

女川原子力発電所2号機

地震後の設備健全性確認の状況

<(2)確認手法>(No.16,18関連)

<(7)点検・評価結果>(No.31,32,33,36関連)

平成29年3月24日

東北電力株式会社



目 次

1. 地震後の設備点検の全体像

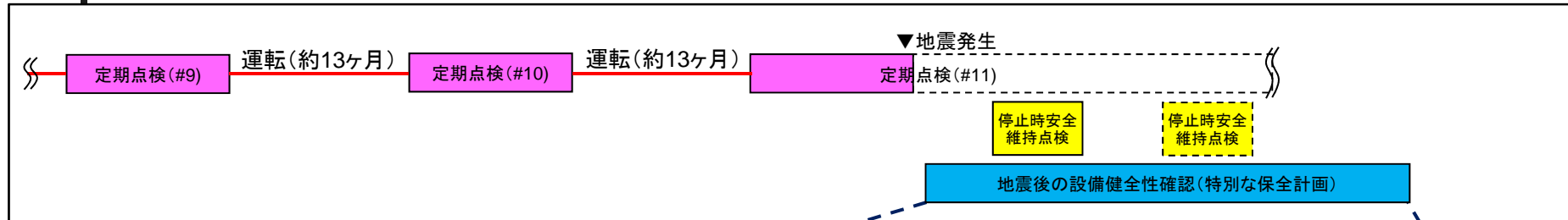
2. 機器・システムに関する健全性評価の概要

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

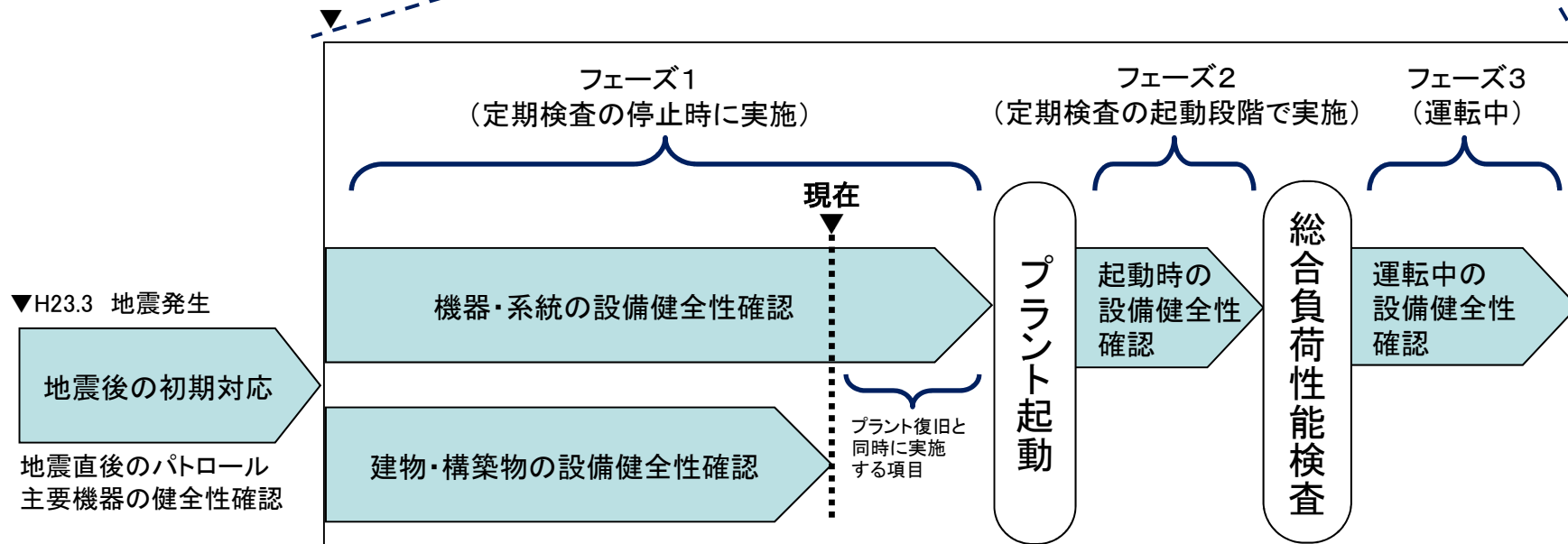
・点検結果及びシミュレーションモデルによる解析結果の概要を説明

第1回安全性検討会
説明内容の振り返り

1.1 地震後の設備点検の全体像



H23.8 保全計画書(特別な保全計画)届出



注記 フェーズ1：定期検査の停止期間中における機器・系統レベルの点検・評価
 フェーズ2：定期検査の起動段階におけるプラント全体の健全性確認
 フェーズ3：運転期間中における地震影響の継続監視(データ採取)

1. 2 地震後点検の初期対応

- 地震後の初期対応として以下の点検を実施し、地震・津波による設備への影響を早期に把握した。
- 停止時の安全確保に必要な機器の運転状態に異常はなく、健全性を確認した。

1. 地震直後のパトロール

【実施内容】

対 象： 1, 2, 3号機本館建屋, 屋外設備(開閉所, 港湾等)

パトロールの視点: 外観目視による損傷の有無確認, 運転機器の異常の有無確認

実施者: 運転員, 設備担当グループ員

2. 地震直後の主要機器の健全性確認

停止時の安全確保に必要な主要設備健全性を確認

主要機器の動作確認を実施

対 象: 安全確保に必要な機器

(非常用炉心冷却系ポンプ手動起動試験,
非常用ディーゼル発電機手動起動試験など)

その他機器など

3. 結果

地震・津波の影響による法令トラブル等の事象5件および主要設備の軽微な被害61件を確認した。(H27.7までに全61件の対応完了)

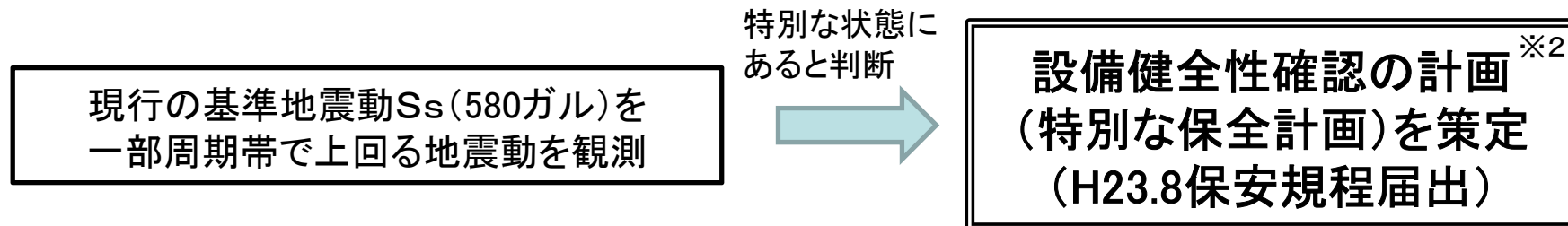
1.3 設備健全性確認に関する法令要求

「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」(以下、「実用炉規則」という)第81条第1項第7号(3.11地震, 4.7地震発生当時は同規則第11条第1項第7号)に基づき,

- ①原子炉の運転を相当期間停止する場合,
- ②その他発電用原子炉施設がその保守管理を行う観点から特別な状態※1にある場合

においては, 当該原子炉施設の状態に応じて特別な措置を講じる必要がある。

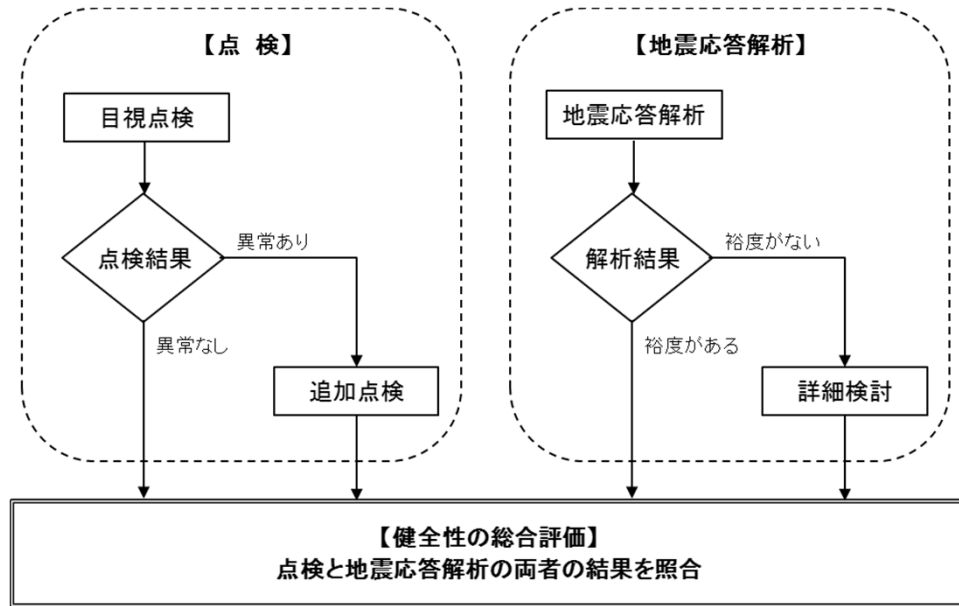
※1:「特別な状態」とは, 比較的広範な機器に対し追加的な点検等を実施する必要がある場合。



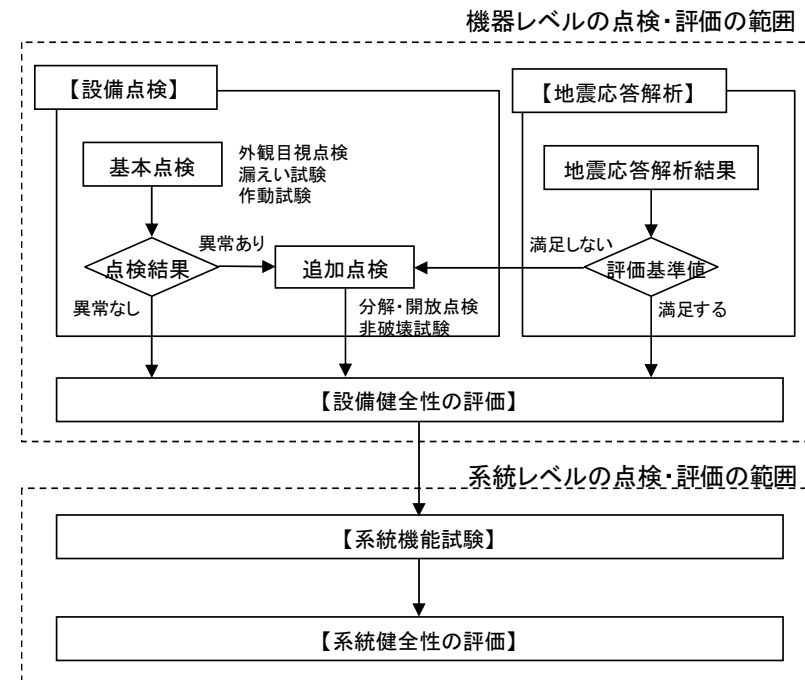
※2 設備健全性確認の結果は, 定期検査・保安検査等で確認を適宜受けていく。

1.4 地震後の設備健全性確認の全体像－1

建物・構築物



機器・系統



1.4 地震後の設備健全性確認の全体像－2

○機器・系統の設備健全性確認

【対象】

- 全設備(事務所, 点検工具等除く)

【内容】

- 各設備が受けた地震による影響を外観目視点検, 漏えい試験, 作動試験等により確認。
- 本地震の観測波に基づく設備の解析的な評価を実施。
- 系統試験を実施し, 系統全体の機能が正常に発揮されることを評価。

○建物・構築物の設備健全性確認

【対象】

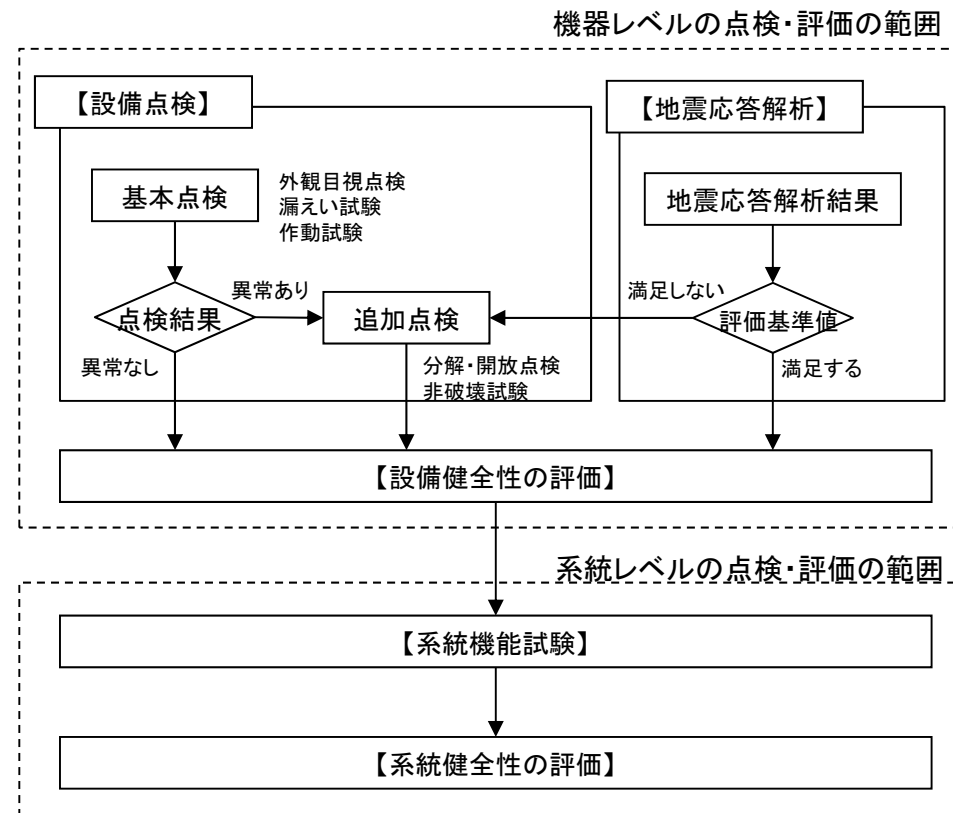
- 発電所の施設として, 建設時の工事計画書本文に記載のある建物・構築物
(例: 原子炉建屋, 制御建屋)
- 重要度の高い建物・構築物
(例: 海水ポンプ室, 原子炉補機冷却海水系取水路)

