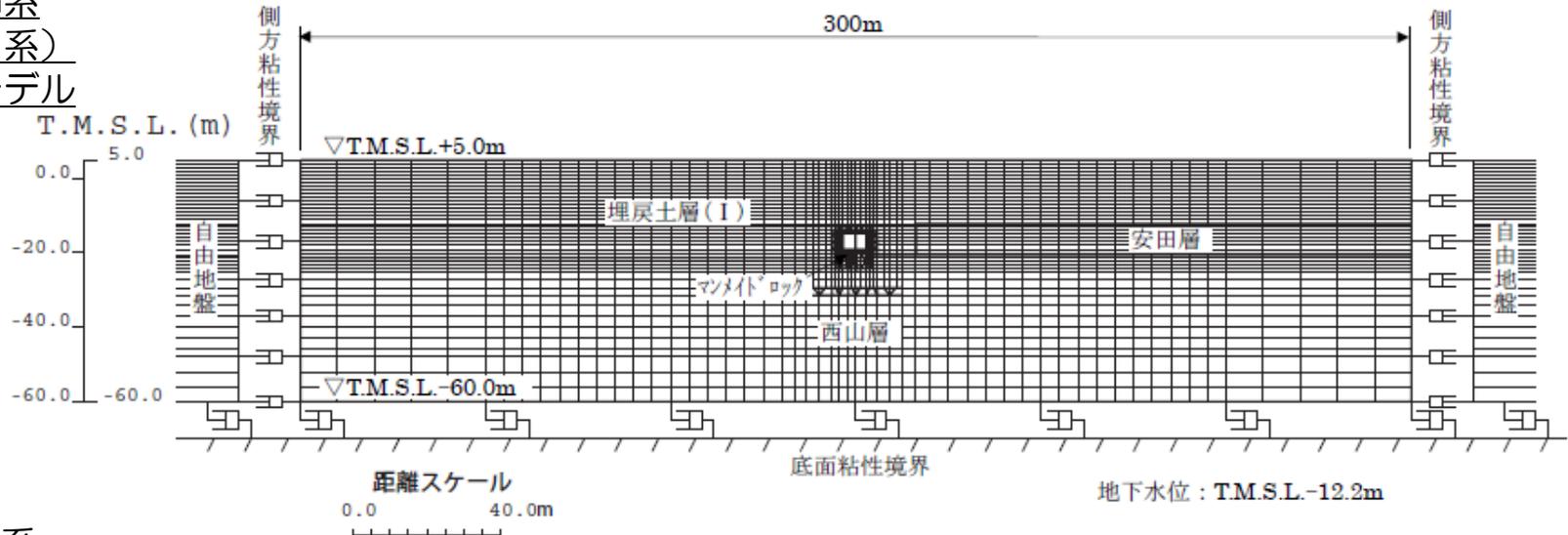
補機冷却用海水取水路
地震応答解析モデル



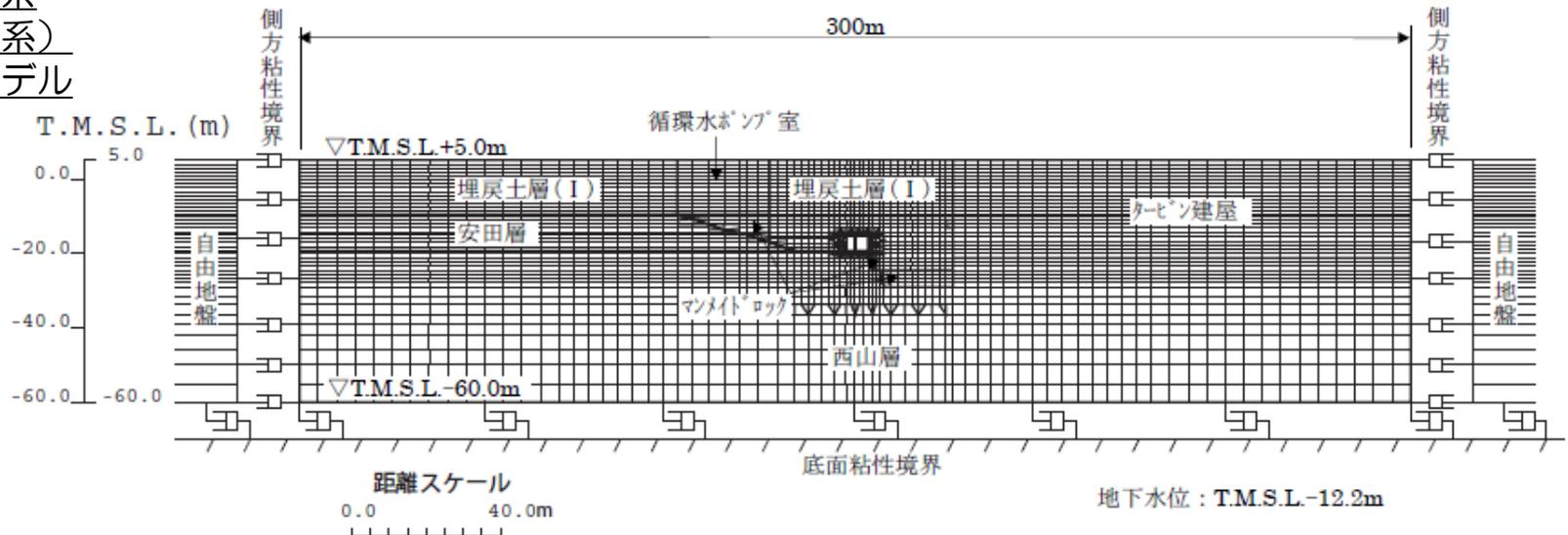
3. 5 解析モデル (2)

