

女川原子力発電所 2 号機の安全性に
関する検討会 説明資料

論点番号 8
(意見番号 16)

* 論点番号 2 (意見番号 6) と重複する資料は省略

修正版

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

* 当日の配布資料に対する委員
コメントを踏まえて一部修正

All rights reserved. Copyrights © 2017, Tohoku Electric Power Co., Inc.

目次

1. 地震後の設備点検の全体像

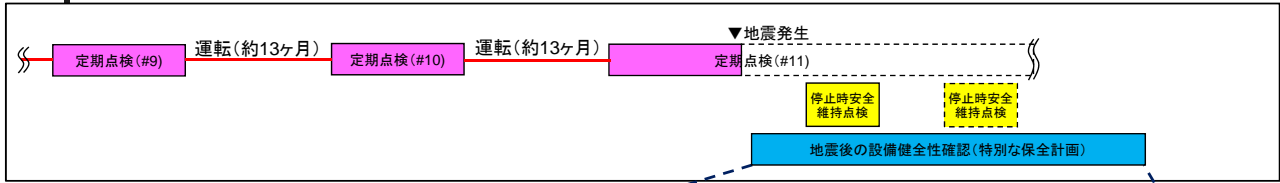
2. 機器・系統に関する健全性評価の概要

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

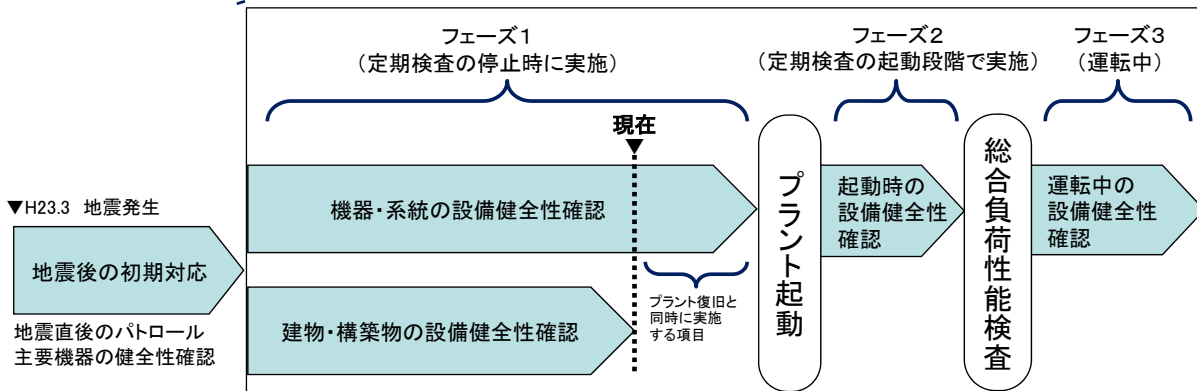
・点検結果及びシミュレーションモデルによる解析結果の概要を説明

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・システムレベルの点検・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)

2

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)

3

1.3 設備健全性確認に関する法令要求

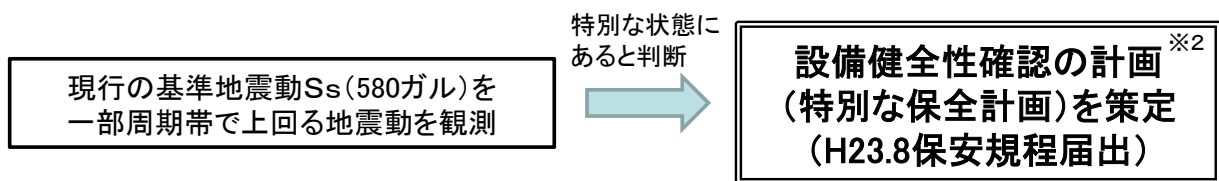
* 当日の配布資料に対する
委員コメントを踏まえて修正

「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, 自然災害や事故等により発電所を停止して, 発電所設備全般に対して追加的な点検等を実施する必要がある場合。*

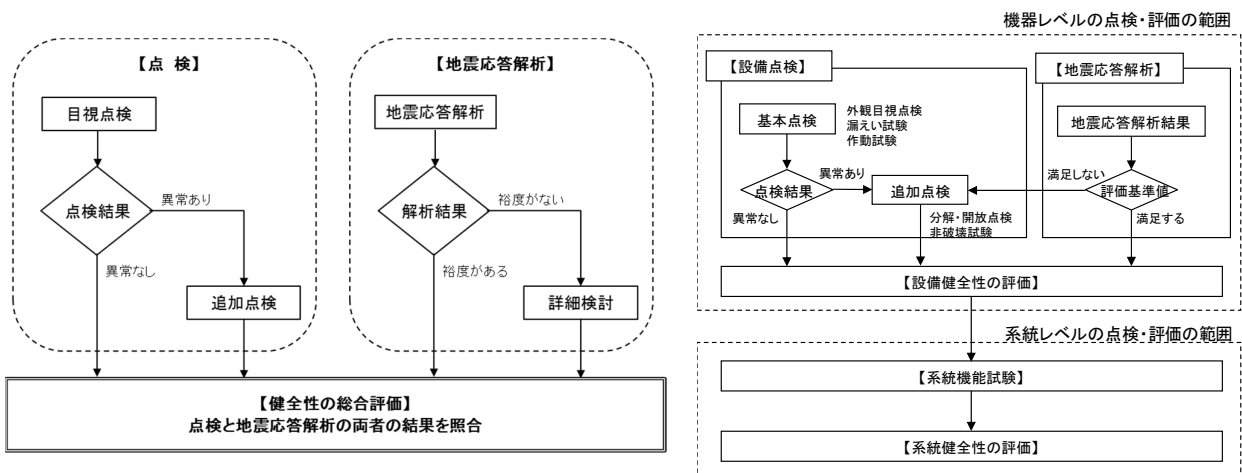


※2 設備健全性確認の結果は, 定期検査・保安検査等で確認を適宜受けていく。

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)