【内容】

- 建物・構築物が受けた地震による影響を目視点検により確認。
- 本地震による地震応答解析を実施

2.1 機器・システムに関する設備健全性評価の概要

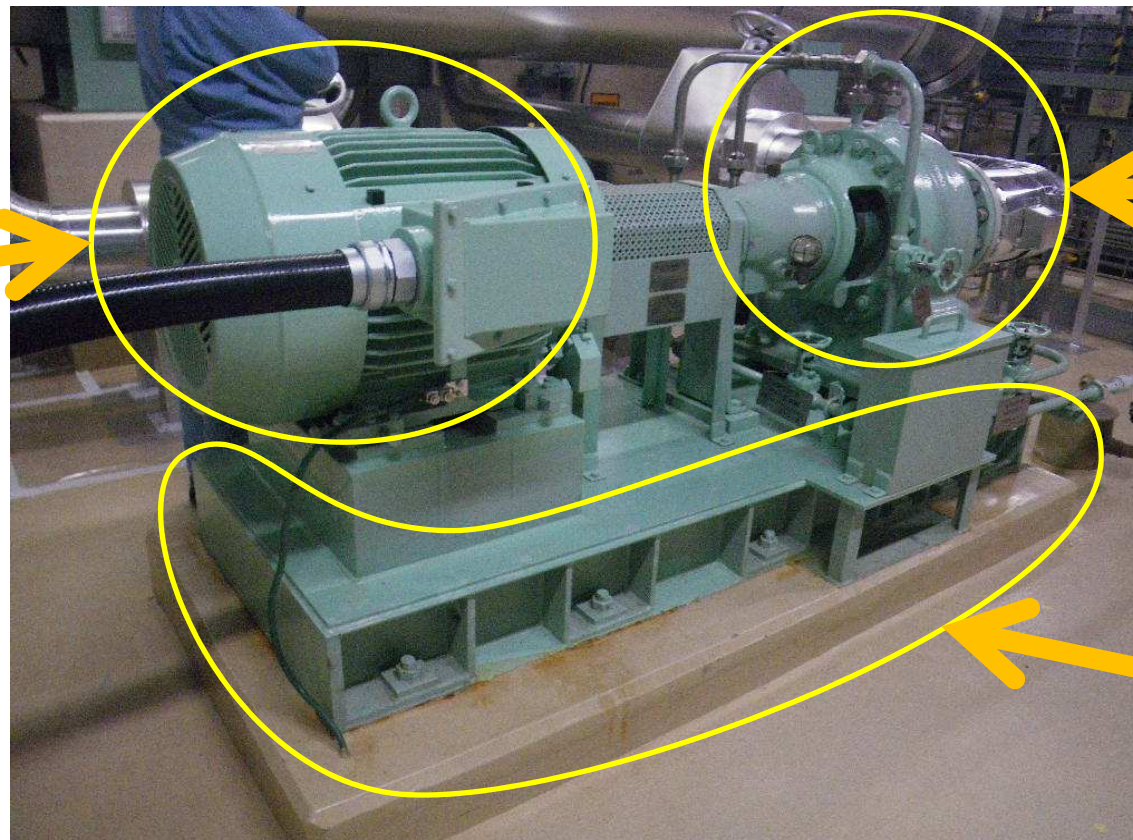
- 安全上重要な機器については、設備点検と地震応答解析を実施し、両者の結果を照合して健全性の評価を行う。
- 基本点検で異常が確認された場合、あるいは地震応答解析で評価基準値を満足しない場合は追加点検を行う。
- 設備の健全性評価後、システム単位による機能試験を実施し、システムの健全性の評価を行う。



2.2 設備点検(基本点検)

基本点検においては、各設備の種類や設置方法等によって、地震時に想定される損傷の形態が異なることから、「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」を参考に、地震による機能・構造への影響が類似していると考えられる機種(54機種:付録2)に分類し、機器単位の地震の損傷要因モードに対応した点検を実施。

電動機
(外観目視,
絶縁抵抗測定,
運転確認等)



ポンプ
(外観目視,
手廻し,
運転確認,
漏えい確認等)

基礎部
(ボルト頂部外観
目視, 打診,
基礎コンクリート
外観目視等)

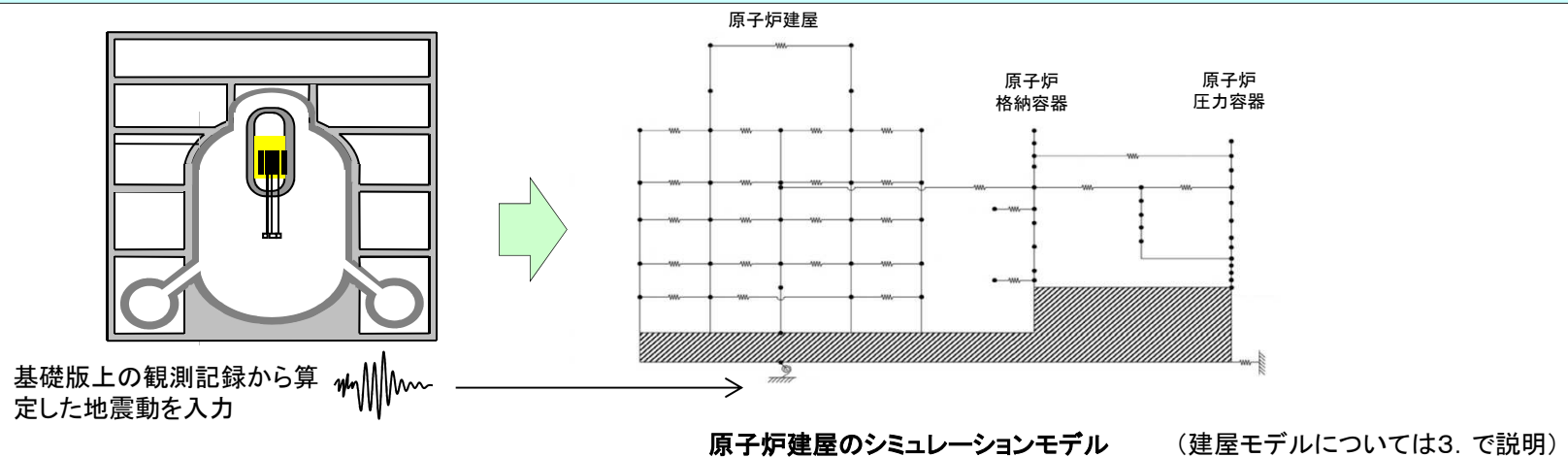
横型ポンプの例

2.3 地震応答解析の概要

3.11地震および4.7地震における地震観測記録

地震時の建屋応答の再現解析(シミュレーションモデルの作成)

原子炉建屋・大型機器(原子炉压力容器, 原子炉格納容器等)の地震応答解析

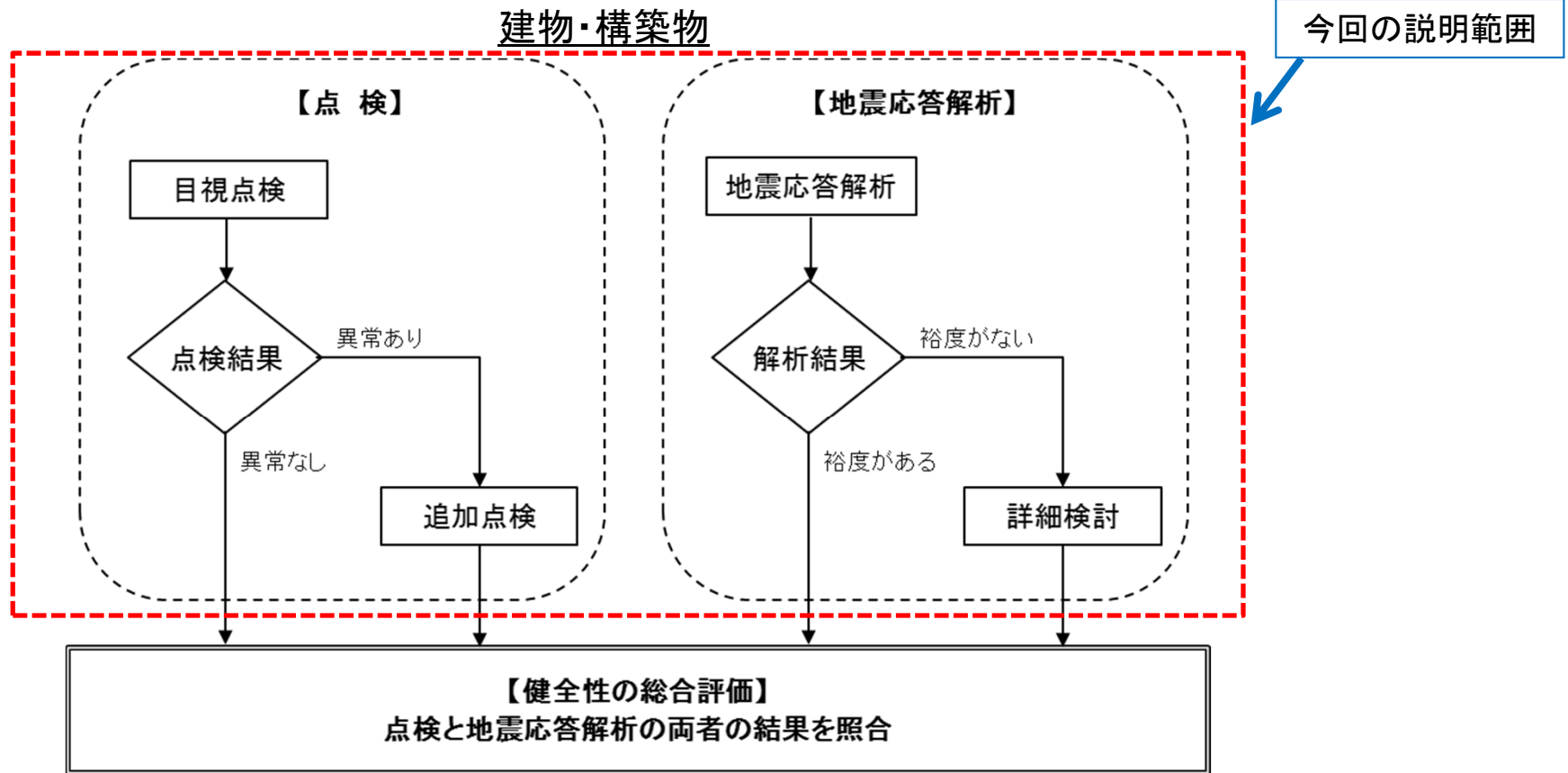


設備への影響評価

- 構造強度評価 (疲労評価含む)
地震により作用する力によって設備が損傷しないことを確認する。
- 動的機能維持評価
地震時, 地震後に作動しなければならない設備が動作可能であったことを確認する。

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

- 安全上重要な建物・構築物については、点検と地震応答解析を実施し、両者の結果を照合して健全性の総合評価を行う。
- 目視点検で異常が確認された場合には、追加点検を行う。
- 地震応答解析結果において裕度がない場合は、詳細検討を行う。



点検計画および点検結果等の妥当性について、第三者機関で確認を実施

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

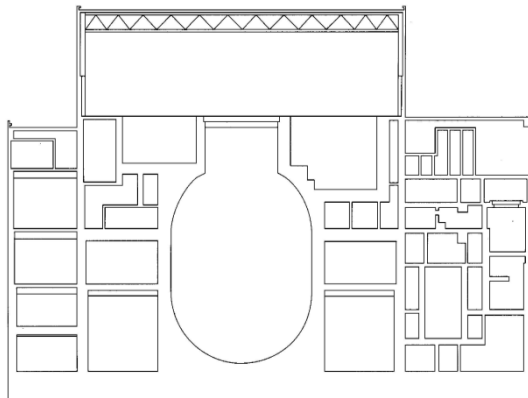
 : 今回の説明対象

➤ 点検対象

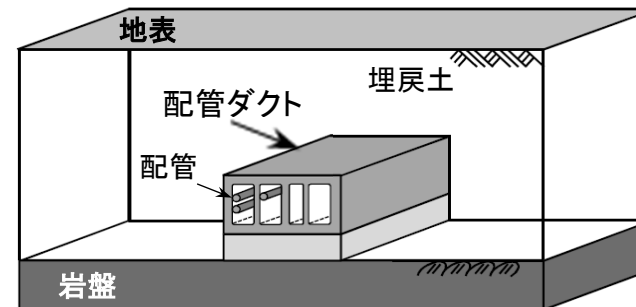
建 物	構 築 物
<ul style="list-style-type: none"> ・生体遮へい装置 (原子炉建屋, タービン建屋, 制御建屋) ・原子炉格納施設(原子炉建屋) ・堰その他の設備 	<ul style="list-style-type: none"> ・排気筒(基礎を含む) ・非常用ガス処理系配管ダクト ・原子炉補機冷却海水系配管ダクト ・海水ポンプ室 ・原子炉補機冷却海水系取水路

➤ 判定基準

構造形式	判定基準
鉄筋コンクリート構造	<ul style="list-style-type: none"> ・遮へい性能に影響を与える断面欠損がないこと ・構造上問題となるひび割れ, 剥離, 剥落がないこと ・耐漏えい性能に影響を与えるひび割れがないこと
鉄骨構造	<ul style="list-style-type: none"> ・構造上問題となる変状(変形・座屈等)がないこと



原子炉建屋(断面)



3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

- 健全性の総合評価に関する考え方
 - ✓ 安全上重要な建物・構築物については地震応答解析を実施。
 - ✓ 地震後の健全性は、点検による評価および地震応答解析の結果に基づく構造評価の双方から行う。

点検と地震応答解析による総合評価

		点検による評価	
		異常なし	異常あり
地震応答解析の結果に基づく構造評価	余裕がある	評価終了 (異常なし)	・損傷の原因究明 ・損傷の健全性への影響を評価
	余裕がない	下記検討を実施 ・より詳細な追加解析 ・モックアップ試験等	