■ 原子炉補機冷却系配管ダクト

原子炉補機冷却系
配管ダクト (A系)
地震応答解析モデル



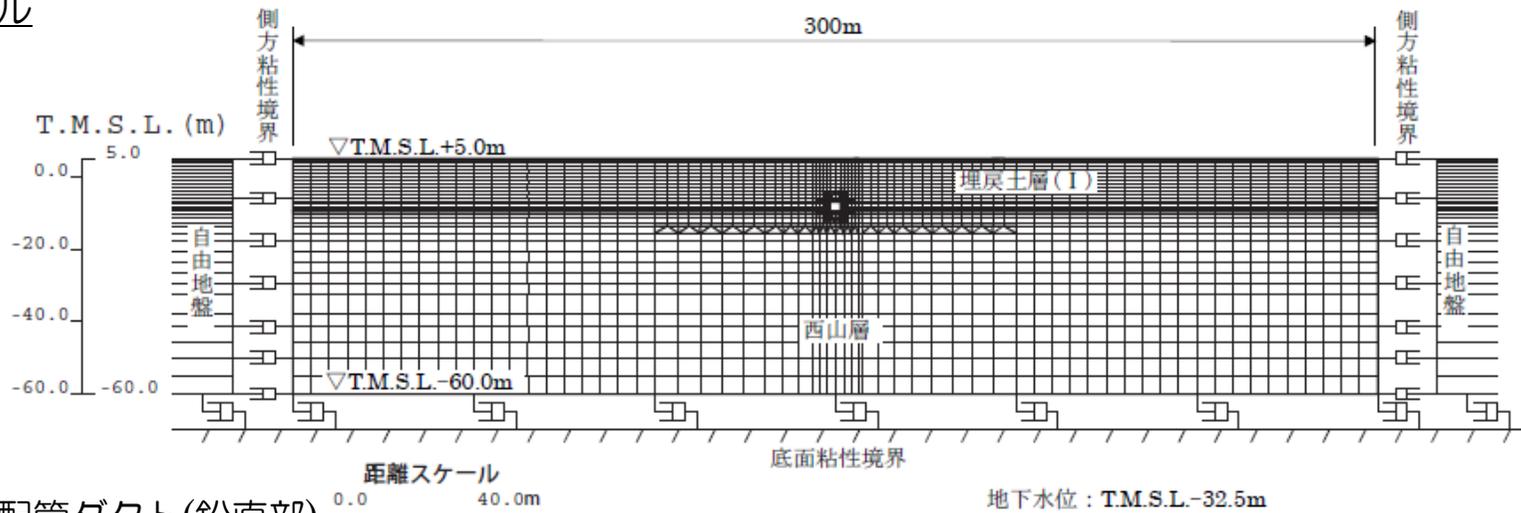
原子炉補機冷却系
配管ダクト (B系)
地震応答解析モデル



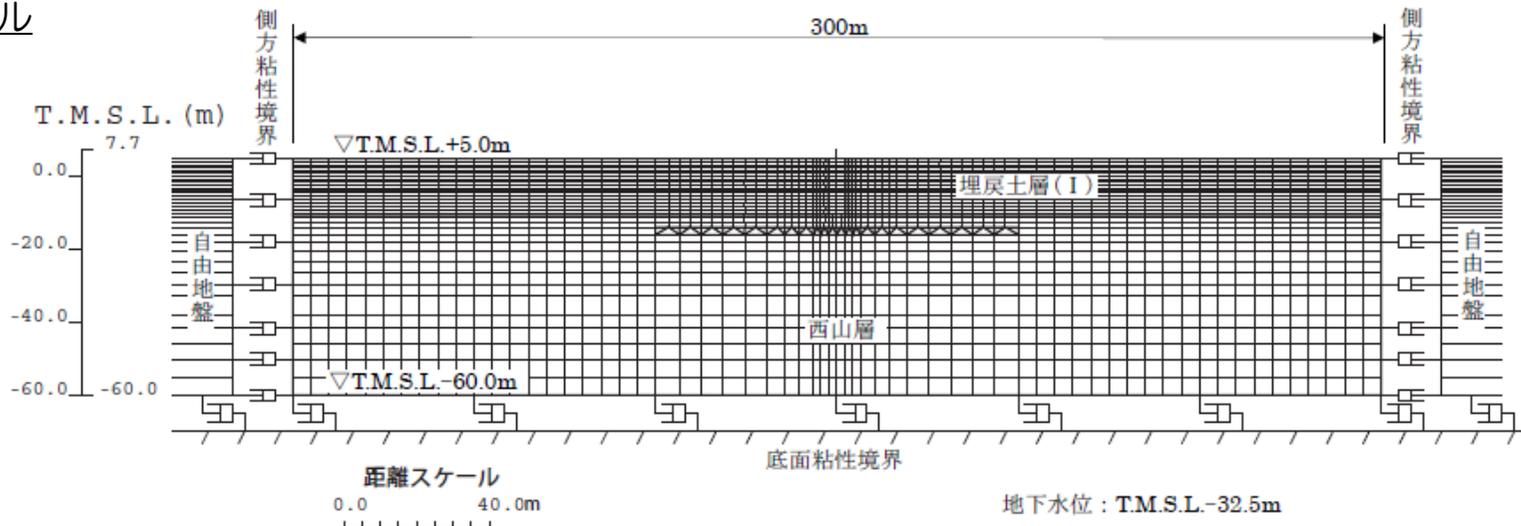
3. 5 解析モデル (3)