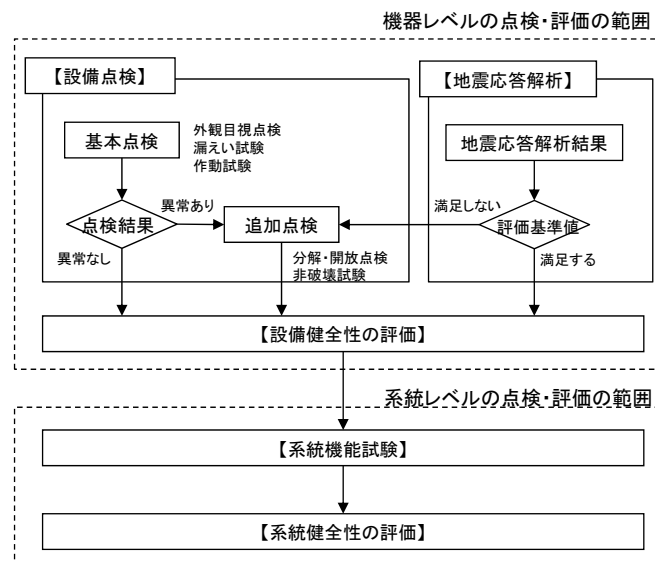
【内容】

- 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

6

2.1 機器・系統に関する設備健全性評価の概要

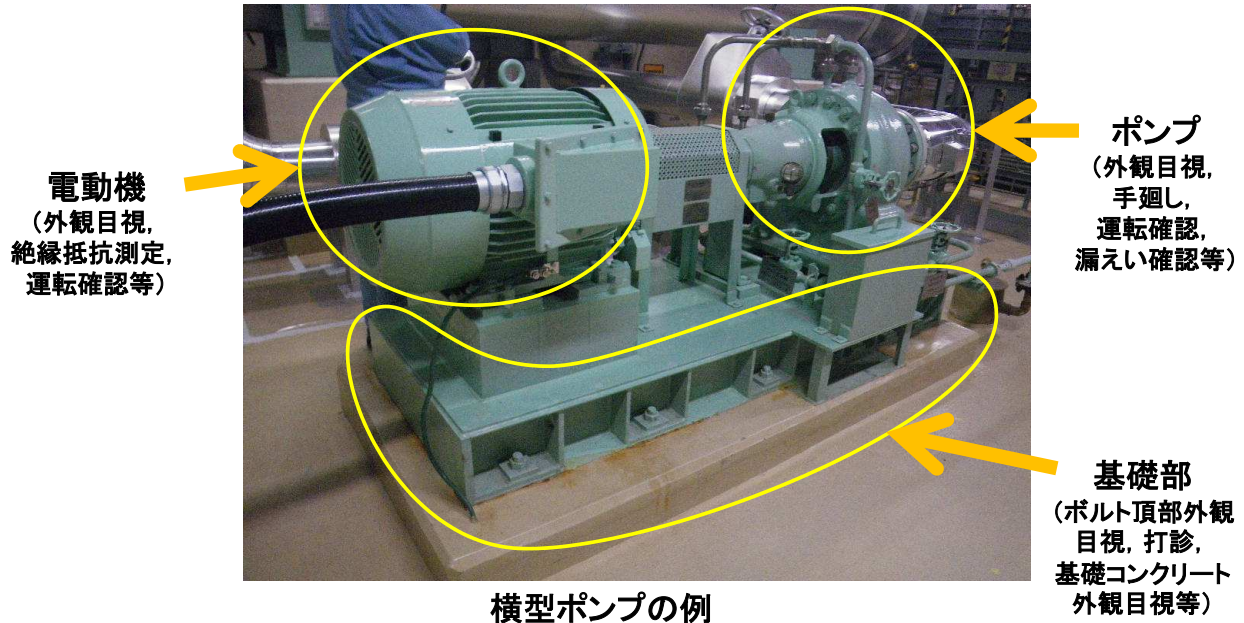
- 安全上重要な機器については, 設備点検と地震応答解析を実施し, 両者の結果を照合して健全性の評価を行う。
- 基本点検で異常が確認された場合, あるいは地震応答解析で評価基準値を満足しない場合は追加点検を行う。
- 設備の健全性評価後, 系統単位による機能試験を実施し, 系統の健全性の評価を行う。