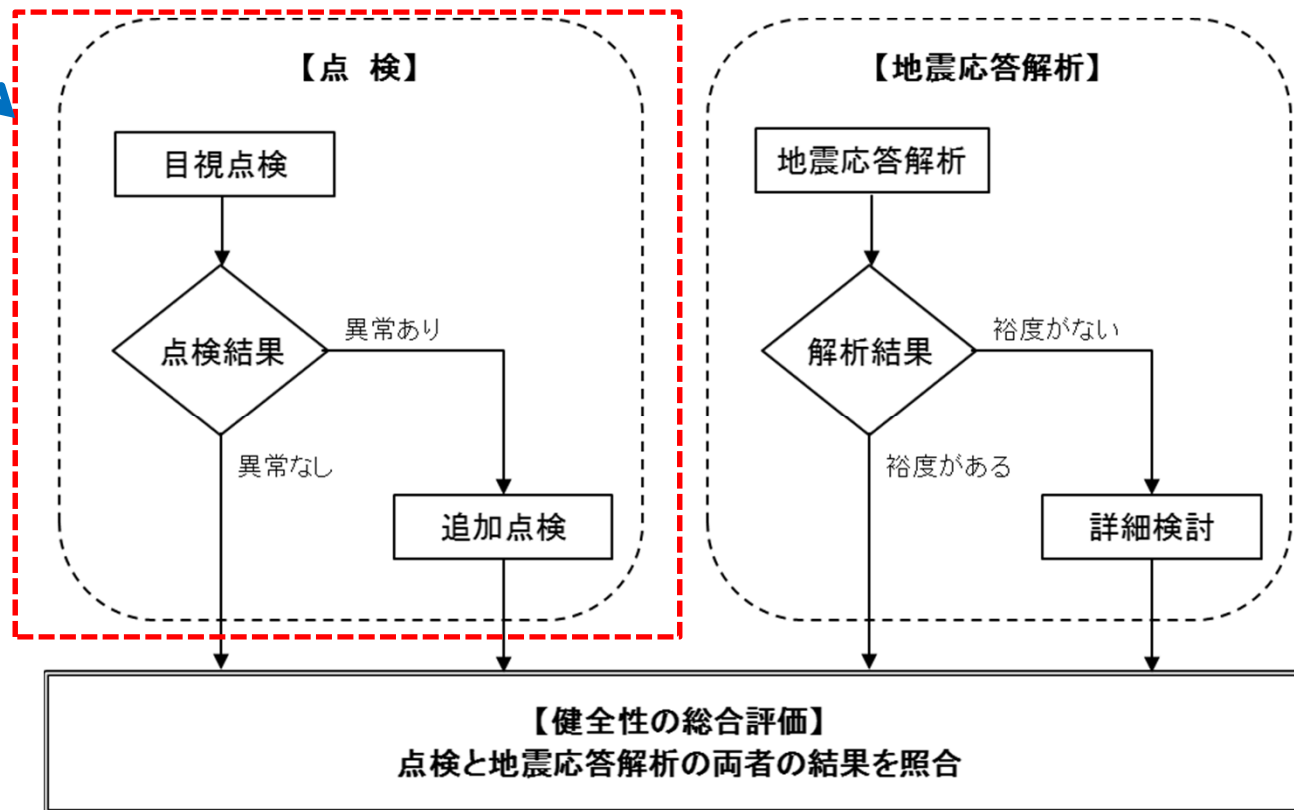
地震後点検評価の概要

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.1 原子炉建屋の地震後点検評価の概要

こちらの説明

建物・構築物



3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.1 原子炉建屋の地震後点検評価の概要

原子炉建屋の鉄筋コンクリート躯体に関する点検方法および判定基準

- 鉄筋コンクリート構造物への地震の影響については、ひび割れおよび剥離・剥落が想定され、外観の確認が有効であると考えられるため、目視点検を主体とした点検を実施した。
- 追加点検の判断の目安を下表に示す。
- 「基本的な考え方」に従い、作業員被ばく低減または人身安全等の観点から、高所および高線量エリアの点検は行わない。
- 一方、建屋内部の3階(上部)については、建設時の仮設材が壁面を覆いコンクリート躯体の確認が行えないことから、外壁に足場を設け、外壁塗膜を除去した上で点検を実施した。

点検・評価計画書(建物・構築物編)の「判定基準例一覧」

点検対象	判定基準
生体遮へい装置 (原子炉建屋, タービン建屋, 制御建屋)	・遮へい性能に影響を与える断面欠損がないこと
原子炉格納施設 (原子炉建屋)	・構造上問題となるひび割れがないこと (幅1.0mm以上のひび割れがないこと※) ・構造上問題となる剥離・剥落がないこと

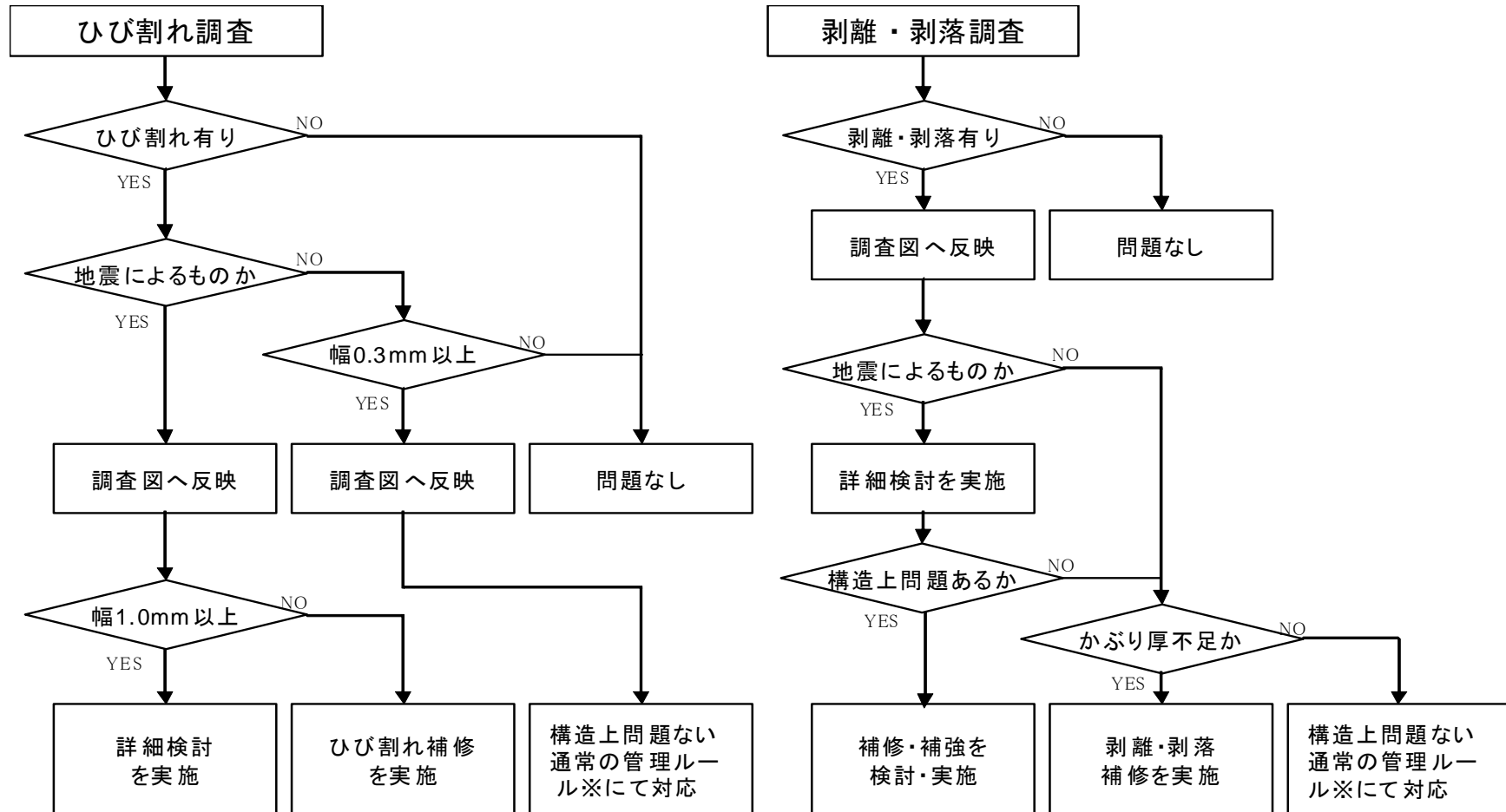
※ EPRI(米国電力研究所) NP-6695 Guidelines for Nuclear Plant Response to an Earthquakeにおける以下の記載等を参考に設定。

- ① 幅0.06インチ(約1.5mm)を超えて新しく地震によって生じたひび割れ, コンクリートの剥離, 目視で確認できるフレームの変形を重大な損傷とする。(0.06インチ以上のコンクリートひび割れは鉄筋の降伏を示している)
- ② コンクリート構造物のわずかなヘアークラックのような微細なひび割れは重要な被害ではない。

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.1 原子炉建屋の地震後点検評価の概要

➤ 原子炉建屋の耐震壁(巻末参考資料P.41参照)の点検に基づく評価は、以下に示す流れで実施している。

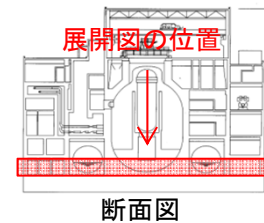
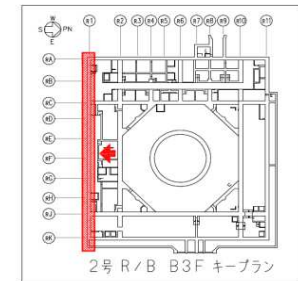
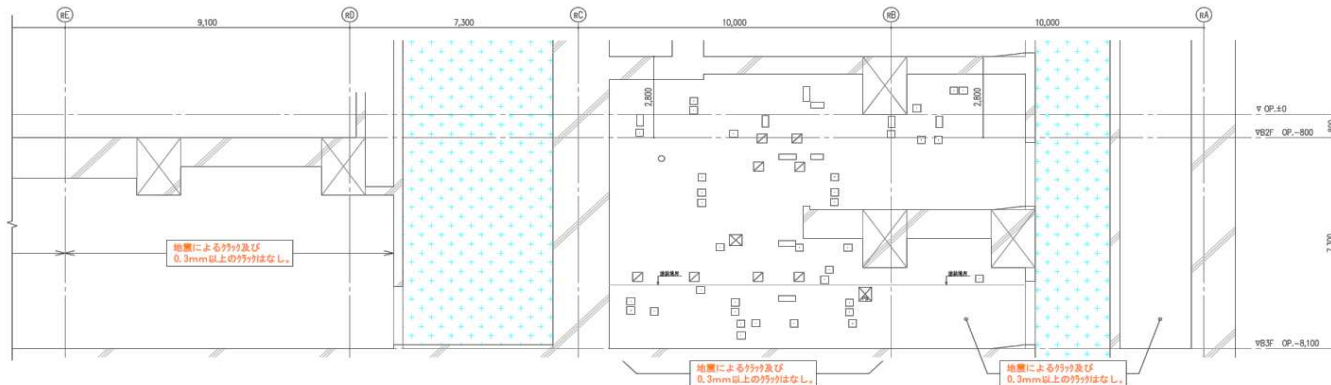
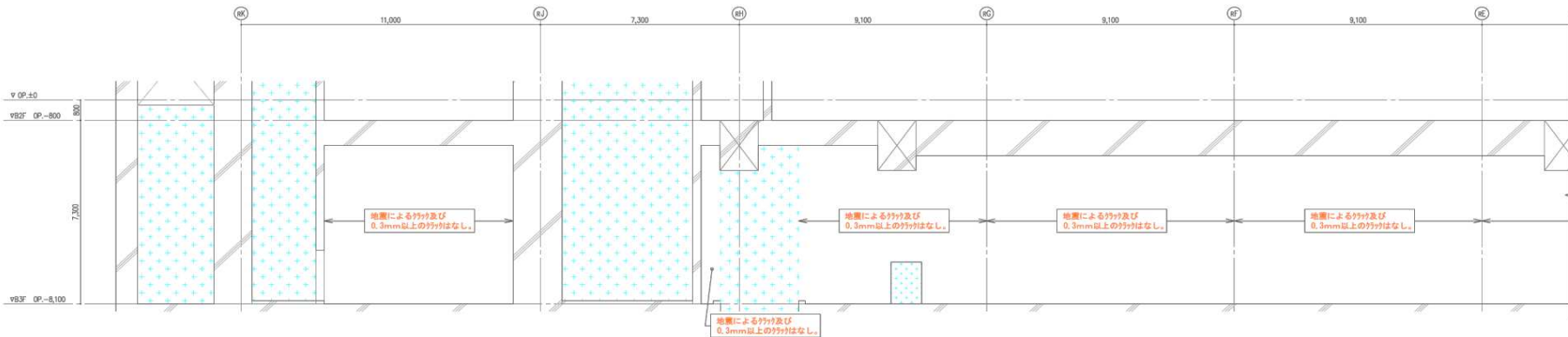


※発電所ひび割れ管理・補修要領などの社内マニュアルによる。
学協会等の指針等を参照し、0.3mm以上のひび割れを目安として調査図に反映することとしている。

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.2 地震後点検結果の概要(2号炉原子炉建屋 地下3階の例)

点検の結果、ひび割れはほとんど認められず、追加調査の目安となる、地震により生じた幅1.0mm以上のひび割れは確認されなかった。

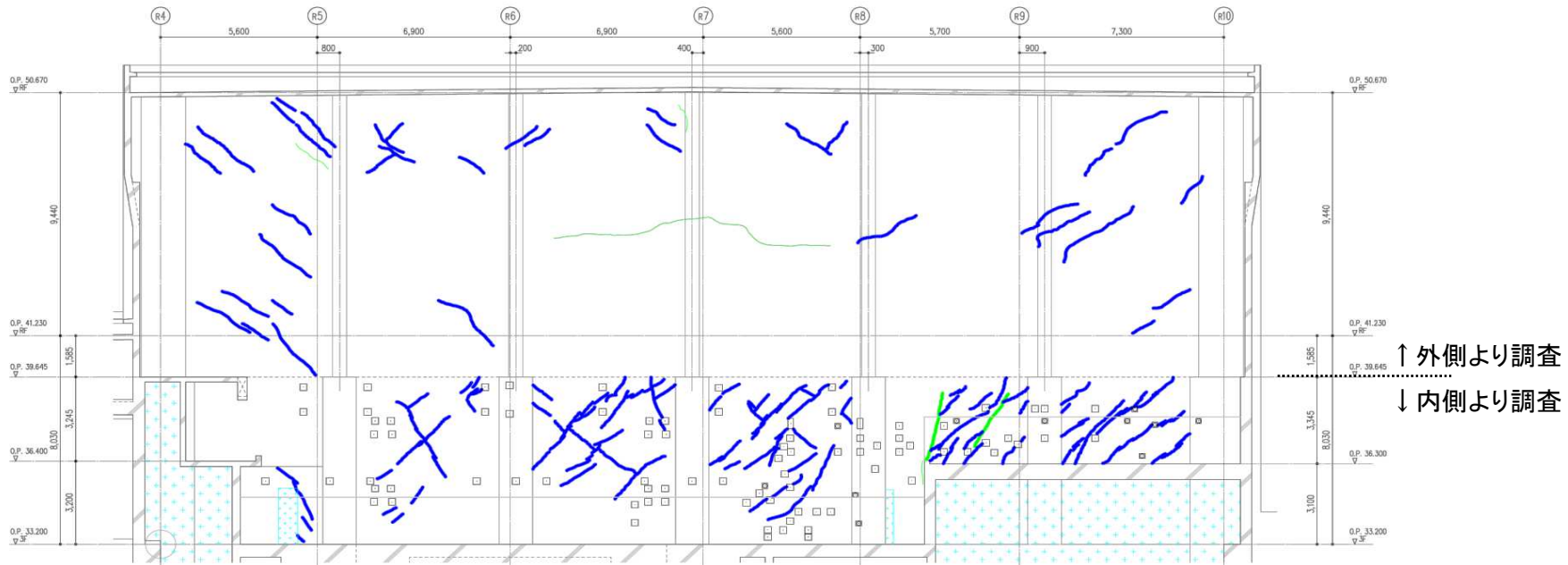


地震による		地震以外		
—	0.3mm未満	—	0.3mm以上～1.0mm未満	幅未確認
—	0.3mm以上～1.0mm未満	—	1.0mm以上	はくらく
—	1.0mm以上	+	確認不能の範囲	