■ 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(水平部)
地震応答解析モデル



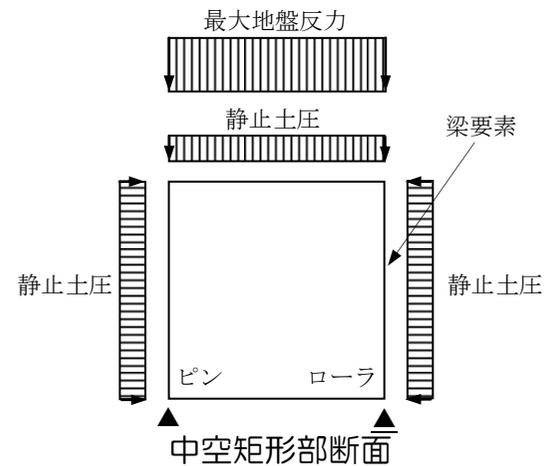
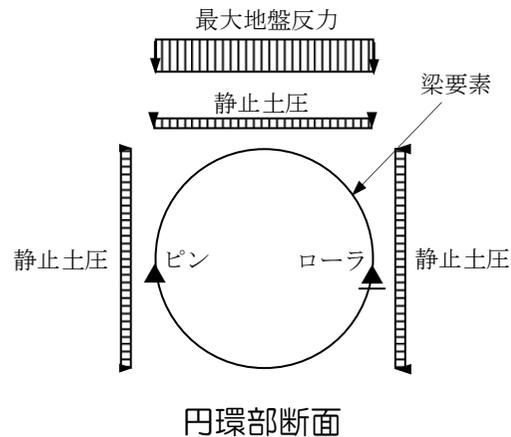
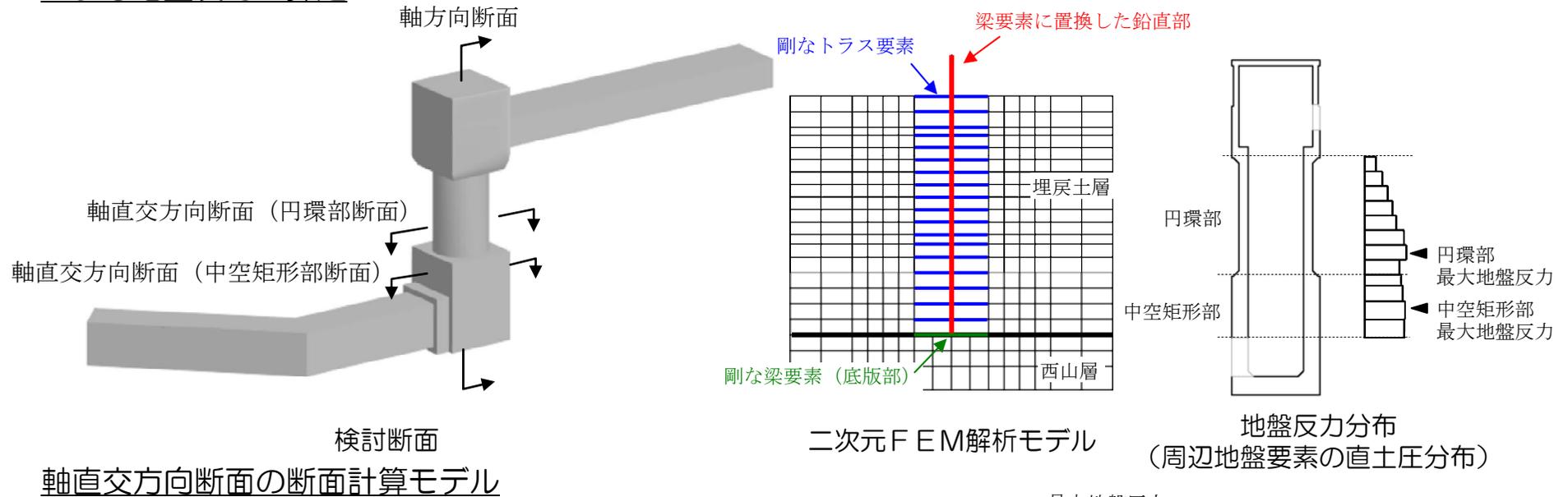
非常用ガス処理系配管ダクト(鉛直部)
地震応答解析モデル



3. 5 解析モデル (4)

■ 非常用ガス処理系配管ダクト (鉛直部)

軸方向断面の二次元動的有限要素法解析
による地盤反力の算定



3. 6 耐震健全性評価結果（1）

■ 層間変形角による照査結果

解析対象断面	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)	頂版～底版	0.0661/100	1/100	0.066
非常用取水路 (取水路)	頂版～底版	0.0682/100	1/100	0.068
非常用取水路 (補機冷却用海水取水路)	頂版～底版	0.161/100	1/100	0.16
原子炉補機冷却系 配管ダクト (A系)	頂版～底版	0.270/100	1/100	0.27
原子炉補機冷却系 配管ダクト (B系)	頂版～底版	0.223/100	1/100	0.22
非常用ガス処理系 配管ダクト (水平部)	頂版～底版	0.249/100	1/100	0.25

3. 6 耐震健全性評価結果（2）

■ 曲率による照査結果

解析対象断面	評価位置	照査用応答値 (1/m)	評価基準値 (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（鉛直部） 軸直交方向断面	円環部	0.0000972	0.232	0.00042
	中空矩形部	0.0000603	0.129	0.00047
非常用ガス処理系 配管ダクト（鉛直部） 軸方向断面	円環部	0.0000819	0.0123	0.0067
	中空矩形部	0.0000392	0.00848	0.0046

3. 6 耐震健全性評価結果（3）

■せん断力による照査結果

解析対象断面	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)	隔壁	466	1,457	0.32
非常用取水路 (取水路)	隔壁	331	831	0.40
非常用取水路 (補機冷却用海水取水路)	隔壁	342	590	0.58
原子炉補機冷却系 配管ダクト（A系）	側壁	896	1,341	0.67
原子炉補機冷却系 配管ダクト（B系）	側壁	951	1,460	0.65
非常用ガス処理系 配管ダクト（水平部）	側壁	372	581	0.64
非常用ガス処理系配管ダクト (鉛直部) 軸直交方向断面	中空矩形部	160	2,192	0.073
非常用ガス処理系配管ダクト (鉛直部) 軸方向断面	円環部	2,515	6,054	0.42