7

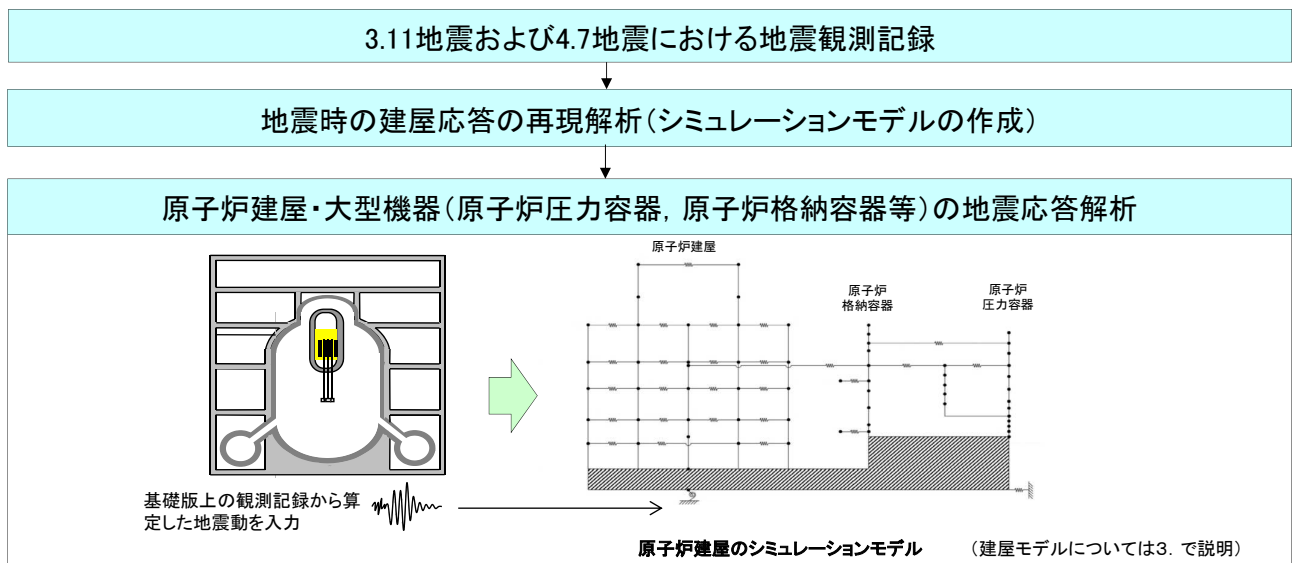
2.2 設備点検(基本点検)

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。



8

2.3 地震応答解析の概要



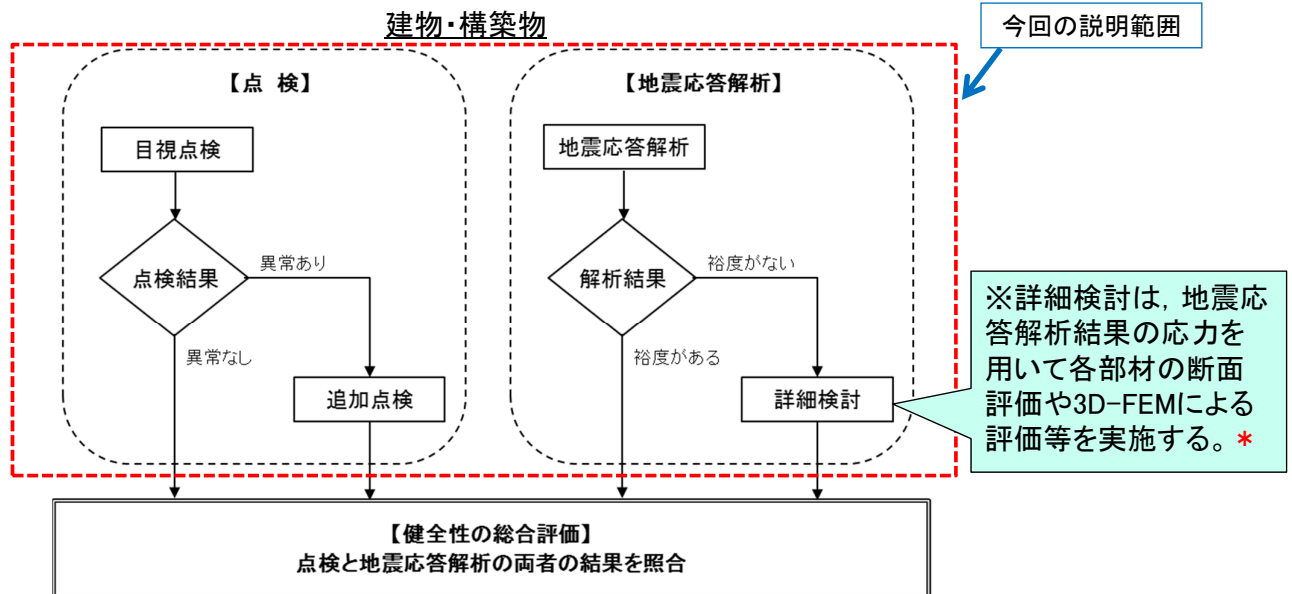
設備への影響評価

- 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。

9

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

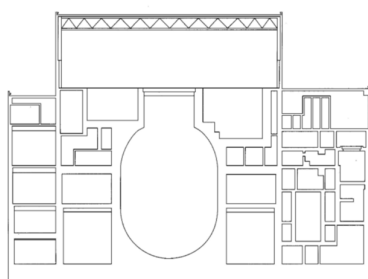
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