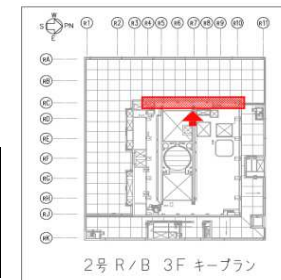
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.2 地震後点検結果の概要(2号炉原子炉建屋 地上3階の例)

点検の結果, 0.3mm未満の微小なひび割れは比較的多く認められたが, 追加調査の目安となる, 地震により生じた幅1.0mm以上のひび割れは確認されなかった。

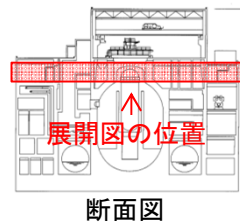
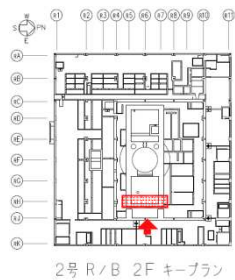
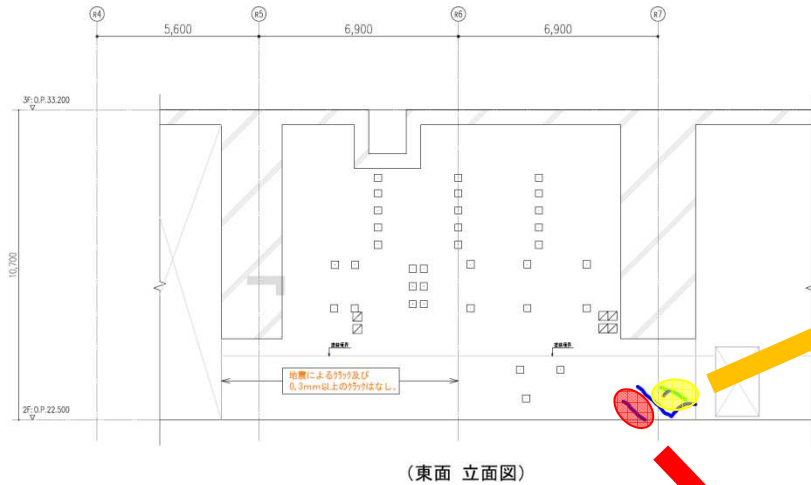


地震による		地震以外			
	0.3mm未満		0.3mm以上~1.0mm未満		幅未確認
	0.3mm以上~1.0mm未満		1.0mm以上		はくらく
	1.0mm以上				確認不能の範囲



3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.2 地震後点検結果の概要(2号炉原子炉建屋 地上2階の例)



地震による		地震以外			
	0.3mm未満		0.3mm以上~1.0mm未満		幅未確認
	0.3mm以上~1.0mm未満		1.0mm以上		はくらく
	1.0mm以上				確認不能の範囲



3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.2 地震後点検結果の概要(2号炉原子炉建屋)

- 点検の結果, 3階(オペフロ階)に比較的多くの微小なひび割れが認められた。
- 但し, 全ての階において, 追加調査の目安となる, 地震により生じた幅1.0mm以上のひび割れは確認されなかった。

当該地震により発生したことが否定できないひび割れ及び剥離・剥落(耐震壁)

部位	ひび割れ箇所数 (延べ長さ [m]) ※ ¹			基準値	剥離・剥落※ ²
	W<0.3	0.3≦W<1.0	1.0≦W		
3階 (O.P. 33.2m)	699 (852.9)	35 (68.6)	0 (0.0)	1.0mm	0
2階 (O.P. 22.5m)	139 (127.5)	15 (18.8)	0 (0.0)		7 (0.03)
1階 (O.P. 15.0m)	37 (41.7)	7 (6.6)	0 (0.0)		0
地下1階 (O.P. 6.0m)	82 (72.7)	12 (17.8)	0 (0.0)		0
地下2階 (O.P. -0.8m)	76 (64.7)	7 (9.1)	0 (0.0)		0
地下3階 (O.P. -8.1m)	13 (12.6)	8 (5.8)	0 (0.0)		0

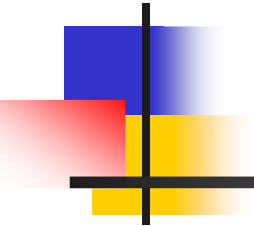
合計1130箇所

※¹ ひび割れ凡例 W:ひび割れ幅(mm)
 ※² 剥離・剥落の凡例 箇所数(延べ面積(m²))

ひび割れについては、
既に順次補修している

幅1.0mm以上の
ひび割れはない

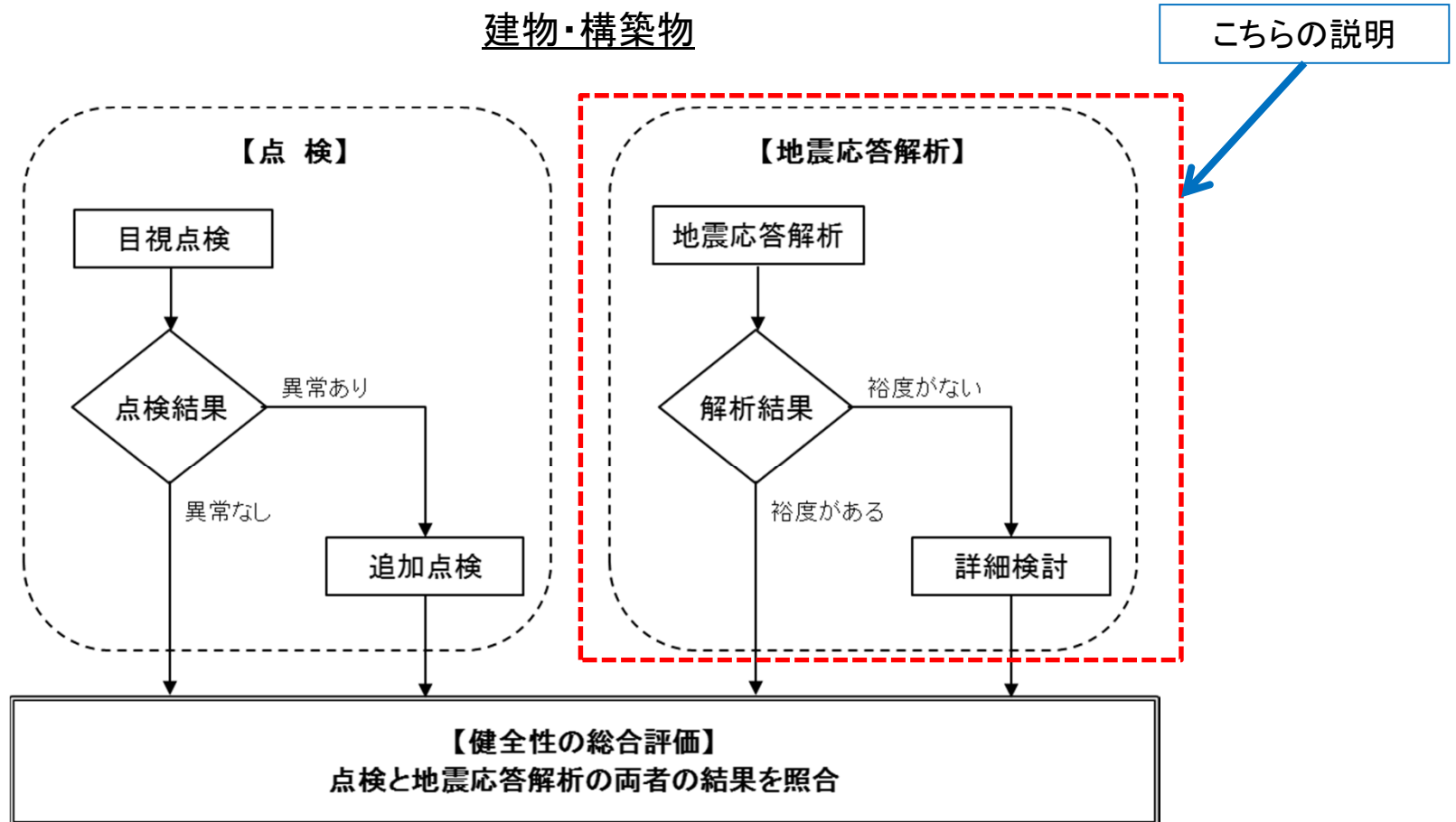
点検結果からは構造
上の問題はない



地震応答解析の概要

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要



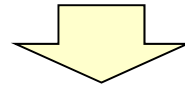
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

- 3.11地震, 4.7地震に対する2号炉原子炉建屋の解析的検討は, 以下の手順で実施。

シミュレーションモデルによる検討

- ・地震観測記録の再現解析のために, 解析結果と観測記録との整合性を確認しながら解析モデルを最適化(パラメータを調整)することでシミュレーションモデルを構築。
- ・構築したモデルによる地震応答解析より得られた応力を用い, 耐震壁が概ね弾性範囲^{※1}であったことを確認。



詳細検討

3階から上部については, シミュレーション解析から得られた応答値に対し, 弾性限耐力^{※2}の裕度が比較的少ないため, 詳細検討も実施し, 健全性の確認を行った。

※1: 力と変形の関係が比例関係にあり, 力の解放後には変形が残らずもとに戻ることが出来る範囲

※2: 鉄筋(設計配筋量)のみで負担できる弾性範囲の耐力で, 短期許容応力度($P_w \times \sigma_y$)から算定

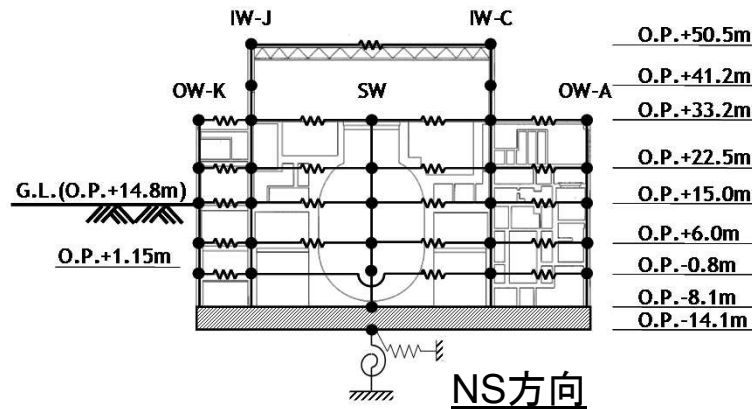
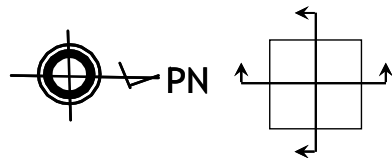
本資料では詳細検討の記載は省略

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

・シミュレーションモデルを用いた応答評価(解析モデル)

観測記録と整合するシミュレーションモデルを作成し、その応答結果に基づいた建屋の健全性評価を実施した。
従来よりも固有振動数が低下していることから、剛性を補正した。

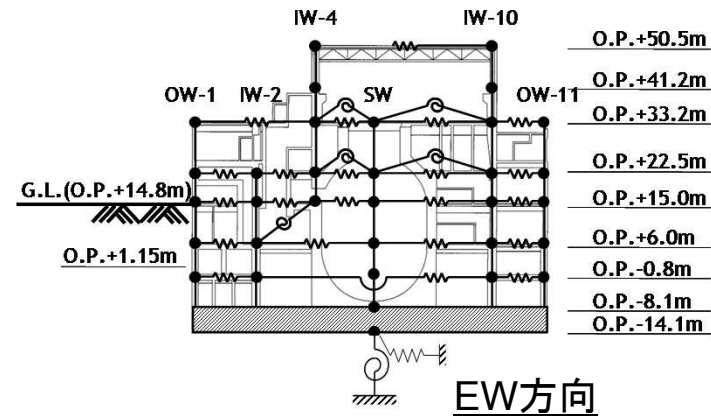


コンクリートの物性値(設計値)

設計基準強度: 32.4N/mm^2 (330kgf/cm^2)

ヤング係数: $2.65 \times 10^4\text{N/mm}^2$ ($2.70 \times 10^6\text{tf/m}^2$)

せん断弾性係数: $1.14 \times 10^4\text{N/mm}^2$ ($1.16 \times 10^6\text{tf/m}^2$)



号炉 建屋	地震	方向	コンクリート壁の初期剛性の設計値に対する補正係数※ (観測記録と整合する等価な剛性)		建屋の 減衰定数
			3階	地下3階～2階	
2号炉 原子炉 建屋	3.11 4.7	NS (南北)	0.3	0.75	0.07
		EW (東西)	0.5	0.80	0.07

※コンクリート壁の初期剛性の設計値に対する補正係数は、観測記録との整合を確認しながら設定している。(補正係数の設定方法は、次ページ参照)

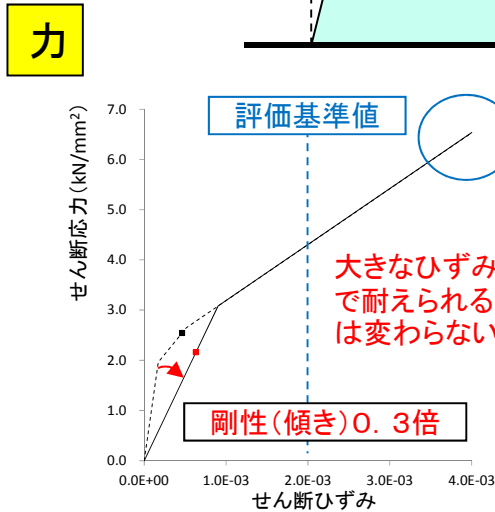
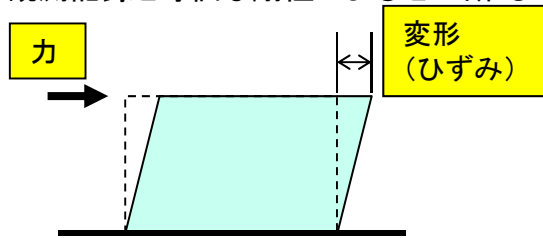
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