※ 本表には、照査用応答値／評価基準値の値が最も大きい評価位置の評価結果のみ表記

3. 7 まとめ

■耐震健全性評価結果のまとめ

層間変形角または曲率による照査の結果、評価位置における照査用応答値（層間変形角または曲率）は、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。また、せん断力による照査の結果、評価位置における照査用応答値（せん断力）は評価基準値（せん断耐力）を下回ることを確認した。

以上のことから、曲げ、せん断のいずれも評価基準を満足するとともに裕度を有しており、耐震健全性は確保されているものと評価した。

■ 本日も報告する内容

1. 屋外重要土木構造物の概要
2. 点検
3. 耐震健全性評価

4. 総合評価

-
5. (参考) 「解放基盤波」を用いた評価
 6. (参考) 非常用取水路の軸方向の評価

4. 総合評価

■ 総合評価結果

○点検

非常用取水路、原子炉補機冷却系配管ダクトおよび非常用ガス処理系配管ダクトの各部位で要求性能を損なうような事象は確認されなかった。

○耐震健全性評価（地震応答解析）

評価基準を満足するとともに裕度を有していることを確認したことから、設備健全性が確保されているものと評価した。

点検と地震応答解析の両面から評価を行った結果、3号機の非常用取水路、原子炉補機冷却系配管ダクトおよび非常用ガス処理系配管ダクトについての健全性が確保されているものと評価した。

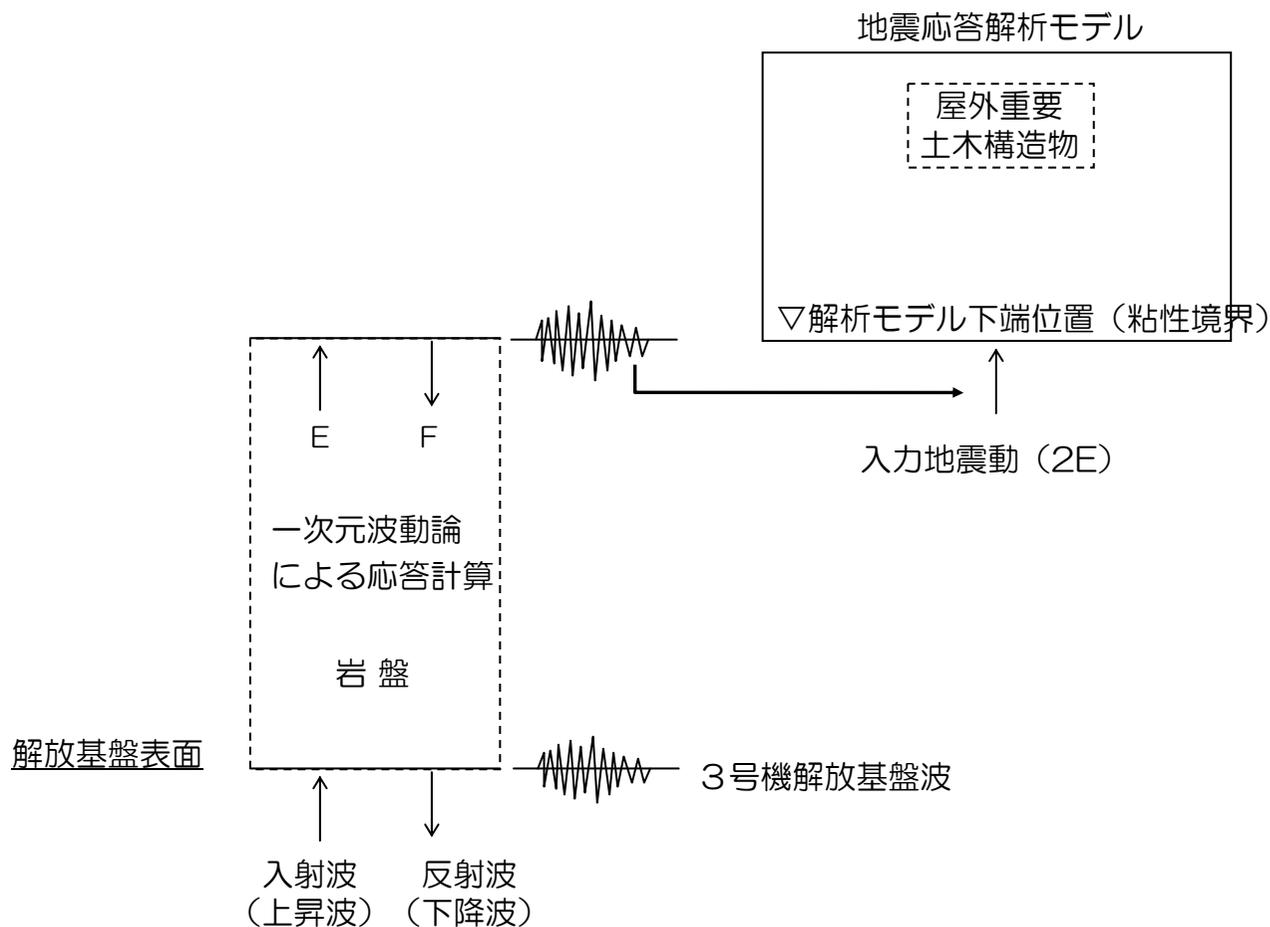
■ 本日も報告する内容

1. 屋外重要土木構造物の概要
2. 点検
3. 耐震健全性評価
4. 総合評価

5. (参考) 「解放基盤波」を用いた評価
6. (参考) 非常用取水路の軸方向の評価

5. 1 入力地震動

3号機原子炉建屋基礎版上の記録を用いて推定された**解放基盤表面の地震動**（「3号機解放基盤波」）を用いて3号機屋外重要土木構造物の耐震健全性評価を行う。入力地震動以外の検討条件は、「基礎版観測波」による評価と同一である。