➤ 点検対象

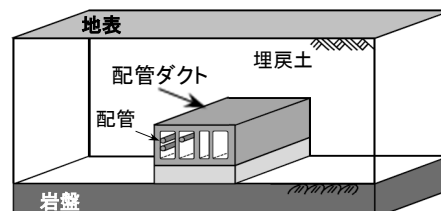
建 物	構 築 物
<ul style="list-style-type: none"> ・生体遮へい装置 (原子炉建屋, タービン建屋, 制御建屋) ・原子炉格納施設(原子炉建屋) ・堰その他の設備 	<ul style="list-style-type: none"> ・排気筒(基礎を含む) ・非常用ガス処理系配管ダクト ・原子炉補機冷却海水系配管ダクト ・海水ポンプ室 ・原子炉補機冷却海水系取水路

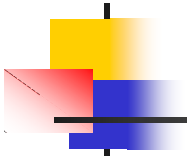
➤ 判定基準

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

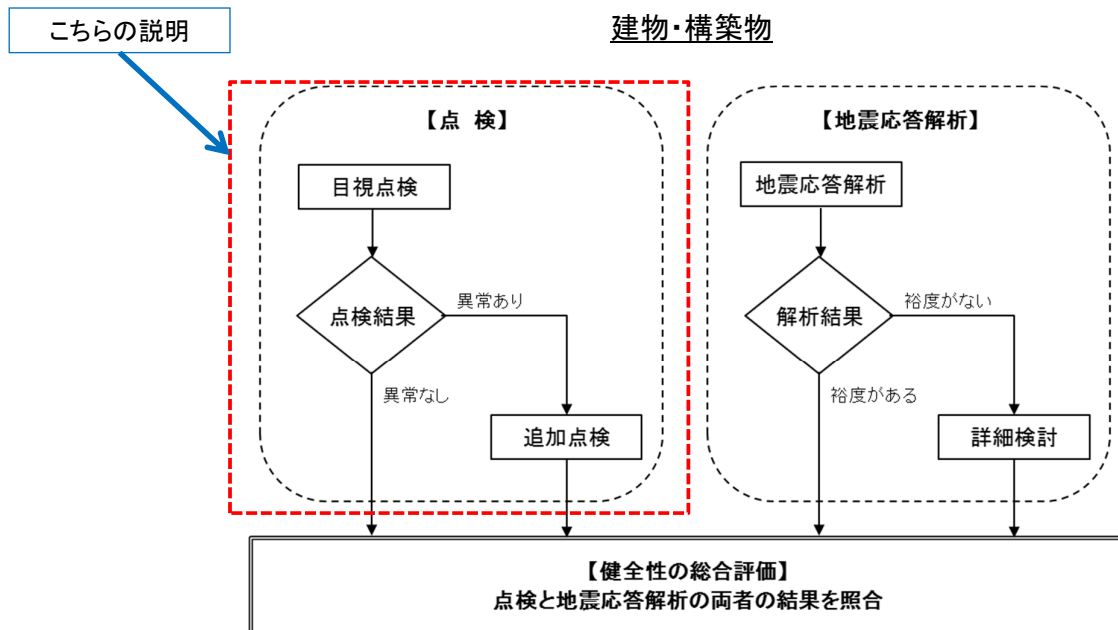
		点検による評価	
		異常なし	異常あり
地震応答解析の結果に基づく構造評価	裕度がある	評価終了 (異常なし)	・損傷の原因究明 ・損傷の健全性への影響を評価
	裕度がない	下記検討を実施 ・より詳細な追加解析 ・モックアップ試験等	



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



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

* 当日の配布資料に対する委員コメントを踏まえて修正

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ものの、構造的に類似した部位の点検結果および解析結果を踏まえて健全性を確認する。*
- 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