・シミュレーション解析の耐震壁の補正係数の設定について (力(せん断力)-変形(ひずみ)関係の設定の考え方)

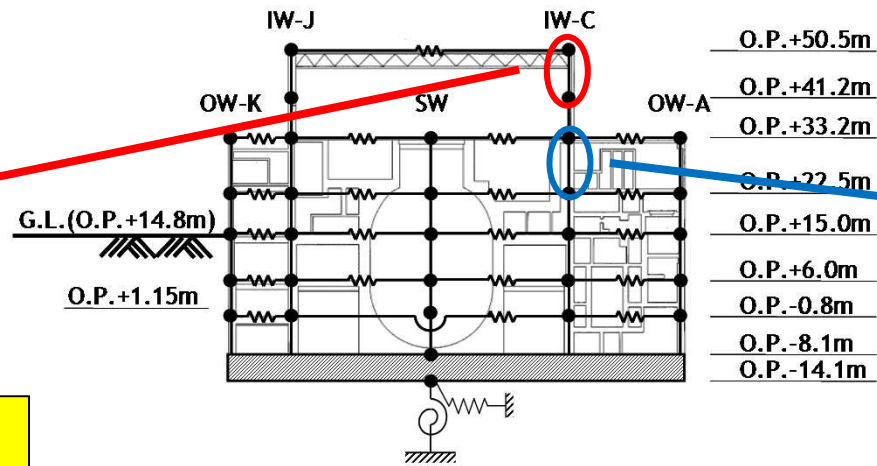
- 観測記録と整合するように耐震壁のせん断力-ひずみ関係を表す骨格曲線(復元力特性)のはじめの勾配(初期剛性)を設計値から下図のように低減し設定した。

----- 設計値の剛性によるせん断力-ひずみ関係 : プロット■は元のモデルによる基礎版上記録を用いた解析結果
 ———— 観測記録と等価な剛性によるせん断-ひずみ関係 : プロット◆はシミュレーション解析結果

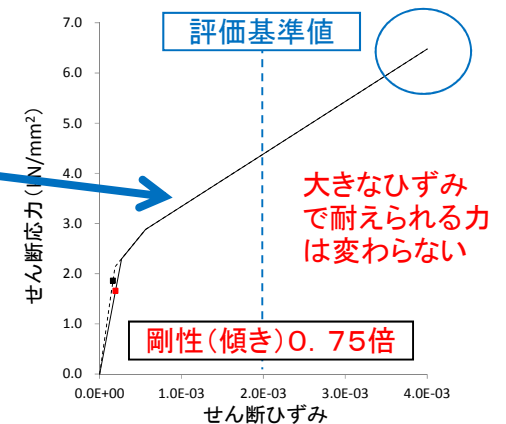


3階(上部)の例
初期剛性の補正係数**0.3**

変形



女川2号炉原子炉建屋 NS方向
シミュレーション解析モデル



2階の例
初期剛性の補正係数**0.75**

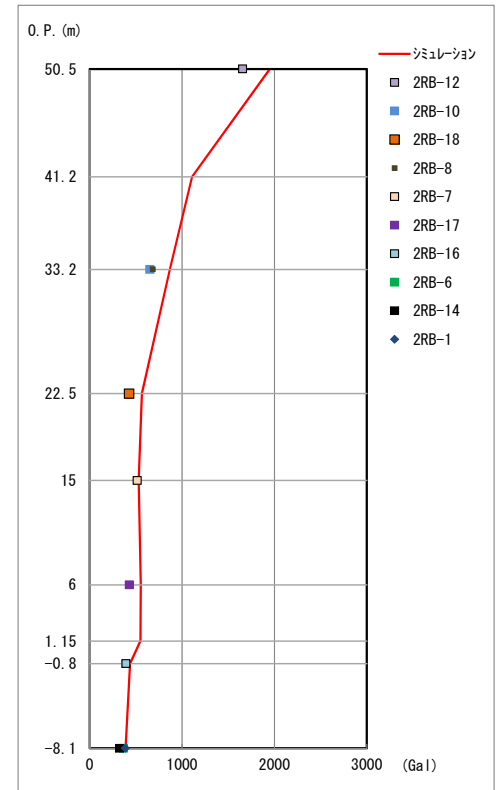
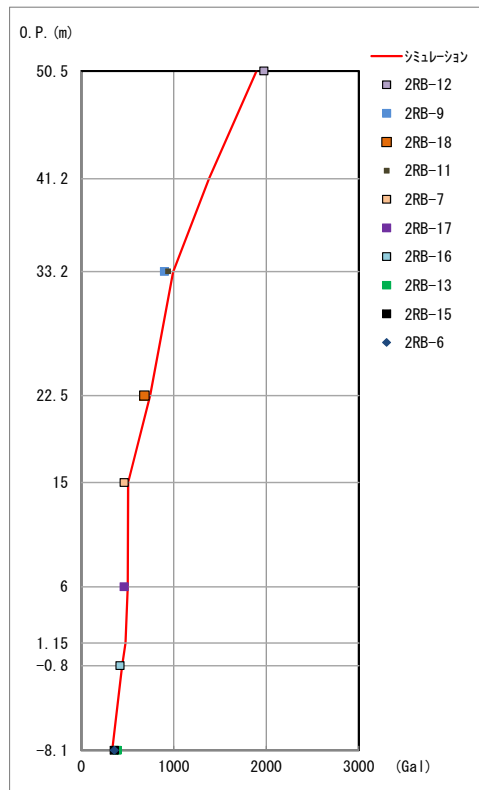
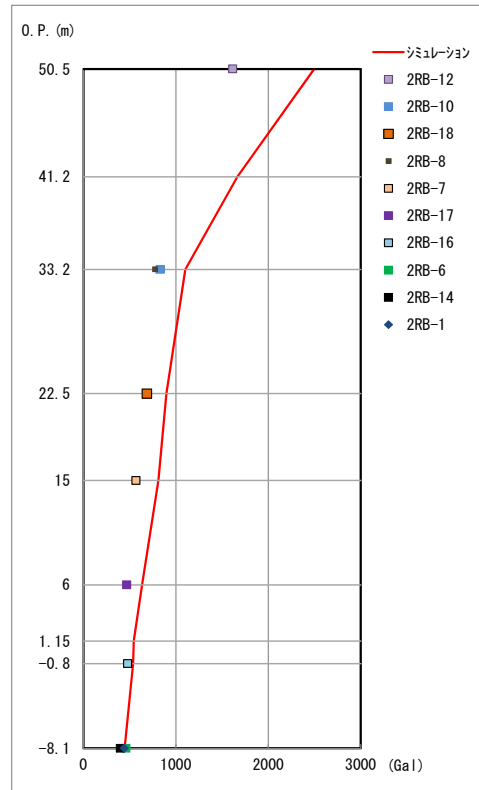
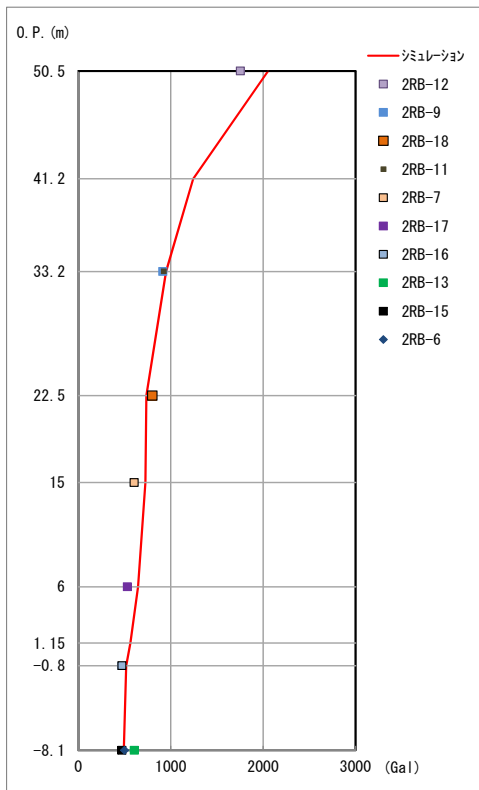
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

・シミュレーションモデルを用いた解析結果

■ 女川2号炉原子炉建屋の最大加速度分布の比較

最大加速度分布の比較では、3.11地震および4.7地震とも概ね各階の観測記録の傾向を捉えている。



※シミュレーションの最大加速度分布は各階の最大値としている。

NS方向 EW方向
 女川2号炉原子炉建屋 3.11地震
 最大加速度分布の比較

NS方向 EW方向
 女川2号炉原子炉建屋 4.7地震
 最大加速度分布の比較

※地震計位置は別紙1参照。

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

・シミュレーションモデルを用いた解析結果

■ 女川2号炉原子炉建屋 耐震壁の最大応答せん断ひずみ

耐震壁の応答は、3階より下部は最大応答せん断ひずみは $0.2\sim 0.3 \times 10^{-3}$ であった。3階でひずみが大きくなるが、終局耐力（耐震壁が負担できる最大の強度）に対し妥当な安全余裕を有し、機能保持限界との対応も考慮された評価基準値以下であった。

原子炉建屋耐震壁の最大応答せん断ひずみ

		シミュレーション解析結果		評価基準値
		最大応答せん断ひずみ	部位 (P24図面参照)	
3.11地震	NS(南北)方向	0.63×10^{-3}	IW-C 3階上部	2.0×10^{-3}
	EW(東西)方向	0.50×10^{-3}	IW-4 3階	
4.7地震	NS方向	0.62×10^{-3}	IW-C 3階上部	
	EW方向	0.32×10^{-3}	IW-4 3階	

※各耐震壁のせん断骨格曲線上での応答値は別紙1参照
評価基準値は、JEAG(電気技術指針:原子力発電所耐震設計技術指針)による

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

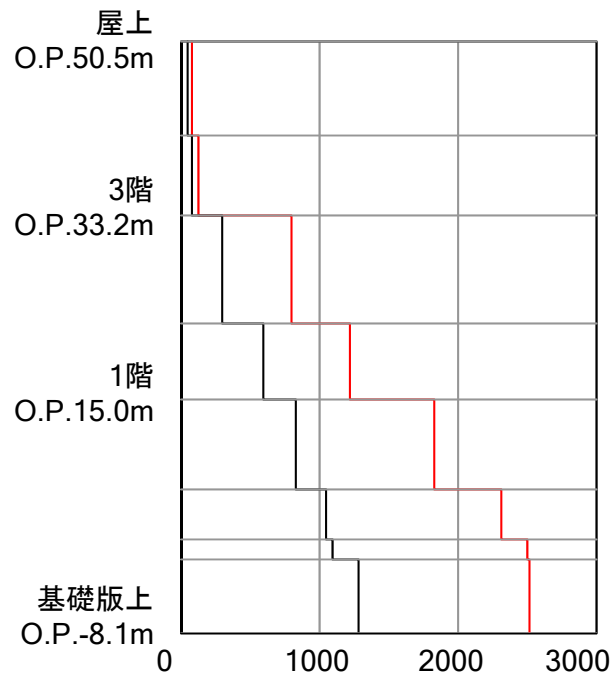
・シミュレーションモデルを用いた解析結果(3.11地震)

■ 女川2号炉原子炉建屋 各階の層せん断力

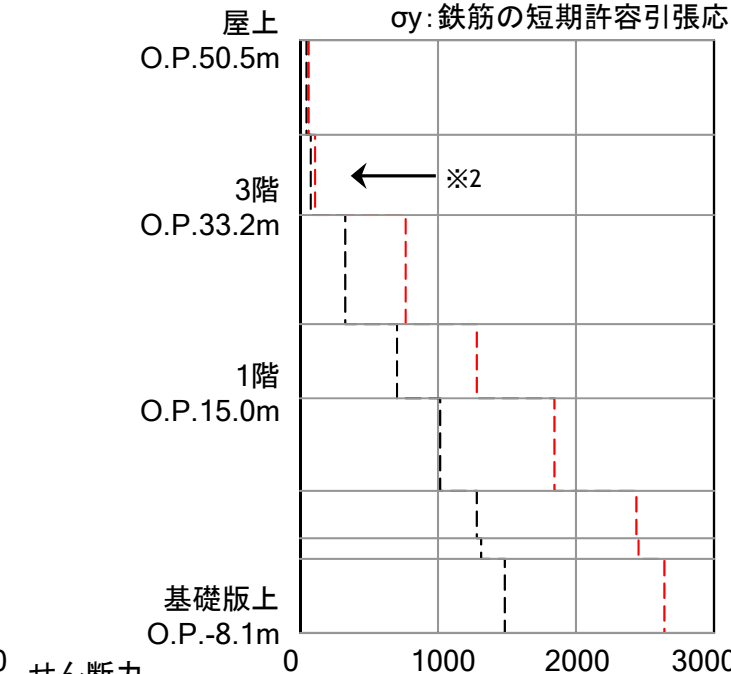
耐震壁の応答は、オペフロ上部でひずみが大きくなるが、各階の層せん断力は弾性限耐力^{※1}以下であり、鉄筋については弾性範囲であることを確認している。

なお、オペフロ上部については比較的裕度が小さいことから、断面検討や3次元FEM解析による詳細検討も実施し、鉄筋については弾性範囲であることを確認している(本資料では記載を省略)。

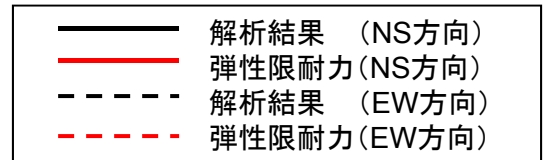
※1 弾性限耐力:鉄筋(設計配筋量)のみで負担できる短期許容応力度($P_w \times \sigma_y$)から算定
 P_w :せん断力を負担する耐震壁の鉄筋比
 σ_y :鉄筋の短期許容引張応力度