入力地震動の作成モデル

5. 2 耐震健全性評価結果（1）

■ 層間変形角による照査結果

解析対象断面	評価位置	照査用応答値 ／評価基準値	(参考) 基礎版観測波
非常用取水路 (スクリーン室)	頂版 ～底版	0.052	0.066
非常用取水路 (取水路)	頂版 ～底版	0.056	0.068
非常用取水路 (補機冷却用海水取水路)	頂版 ～底版	0.14	0.16
原子炉補機冷却系 配管ダクト (A系)	頂版 ～底版	0.23	0.27
原子炉補機冷却系 配管ダクト (B系)	頂版 ～底版	0.16	0.22
非常用ガス処理系 配管ダクト (水平部)	頂版 ～底版	0.18	0.25

5. 2 耐震健全性評価結果（2）

■ 曲率による照査結果

解析対象断面	評価位置	照査用応答値 ／評価基準値	（参考） 基礎版観測波
非常用ガス処理系 配管ダクト（鉛直部） 軸直交方向断面	円環部	0.00027	0.00042
	中空矩形部	0.00054	0.00047
非常用ガス処理系 配管ダクト（鉛直部） 軸方向断面	円環部	0.0057	0.0067
	中空矩形部	0.0041	0.0046

5. 2 耐震健全性評価結果（3）

■せん断力による照査結果

解析対象断面	評価位置	照査用応答値 ／評価基準値	(参考) 基礎版観測値
非常用取水路 (スクリーン室)	隔壁	0.31	0.32
非常用取水路 (取水路)	隔壁	0.36	0.40
非常用取水路 (補機冷却用海水取水路)	隔壁	0.54	0.58
原子炉補機冷却系 配管ダクト (A系)	側壁	0.62	0.67
原子炉補機冷却系 配管ダクト (B系)	側壁	0.57	0.65
非常用ガス処理系 配管ダクト (水平部)	側壁	0.56	0.64
非常用ガス処理系 配管ダクト (鉛直部) 軸直交方向断面	中空矩形部	0.083	0.073
非常用ガス処理系 配管ダクト (鉛直部) 軸方向断面	円環部	0.41	0.42



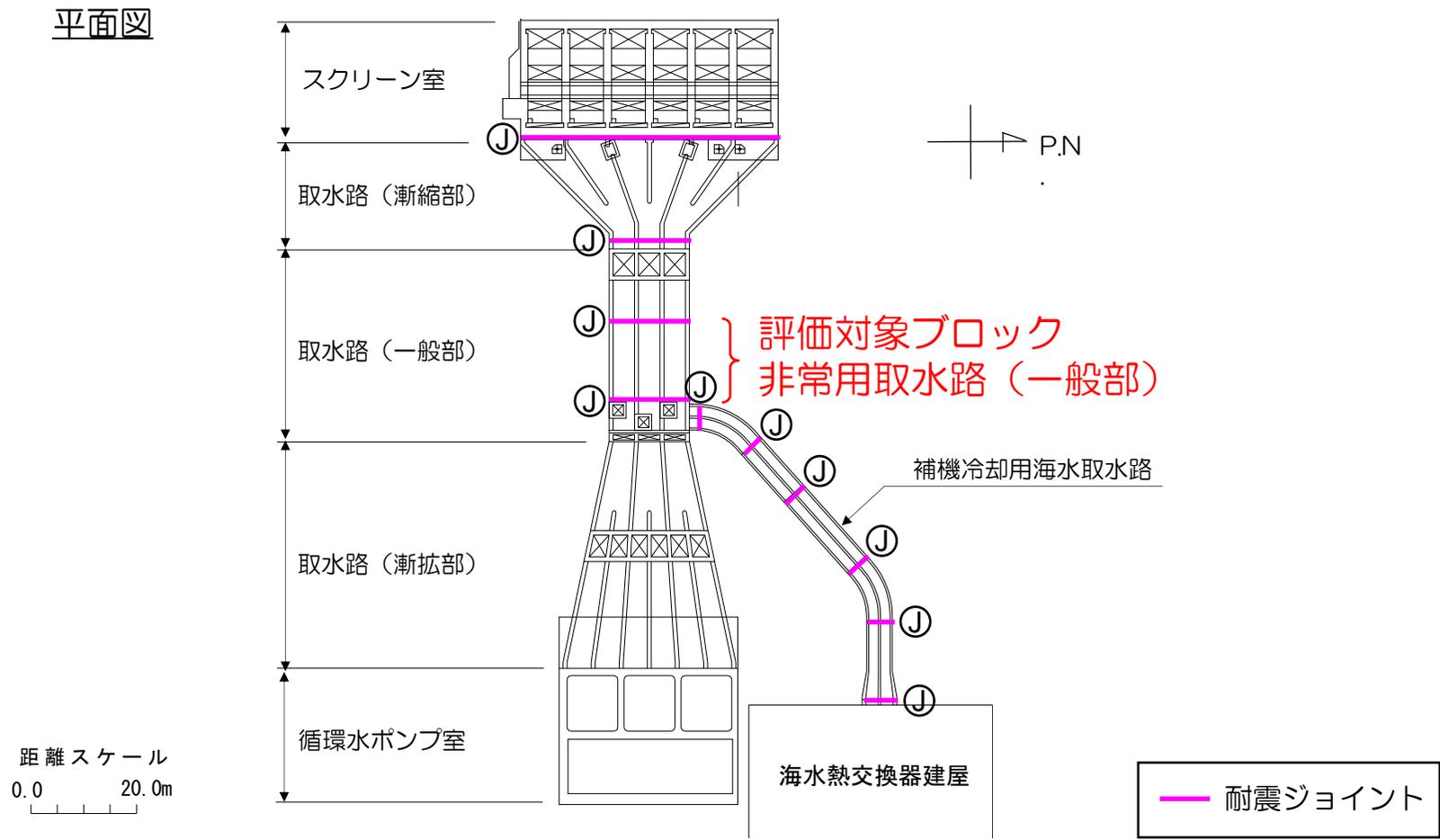
※ 本表には、照査用応答値/評価基準値の値が最も大きい評価位置の評価結果のみ表記