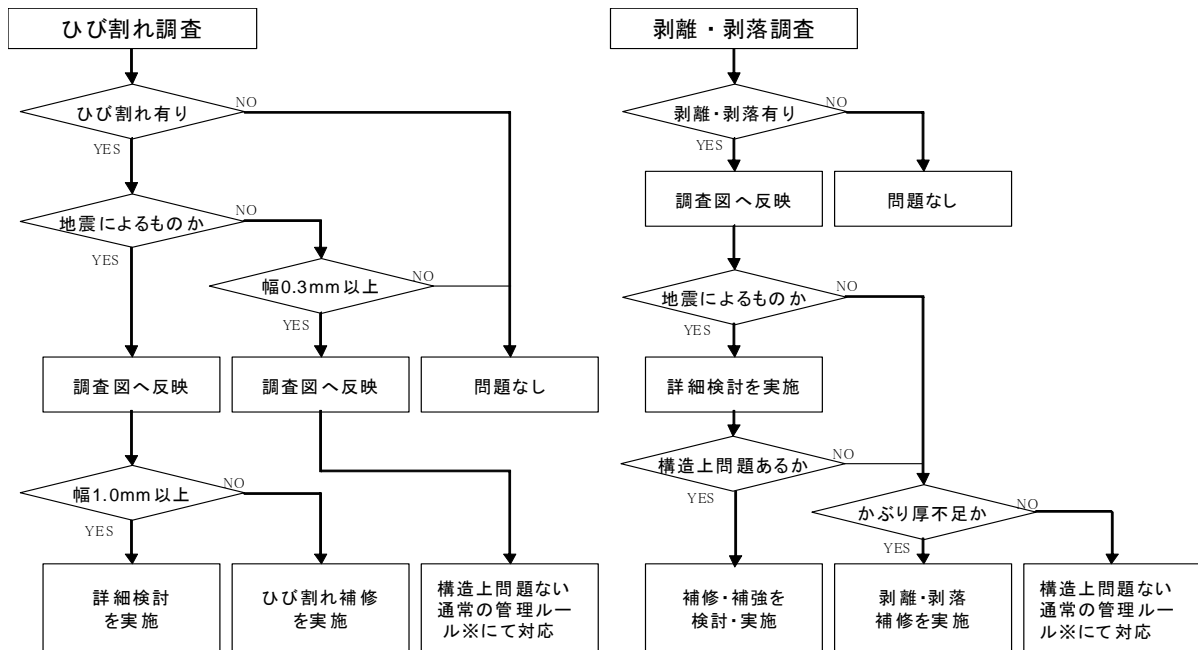
※ EPRI(米国電力研究所) NP-6695 Guidelines for Nuclear Plant Response to an Earthquakeにおける以下の記載等を参考に設定。