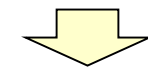
3.11地震 NS方向



3.11地震 EW方向



赤線の弾性限耐力が黒線の解析結果を上回っている



鉄筋は弾性範囲

※2 比率(各階の層せん断力/弾性限耐力)の最大値:0.72(EW方向)
 →約3割の余裕がある

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

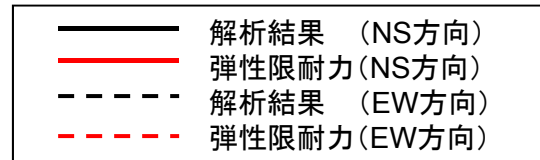
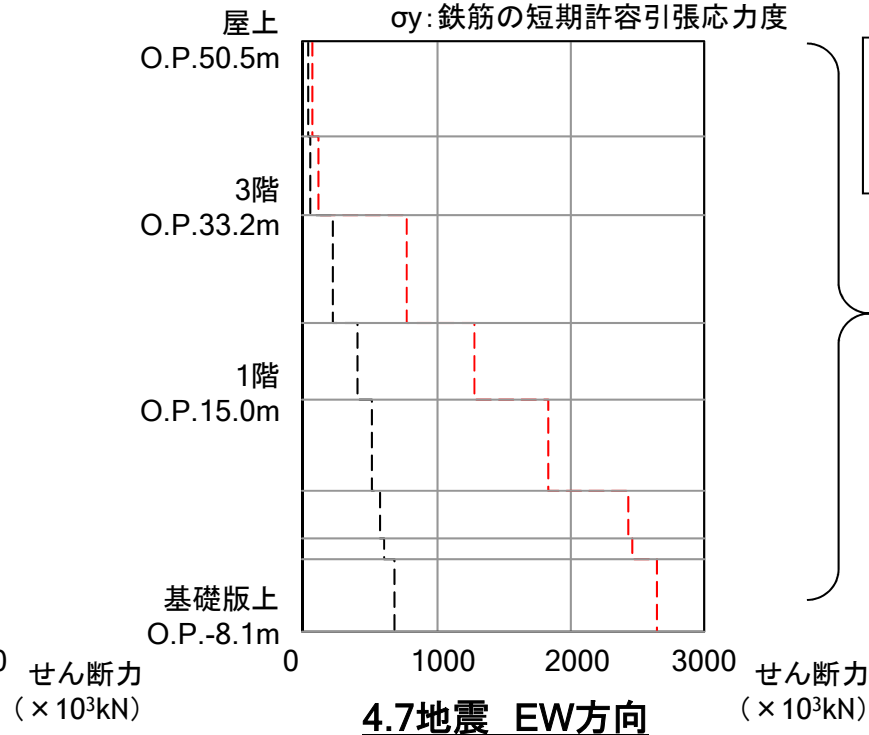
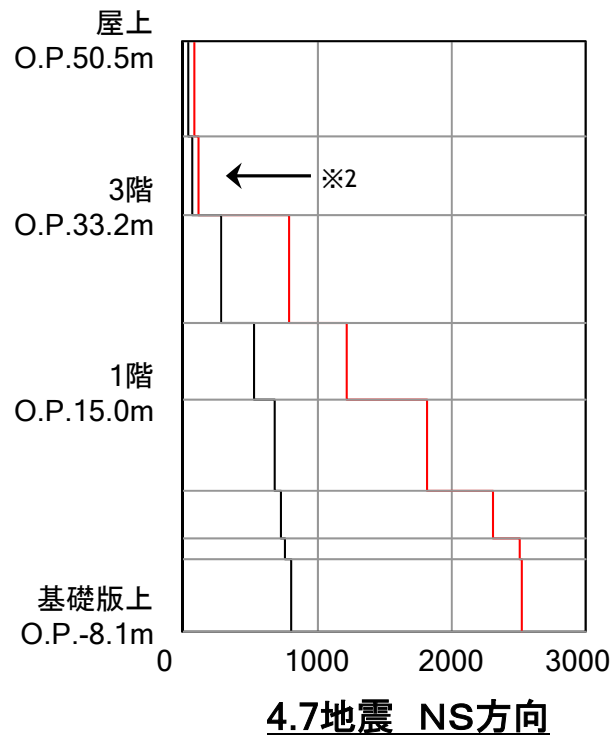
・シミュレーションモデルを用いた解析結果(4.7地震)

■ 女川2号炉原子炉建屋 各階の層せん断力

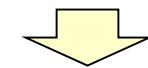
耐震壁の応答は、オペフロ上部でひずみが大きくなるが、各階の層せん断力は弾性限耐力^{※1}以下であり、鉄筋については弾性範囲であることを確認している。

なお、オペフロ上部については比較的裕度が小さいことから、断面検討や3次元FEM解析による詳細検討も実施し、鉄筋については弾性範囲であることを確認している(本資料では記載を省略)。

※1 弾性限耐力:鉄筋(設計配筋量)のみで負担できる短期許容応力度($P_w \times \sigma_y$)から算定
 P_w :せん断力を負担する耐震壁の鉄筋比
 σ_y :鉄筋の短期許容引張応力度



赤線の弾性限耐力が
 黒線の解析結果を上
 回っている



鉄筋は弾性範囲

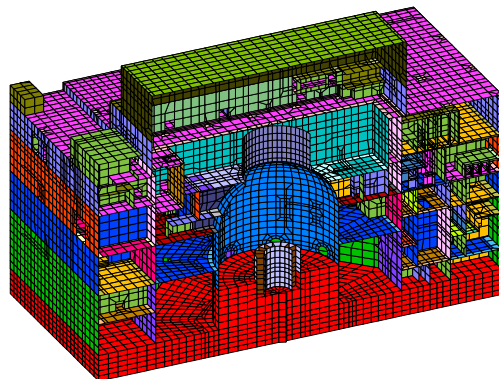
※2 比率(各階の層せん断力/弾性限耐力)の最大値:0.60(NS方向)
 →約4割の余裕がある

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

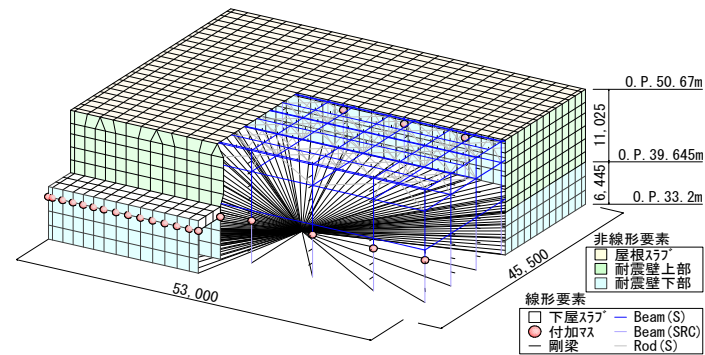
3.4 その他の地震応答解析にかかわる検討内容

【原子炉建屋の健全性に関わるその他の検討内容】

- 3次元FEM(有限要素法)による建屋応答解析結果と地震後点検の結果との対応なども含めた詳細な評価
- 建屋3階の健全性についての3次元FEM非線形解析
- 初期剛性低下の要因分析
- 初期剛性低下が耐力に影響を与えないことの確認(実験)

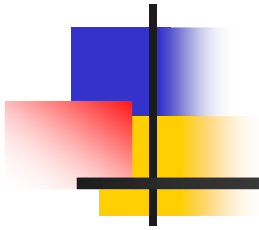


原子炉建屋
建屋全体3次元FEM解析



原子炉建屋3階
3次元FEM非線形解析

原子炉建屋の健全性評価のまとめ (経過報告)



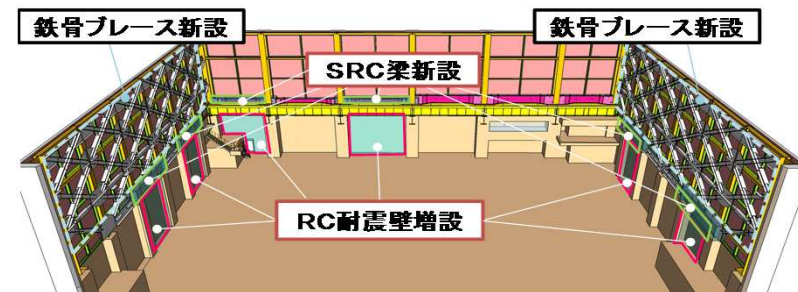
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

3.5 原子炉建屋の健全性評価のまとめ(経過報告)

【原子炉建屋の健全性について】

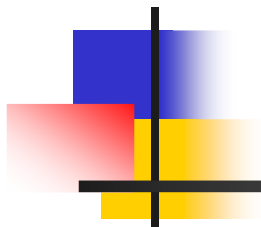
- 地震後点検の結果、建屋の耐震壁にはひび割れの発生が認められたものの**構造上問題となるひび割れは生じていなかった**。
- シミュレーション解析の結果から、建屋の固有振動数が低下しているが耐震壁の鉄筋は弾性範囲にあり健全であることが確認された。従って、**建屋は「概ね弾性範囲」であった**。

今後、本安全性検討会において、詳細な評価結果を説明するとともに、地震後の建屋の状態を反映し、さらに耐震裕度向上工事も含めて基準地震動 S_s に対する耐震安全性について説明する。



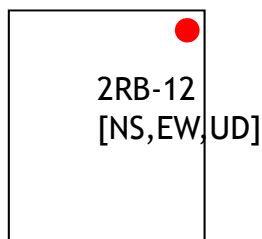
原子炉建屋
3階耐震裕度向上工事概要

シミュレーションモデルを用いた解析結果
各階の加速度応答スペクトルの比較

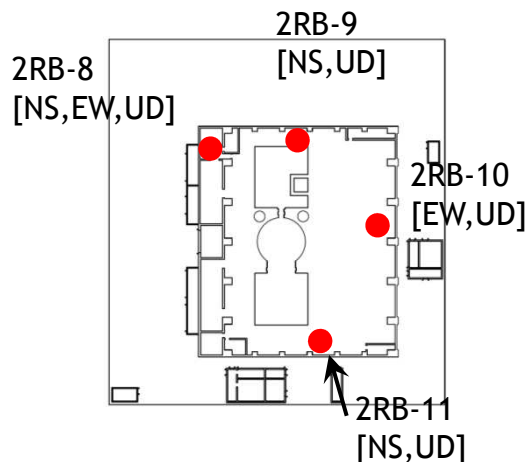


シミュレーションモデルを用いた解析結果

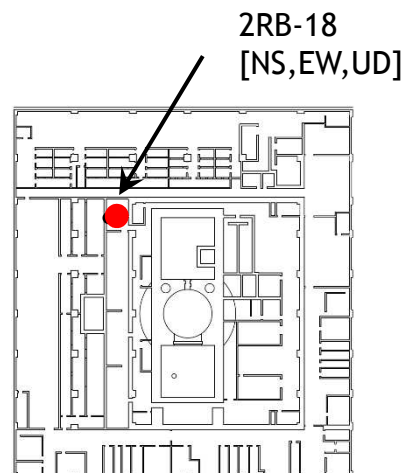
■女川2号炉原子炉建屋地震計位置図



RF (O.P.50.5m)

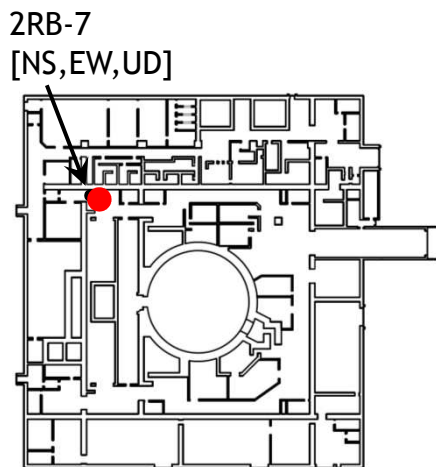


3F (O.P.33.2m)

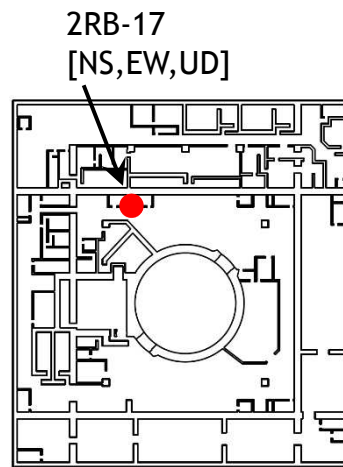


2F (O.P.22.5m)

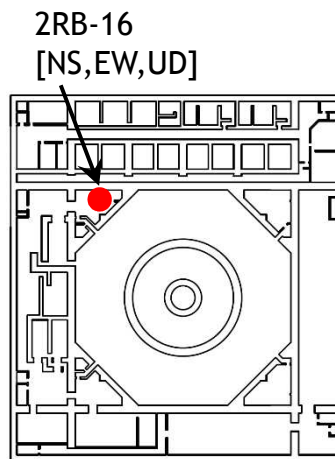
NS: 南北方向
EW: 東西方向
UD: 鉛直方向



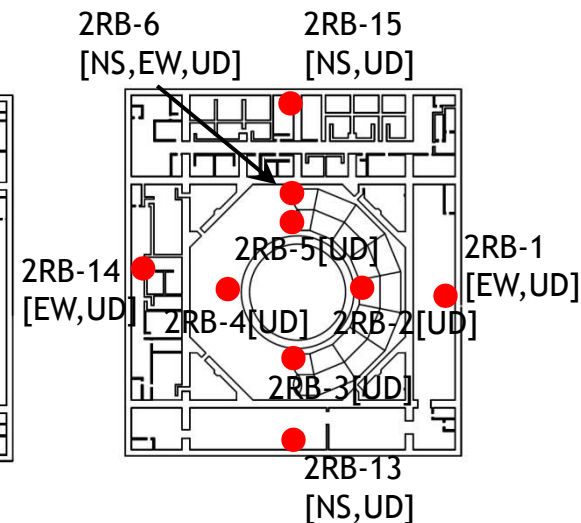
1F (O.P.15.0m)



B1F (O.P.6.0m)



B2F (O.P.-0.8m)

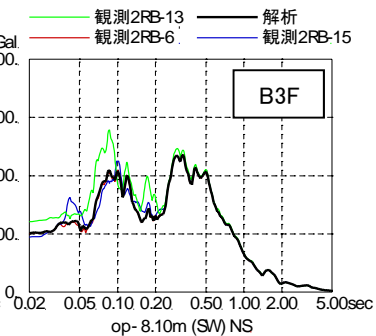
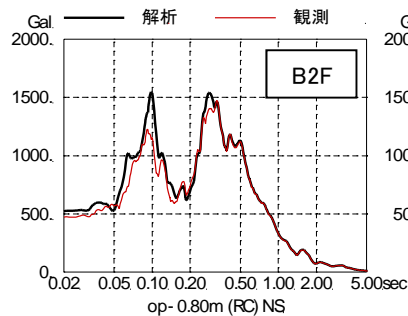
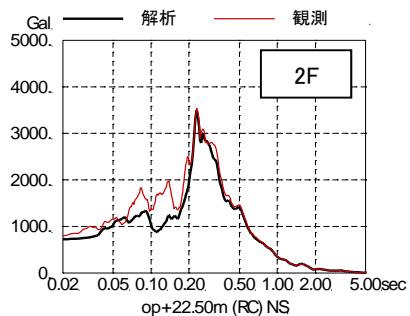
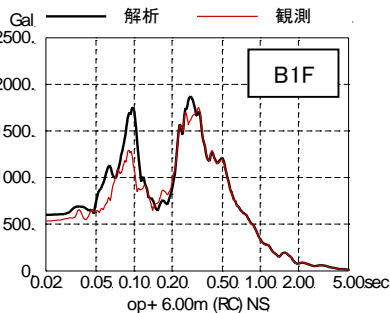
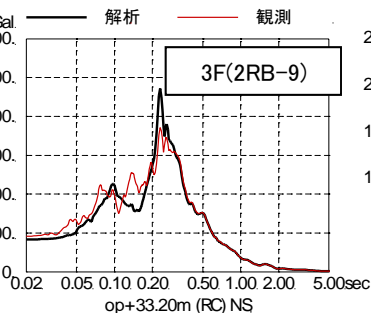
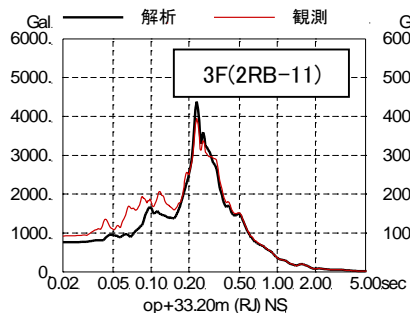
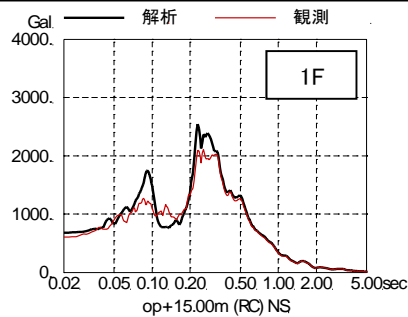
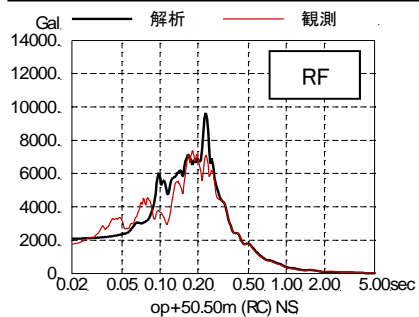