■ 本日も報告する内容

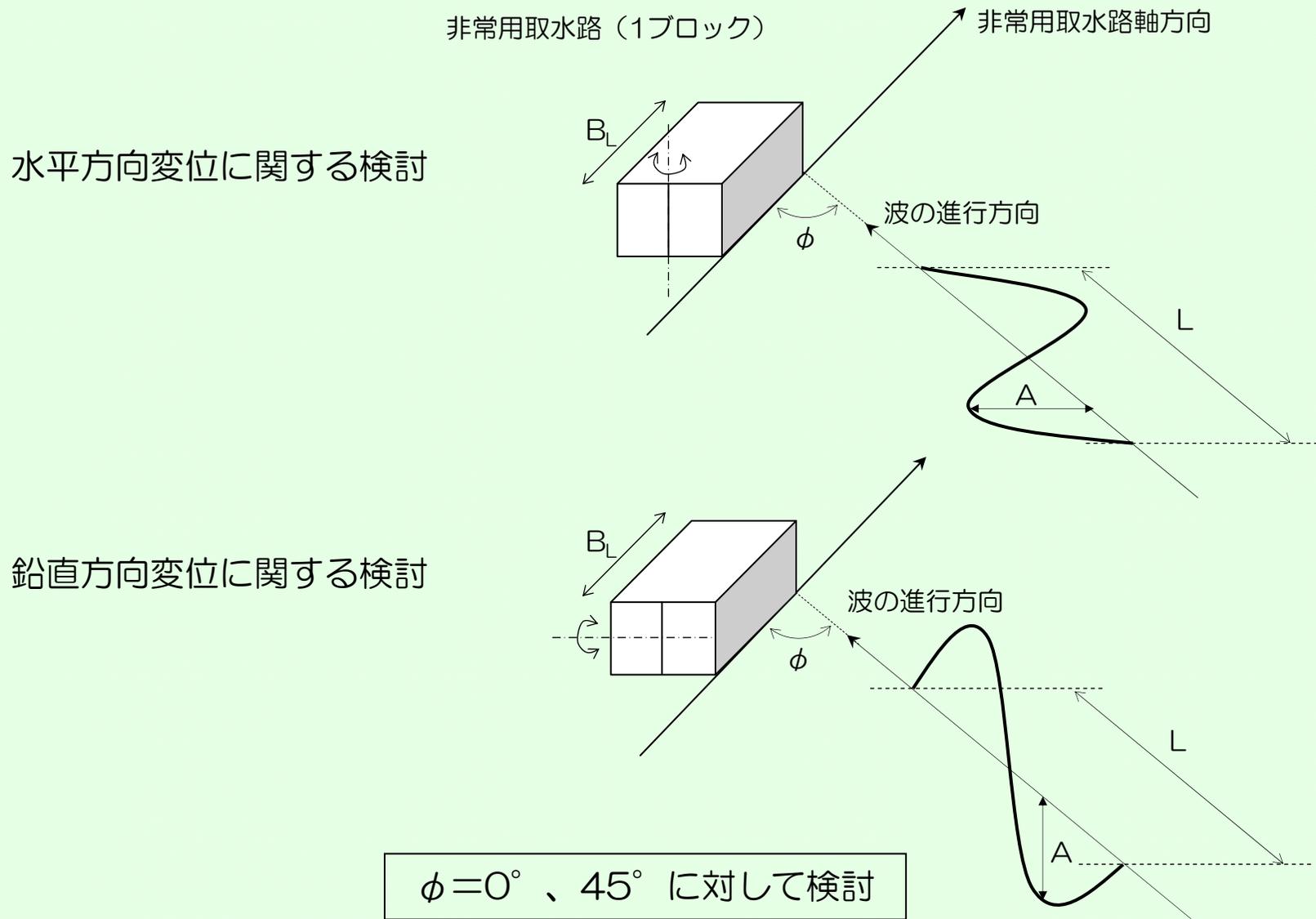
1. 屋外重要土木構造物の概要
 2. 点検
 3. 耐震健全性評価
 4. 総合評価
-
5. (参考) 「解放基盤波」を用いた評価
 6. (参考) 非常用取水路の軸方向の評価

6. 1 ブロック分割

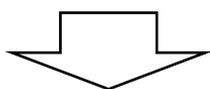
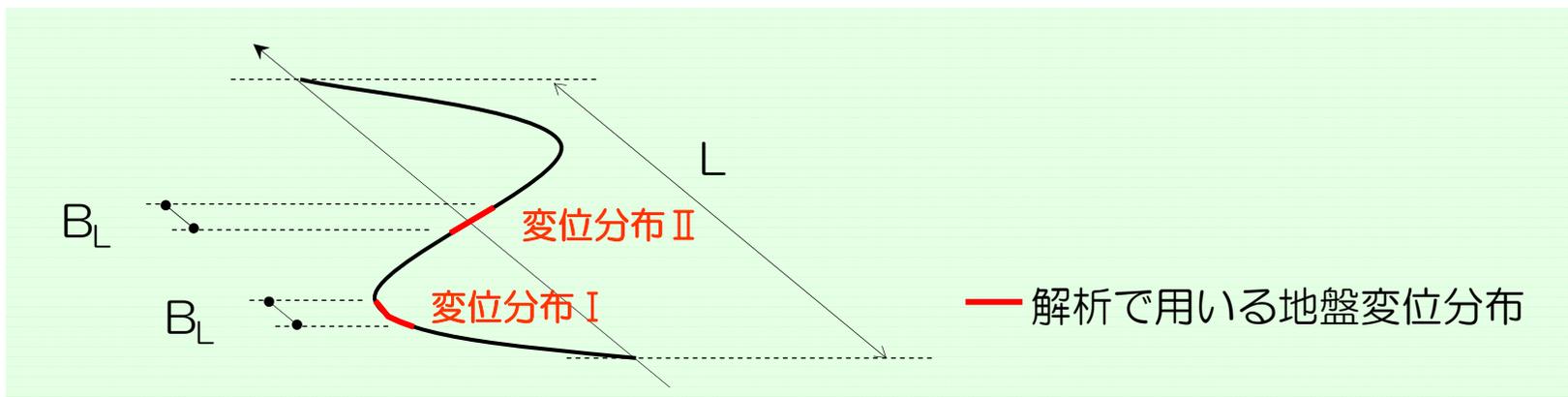
非常用取水路の設計では、取水路軸方向について構造的に問題となるような応力が生じないように、軸方向における構造の変化等を考慮してブロック分割し、その間に耐震ジョイントを設けている。