- 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。

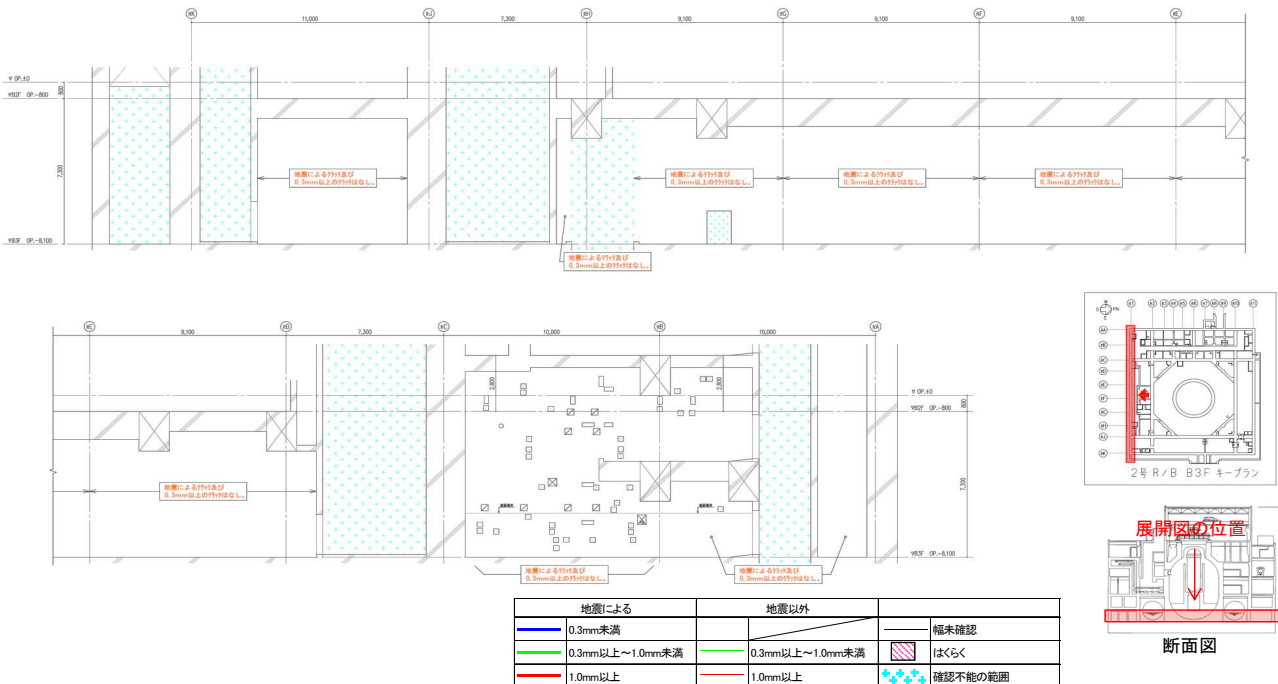


※発電所ひび割れ管理・補修要領などの社内マニュアルによる。
学協会等の指針等を参照し、0.3mm以上のひび割れを目安として調査図に反映することとしている。

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）

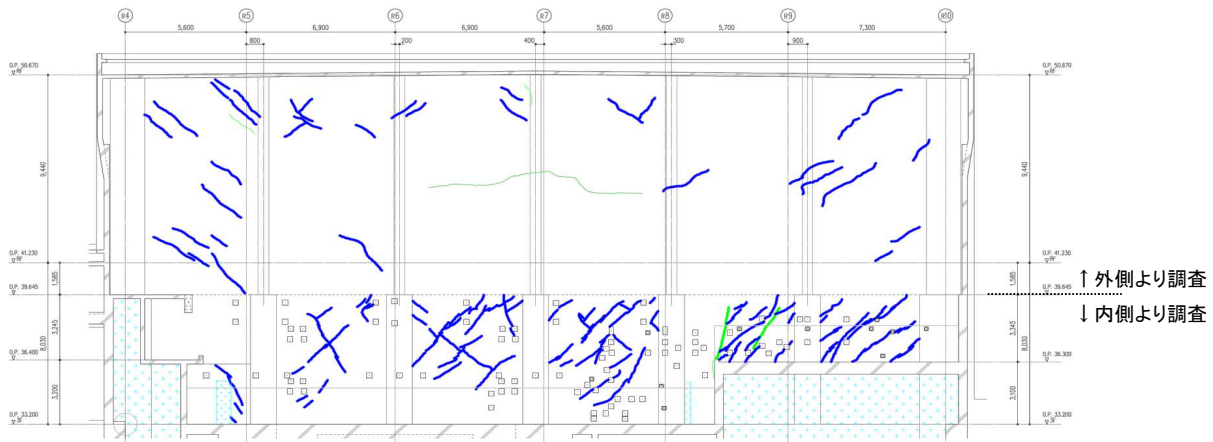
点検の結果、ひび割れはほとんど認められず、追加調査の目安となる、地震により生じた幅1.0mm以上のひび割れは確認されなかった。



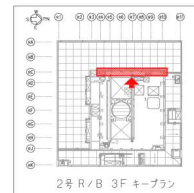
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

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。

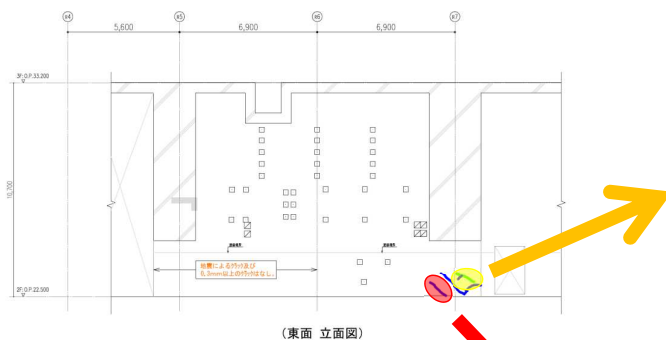


地震による		地震以外		
—	0.3mm未満	—	0.3mm以上~1.0mm未満	幅未確認
—	0.3mm以上~1.0mm未満	—	1.0mm以上	はくらく
—	1.0mm以上	■		確認不能の範囲

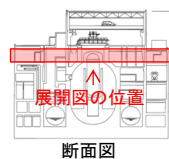
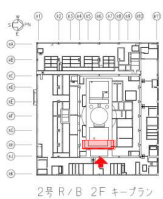


3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

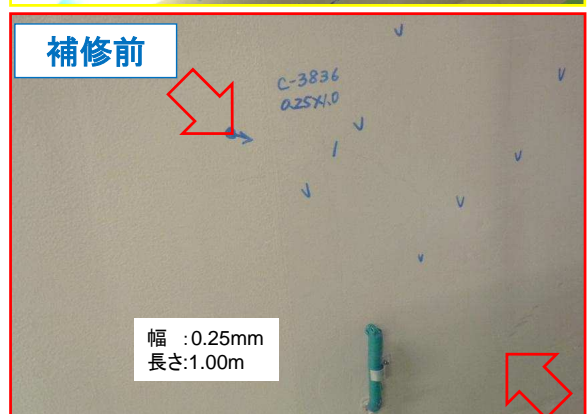
3.2 地震後点検結果の概要(2号炉原子炉建屋 地上2階の例)



(東面 立面図)