基礎版上 (O.P.-8.1m)

シミュレーションモデルを用いた解析結果

■ 女川2号炉原子炉建屋の加速度応答スペクトルの比較(3.11地震)

解析結果は、観測記録の卓越周期および振幅の傾向を捉えている。



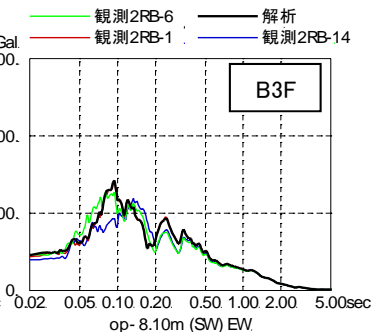
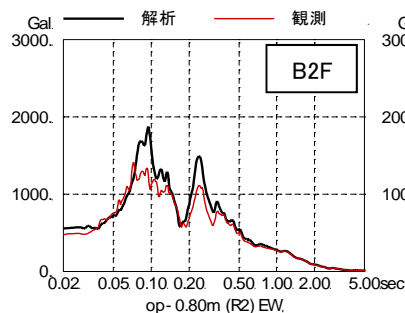
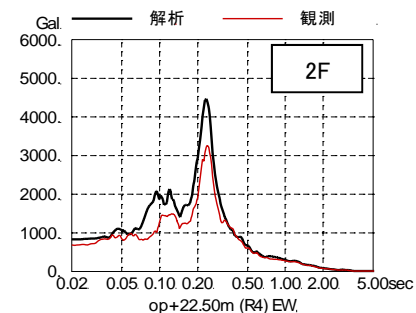
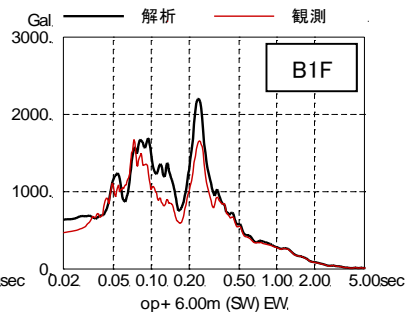
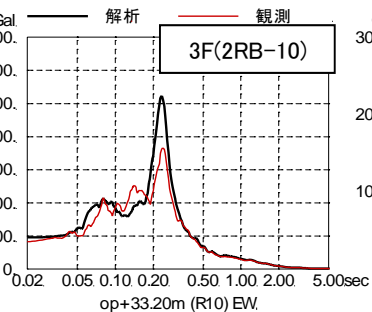
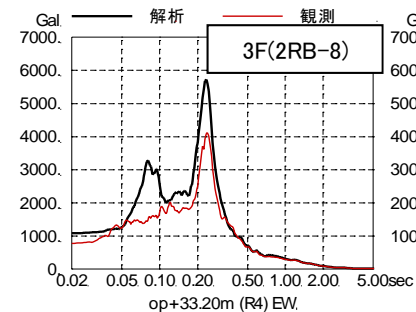
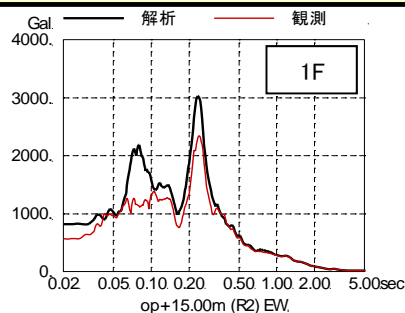
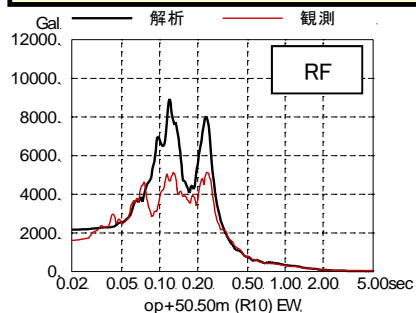
NS方向

h=5%

シミュレーションモデルを用いた解析結果

■ 女川2号炉原子炉建屋の加速度応答スペクトルの比較(3.11地震)

解析結果は、観測記録を若干上回っているところもあるが、観測記録の卓越周期および振幅の傾向を捉えている。



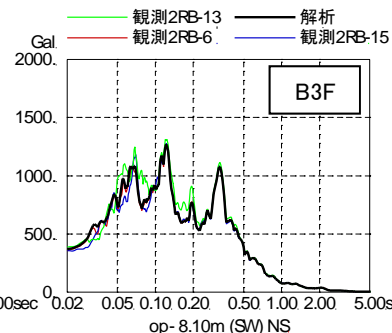
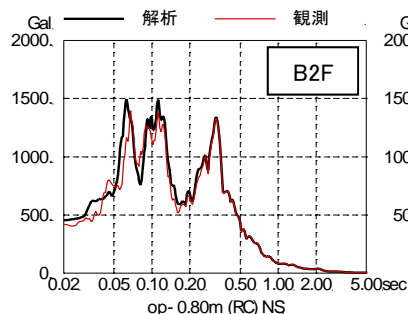
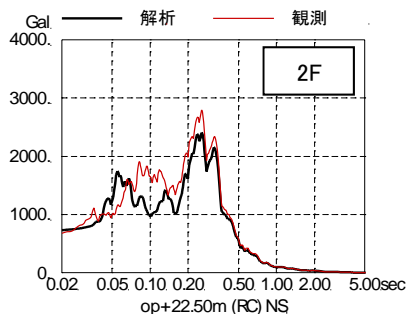
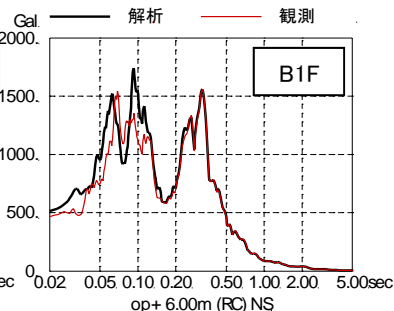
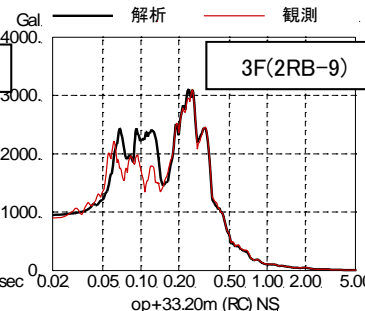
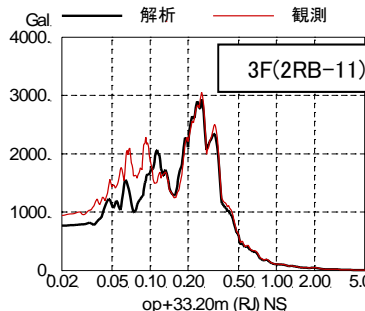
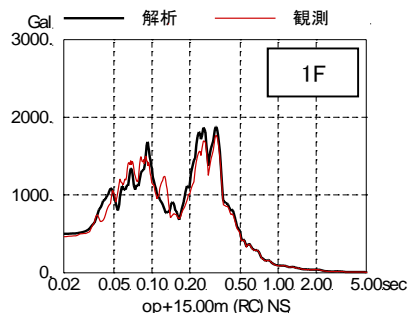
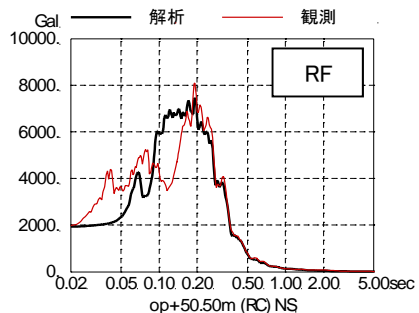
EW方向

h=5%

シミュレーションモデルを用いた解析結果

■ 女川2号炉原子炉建屋の加速度応答スペクトルの比較(4.7地震)

解析結果は、観測記録の卓越周期および振幅の傾向を捉えている。



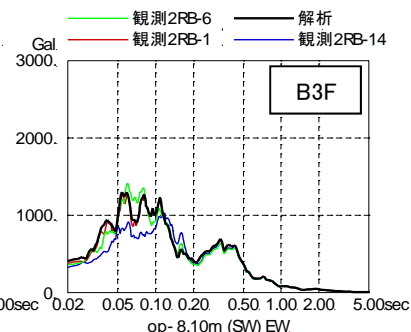
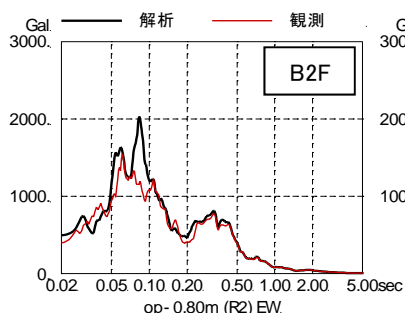
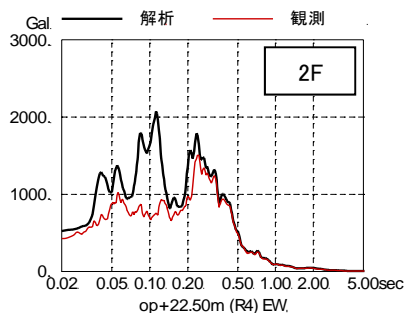
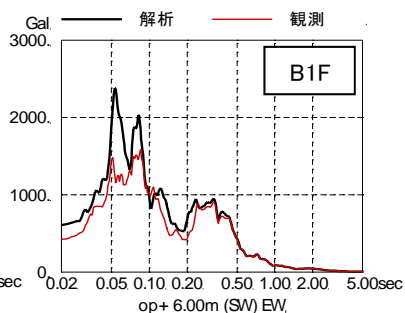
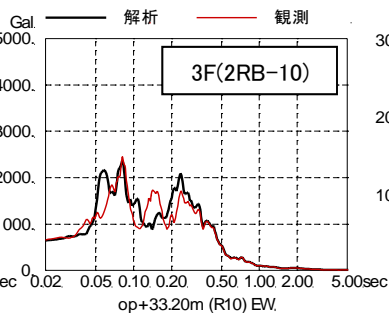
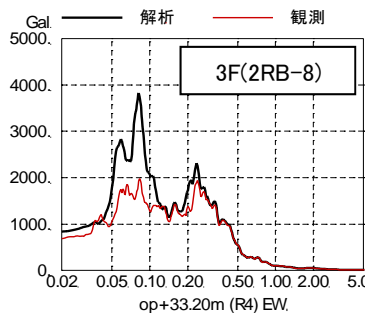
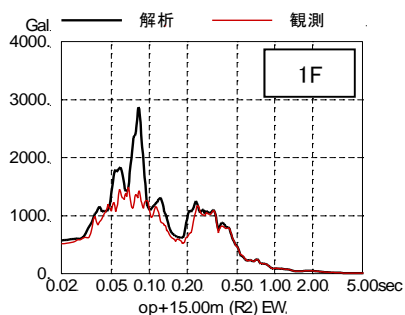
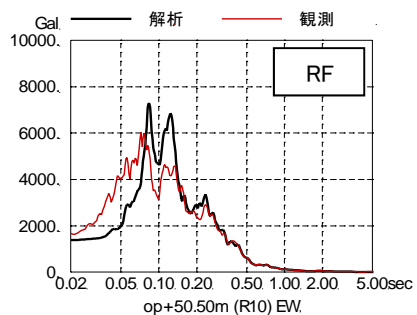
NS方向

h=5%

シミュレーションモデルを用いた解析結果

■ 女川2号炉原子炉建屋の加速度応答スペクトルの比較(4.7地震)