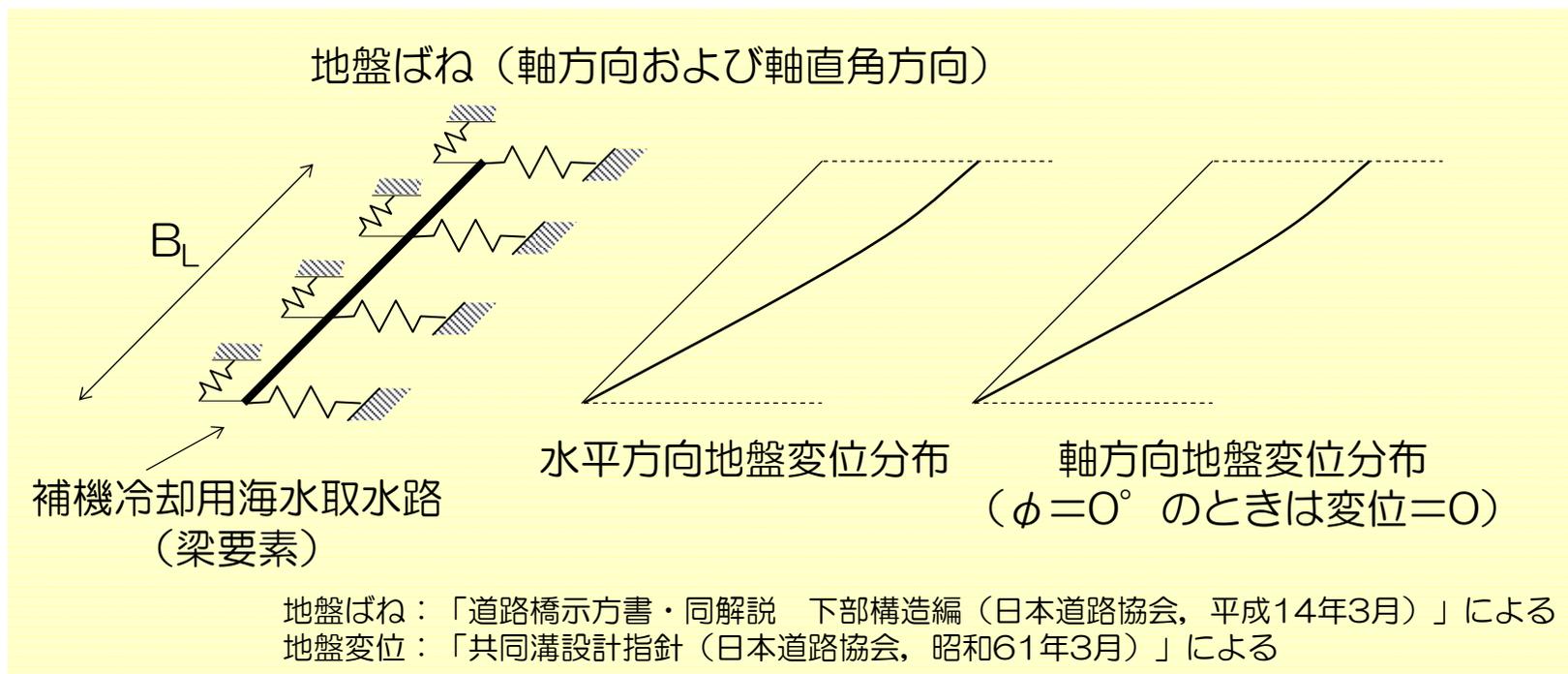
6. 2 応力度検討方法（1）



6. 2 応力度検討方法 (2)



梁要素と地盤ばねからなる補機冷却用海水取水路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



6. 3 応力度検討結果

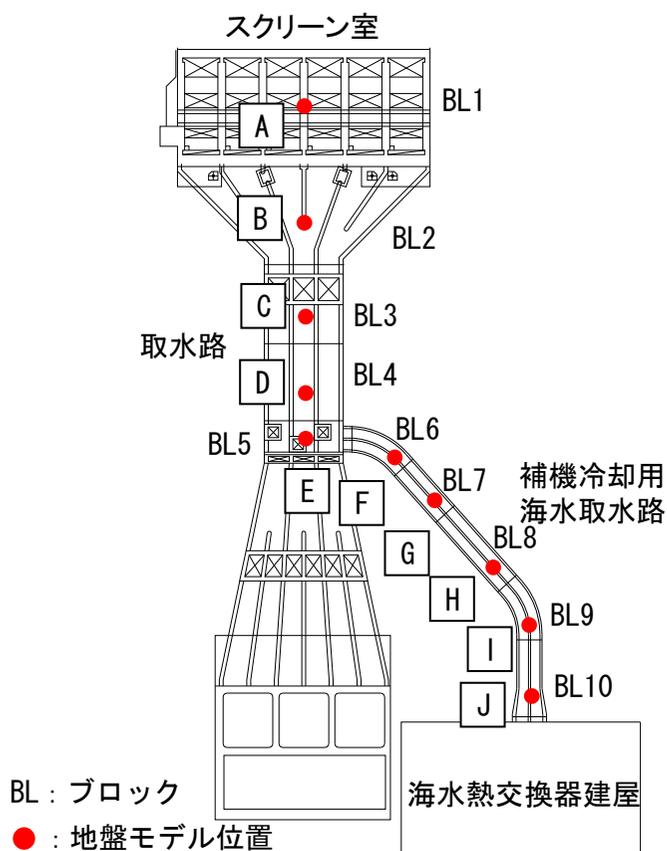
曲げ・軸力	構造物と地震波進行方向のなす角度 ϕ (°)	変位分布	発生応力度 σ_d (N/mm ²)	コンクリート引張強度 f_t (N/mm ²)	σ_d / f_t
水平方向変位	0	I	0.0782	3.04	0.026
		II	0.00105	3.04	0.00035
	45	I	0.0294	3.04	0.0097
		II	0.502	3.04	0.17
鉛直方向変位	0	I	0.00773	3.04	0.0025
		II	0.000105	3.04	0.000035
	45	I	0.00285	3.04	0.00094
		II	0.0330	3.04	0.011