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

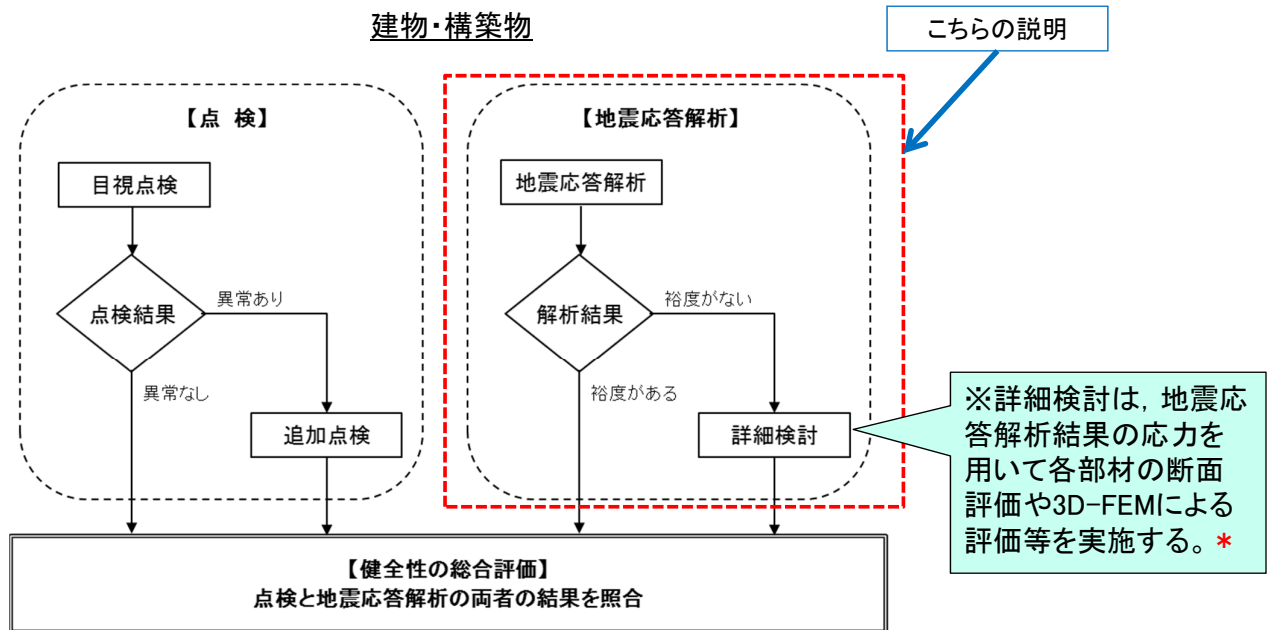
点検結果からは構造
上の問題はない

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

* 当日の配布資料に対する
委員コメントを踏まえて修正

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



22

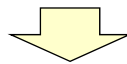
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

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

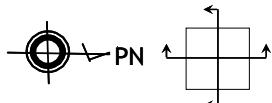
23

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

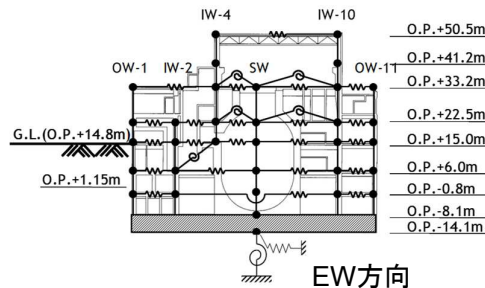
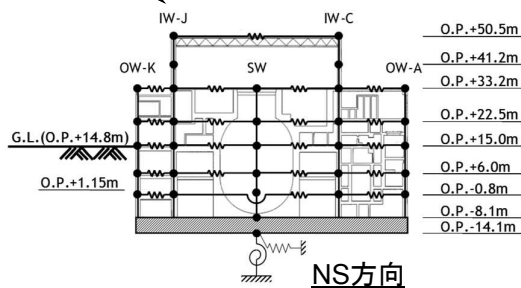
3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

・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/mm² (330kgf/cm²)
ヤング係数: 2.65 × 10⁴N/mm² (2.70 × 10⁶tf/m²)
せん断弾性係数: 1.14 × 10⁴N/mm² (1.16 × 10⁶tf/m²)



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	

※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)

女川2号炉原子炉建屋 シミュレーションモデル概要図

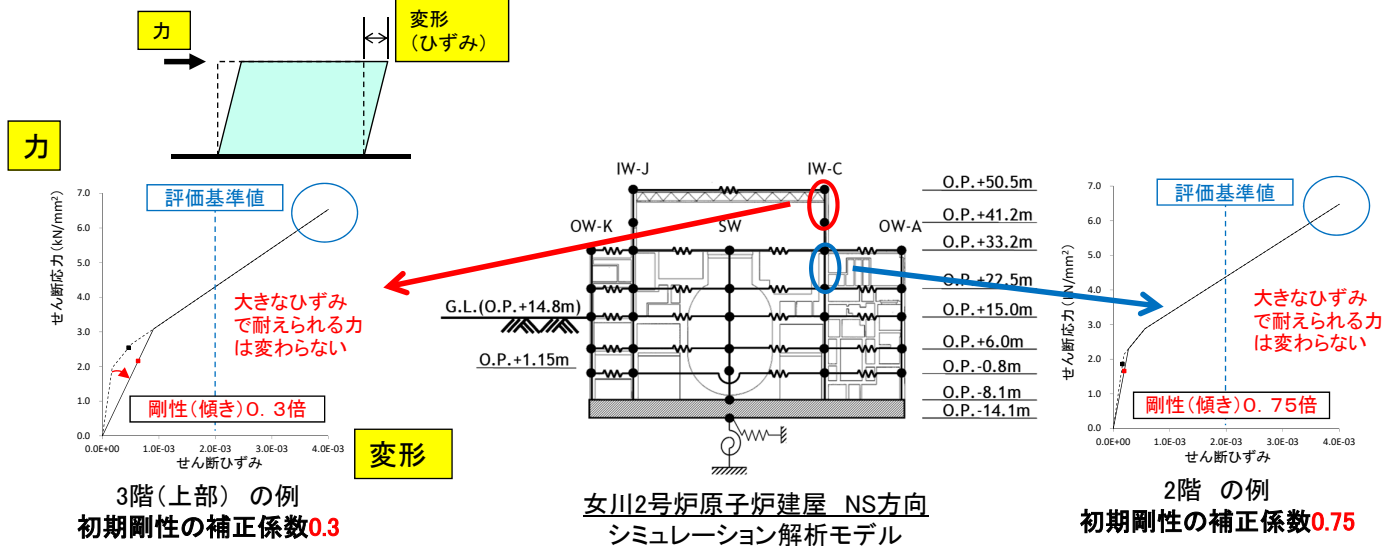
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