解析結果は、観測記録を若干上回っているところもあるが、観測記録の卓越周期および振幅の傾向を捉えている。



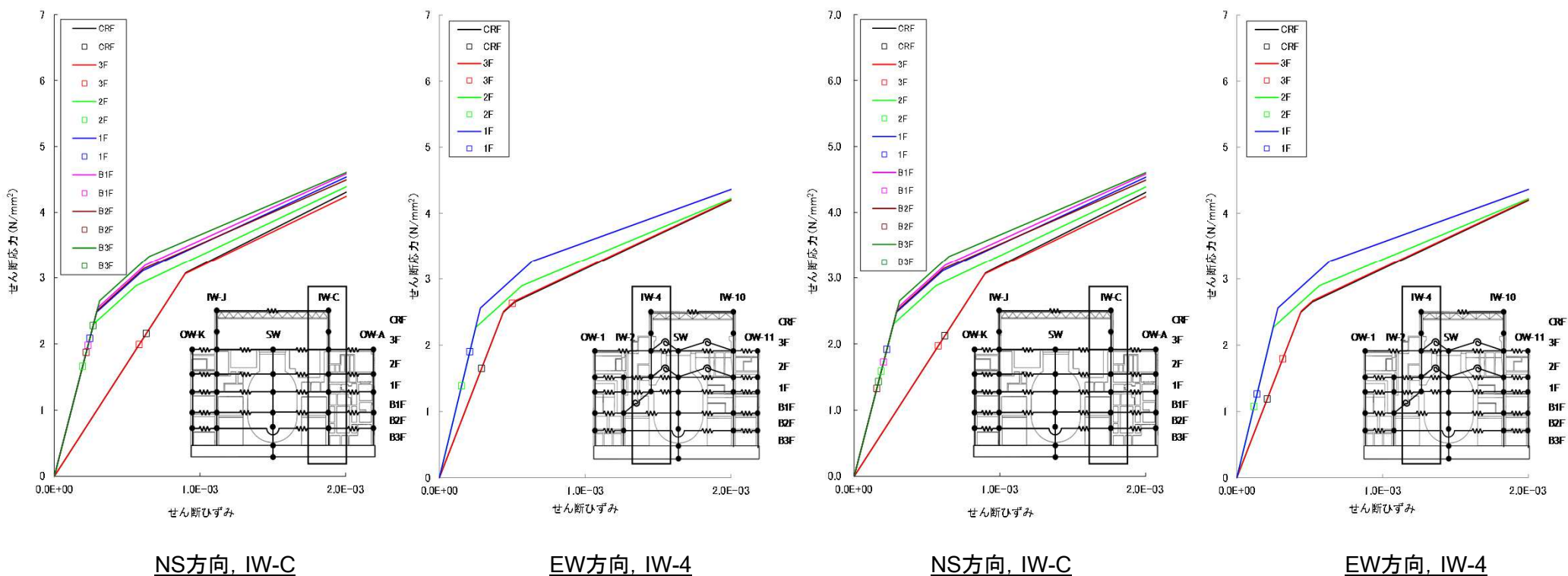
EW方向

h=5%

シミュレーションモデルを用いた解析結果

■ 女川2号炉原子炉建屋 耐震壁の最大応答せん断ひずみ

耐震壁の応答は、オペフロ下部は最大で $0.2 \sim 0.3 \times 10^{-3}$ であった。オペフロ上部でひずみが大きくなるが、終局耐力に対し妥当な安全余裕を有し、機能保持限界との対応も考慮された評価基準値以下であった。



3.11地震

4.7地震

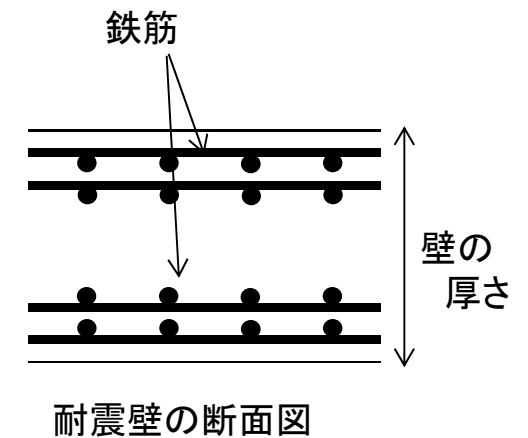
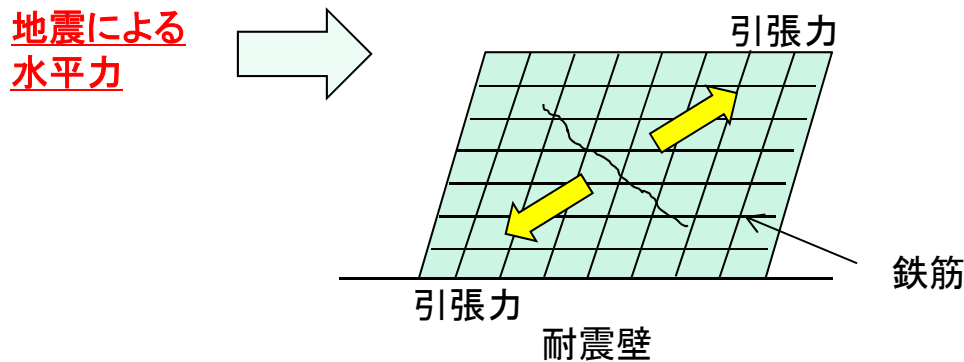
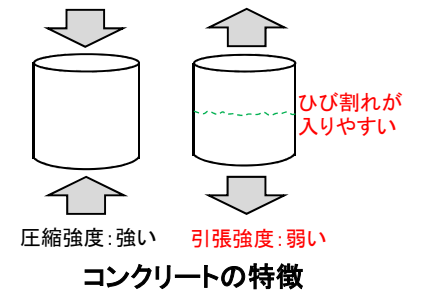
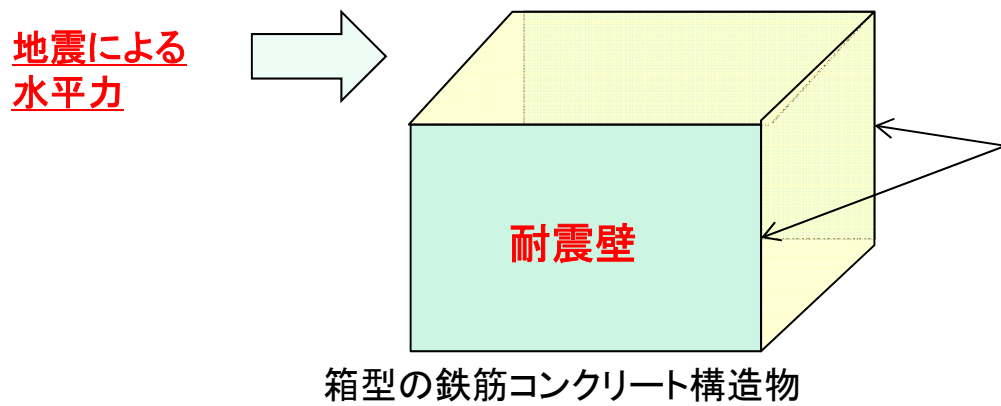
女川2号炉原子炉建屋 せん断スケルトン上の最大応答値



參考資料

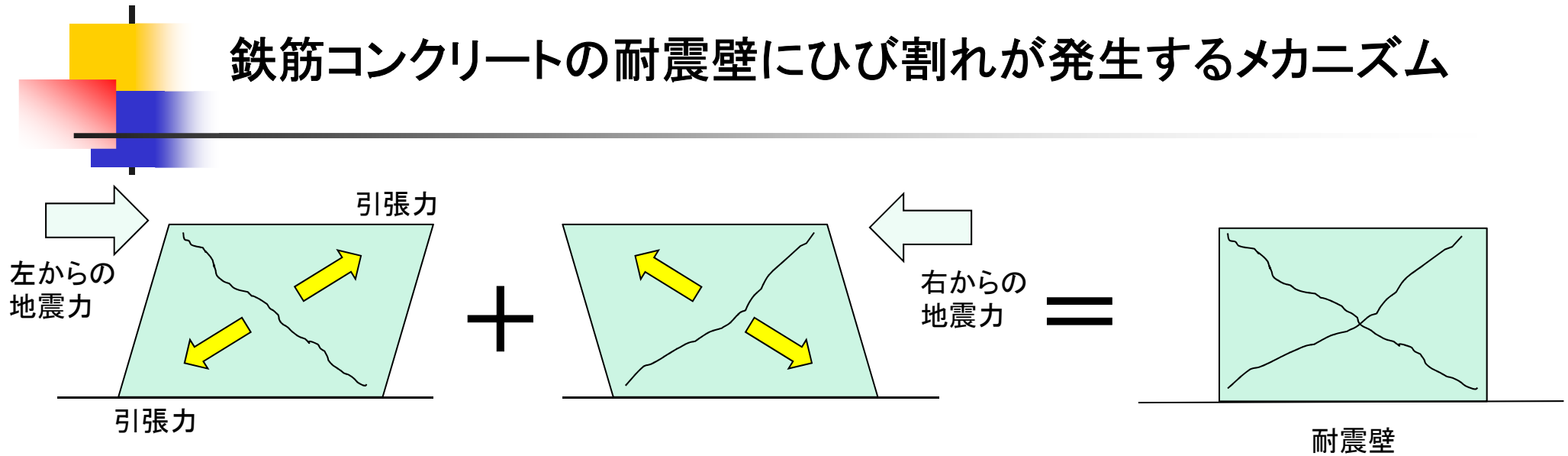
鉄筋コンクリート構造の特徴(耐震壁)

- 鉄筋コンクリート構造は、コンクリートはもともと引張力に対して弱いため、引張力を鉄筋で、圧縮力をコンクリートで負担するような複合構造物である。
- コンクリートのひび割れは引張力が作用することにより発生するが、ひび割れ発生後は鉄筋が引張力を負担するため、鉄筋が健全であれば、ひび割れが生じても直ちに健全性を損なうことはなく、地震に対して抵抗する力を失うことはない。



鉄筋が健全であれば安全性に全く問題はない。

鉄筋コンクリートの耐震壁にひび割れが発生するメカニズム



コンクリートは引張力に弱いため、壁には引張力により斜め方向のひび割れが発生

X型のひび割れとなる

■地震時の被災度は一般にひび割れ幅に基づき評価することができる

水平力により耐震壁に変形が生じると、引張力によって斜め方向のひび割れが発生

変形が増大すると、ひび割れ幅も増大

ひび割れ幅により被災度を評価することができる

設備健全性確認の現状の取組み

項目		H23.3.11地震	保全計画届出 H23.8	現在	プラント 起動	総合負荷 性能検査
地震後の初期対応 (地震後のパトロール, 主要機器の機能確認)		[黒塗り]				
地震後の 設備健全性確認	機器・系統の 設備健全性確認		機器・系統レベルの点検※ (フェーズ1)	機器・系統レベルの点検 (フェーズ1, 系統復旧後実施項目)	プラント全体の健全性確認(フェーズ2)	地震影響の継続監視(フェーズ3)
	建物・構築物の 設備健全性確認		点検	地震応答解析	地震影響の継続監視(フェーズ3)	

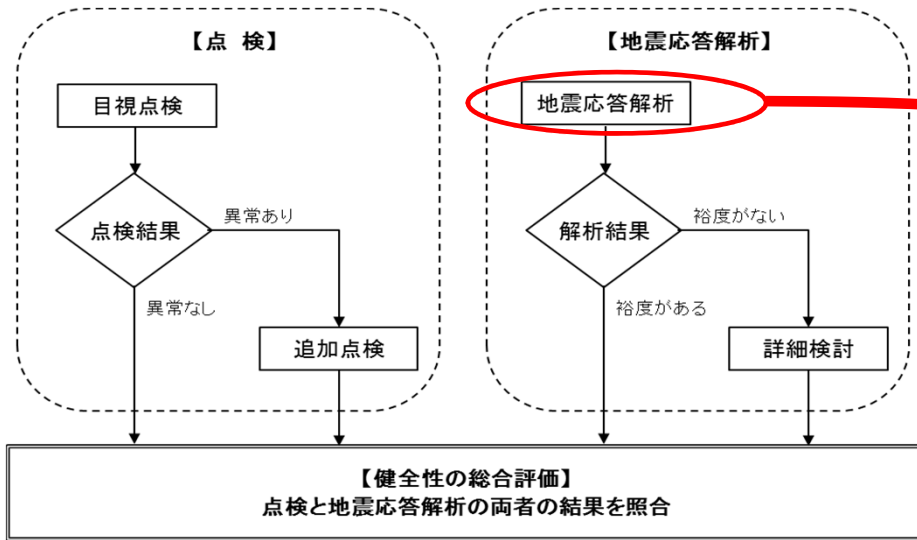
完了 ▲

※：今後のプラント復旧と同時に実施する必要のある項目および運用上の制約から計画的に点検を行っている項目を除く。

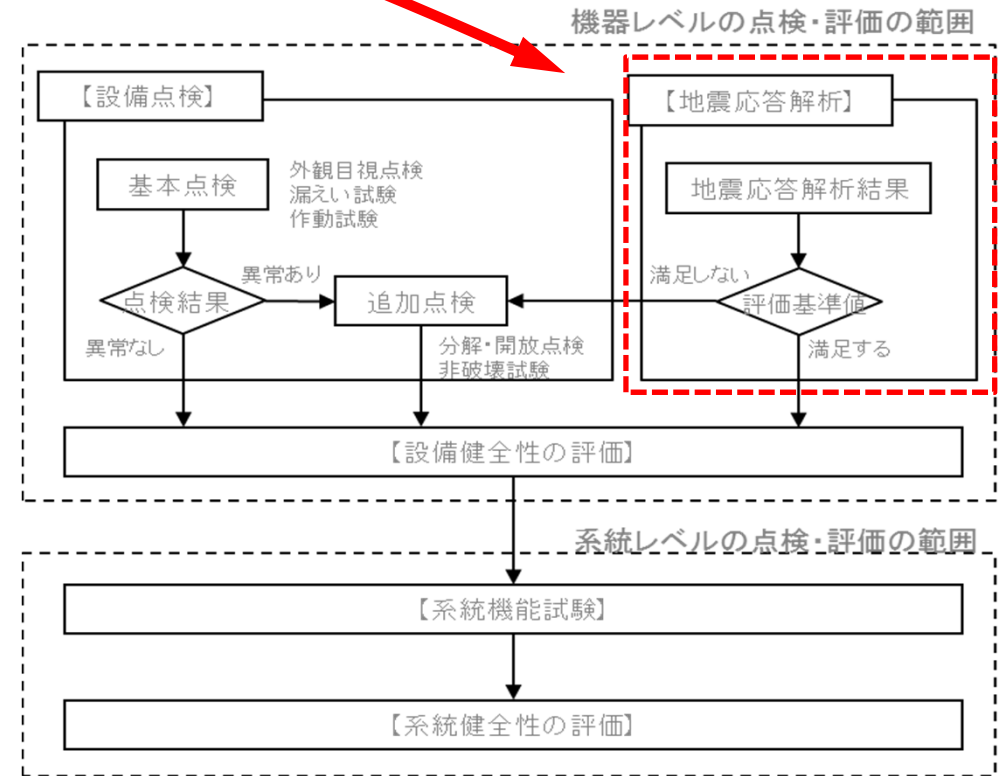
設備健全性確認の現状の取組み(機器・系統の設備健全性確認)

建物・構築物の健全性確認

機器・系統の健全性確認



地震時の建屋応答の再現解析に基づき
機器の解析評価を実施



今後の予定

3.11地震および4.7地震における地震観測記録

地震時の建屋応答の再現解析(シミュレーションモデルの作成)

原子炉圧力容器, 原子炉格納容器等の地震応答解析

適合性審査状況

- 東北地方太平洋沖地震等後の点検結果や初期剛性の低下を考慮した地震応答解析モデルの妥当性について、当社はこれまでに3回の審査会合でその概要を説明

主な質問, 指摘事項

主な質問・指摘事項	回答状況
建屋の地震後の健全性について、点検調査結果及び解析結果等を踏まえ総合的に説明すること	今後審査会合において説明
建屋の剛性低下の要因について、詳細に説明すること	今後審査会合において説明
建屋の剛性低下が、基準地震動 S_s に対する耐震安全性評価に与える影響を説明すること	今後審査会合において説明