せん断力	構造物と地震波進行方向のなす角度 ϕ (°)	変位分布	発生せん断力 V_d (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	V_d / V_{yd}
水平方向変位	0	I	1,300	33,400	0.039
		II	39.0	33,400	0.0012
	45	I	460	31,200	0.015
		II	9.80	31,200	0.00031
鉛直方向変位	0	I	71.9	36,100	0.0020
		II	2.17	36,100	0.000060
	45	I	25.5	34,300	0.00074
		II	0.530	32,800	0.000016

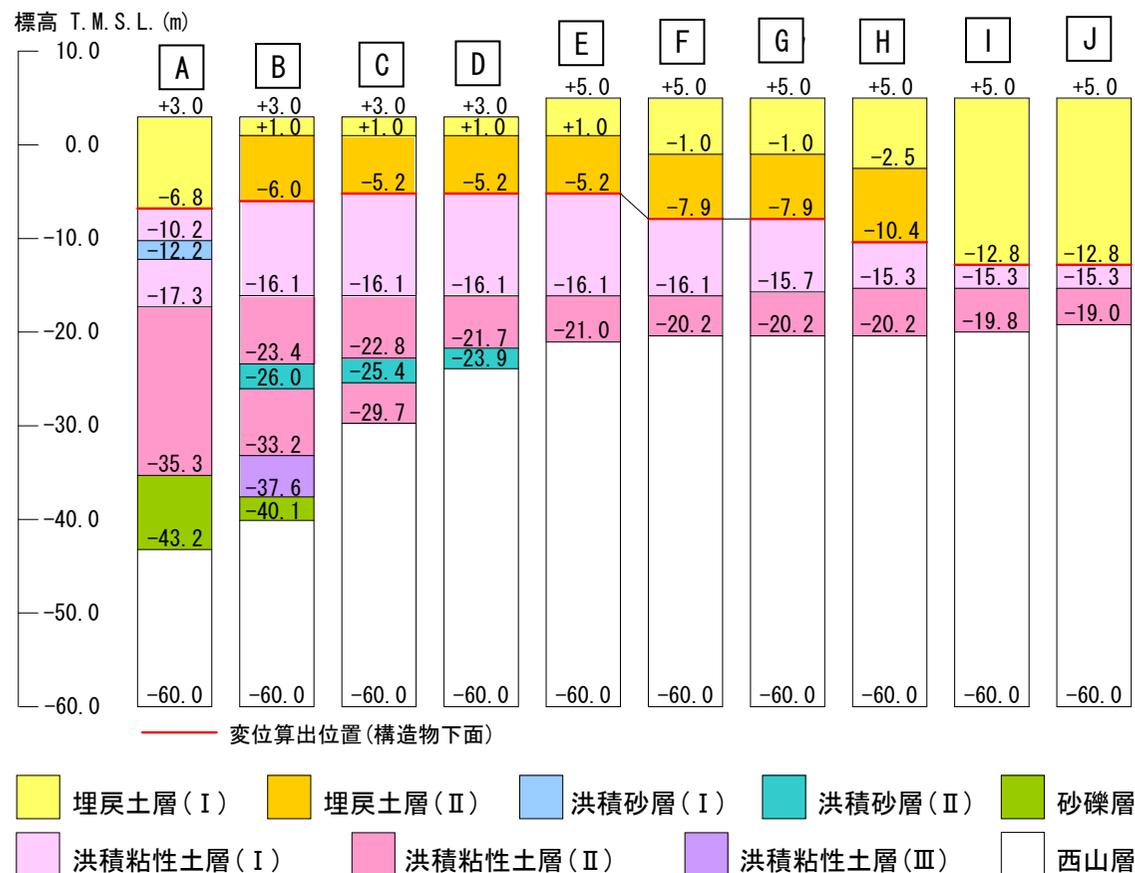
軸方向の応力度に関する検討の結果、非常用取水路の軸方向に生じる応力度およびせん断力は基準値を下回ることを確認した。

6. 4 ブロック間相対変位評価方法

評価位置



一次元地盤応答解析に用いた地層構成



各ブロックが剛体移動するものと仮定し、ブロック中心位置の一次元地震応答解析（地盤の非線形性を考慮）による変位時刻歴を求め、隣接ブロックの変位時刻歴との差分を相対変位として算出。

6. 5 ブロック間相対変位評価結果

ブロック間相対変位に関する検討結果

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
BL1 - BL2	A - B	83.0	0.3
BL2 - BL3	B - C	64.3	0.2
BL3 - BL4	C - D	45.6	0.1
BL4 - BL5	D - E	12.0	0.5
BL5 - BL6	E - F	24.0	0.6
BL6 - BL7	F - G	1.30	0.1
BL7 - BL8	G - H	13.9	0.2
BL8 - BL9	H - I	45.2	0.5
BL9 - BL10	I - J	2.20	0.1

隣接するブロック間の相対変位量は、耐震ジョイントの限界性能（伸び300mm、ずれ400mm）を下回ることから、取水機能には影響を及ぼさない。