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



女川2号炉原子炉建屋 NS方向 せん断力-ひずみ関係の比較 3.11地震

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

* 当日の配布資料に対する
委員コメントを踏まえて修正

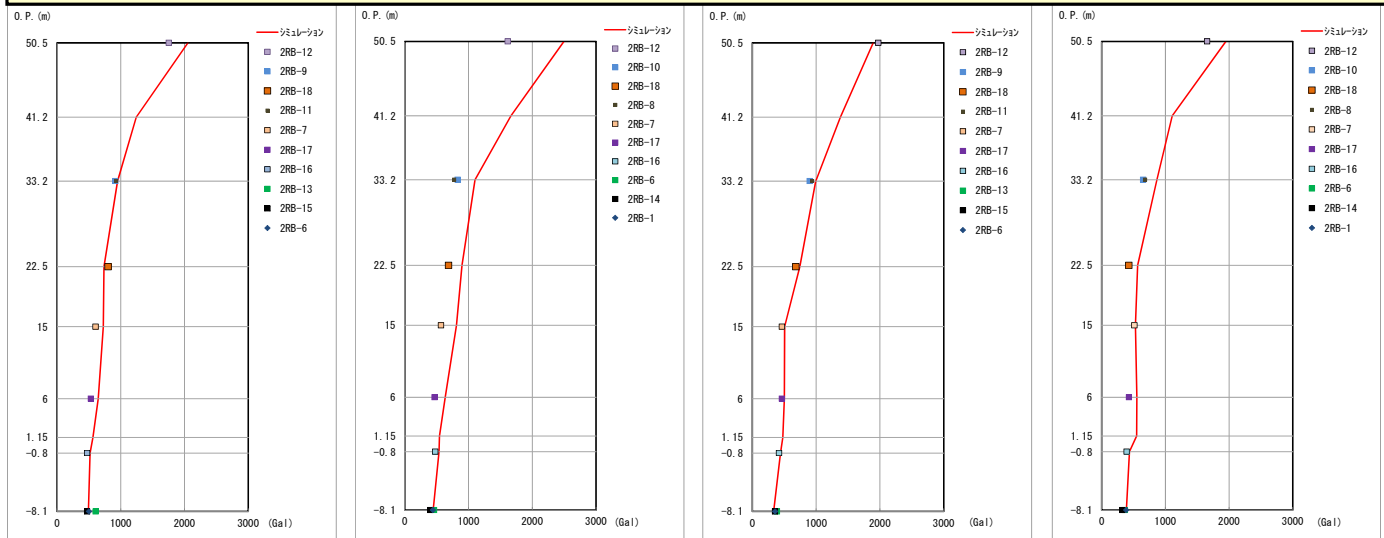
3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

・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

解析結果と観測記録の整合性の確認結果

解析結果の最大加速度分布は、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おり、設定したシミュレーションモデルは地震時の建屋応答を再現できている。*



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

※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。

※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

* 当日の配布資料に対する
委員コメントを踏まえて修正

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

今回の地震による耐震壁の応答は、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、機能保持限界との対応も考慮された評価基準値 2.0×10^{-3} に対して十分小さな応答であることを確認した。*

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

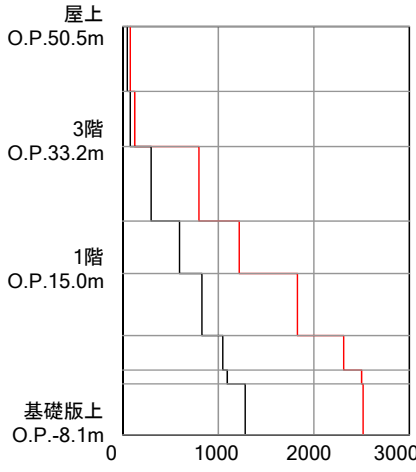
3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

・シミュレーションモデルを用いた解析結果(3. 11地震)

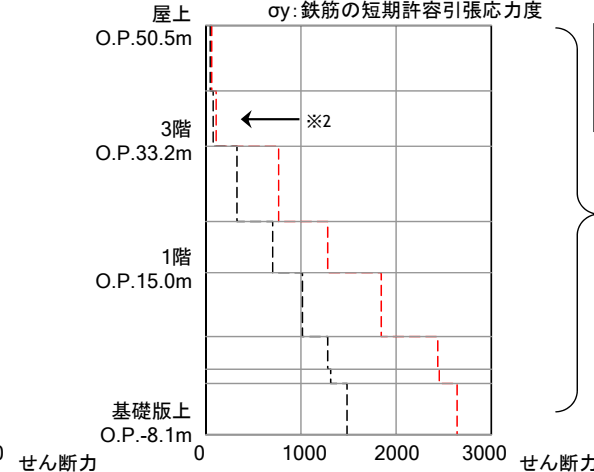
■ 女川2号炉原子炉建屋 各階の層せん断力

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)。

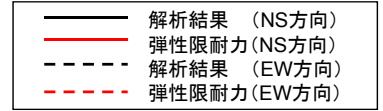
※1 弾性限耐力:鉄筋(設計配筋量)のみで負担できる短期許容応力度($P_w \times \sigma_y$)から算定
 P_w :せん断力を負担する耐震壁の鉄筋比
 σ_y :鉄筋の短期許容引張応力度



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

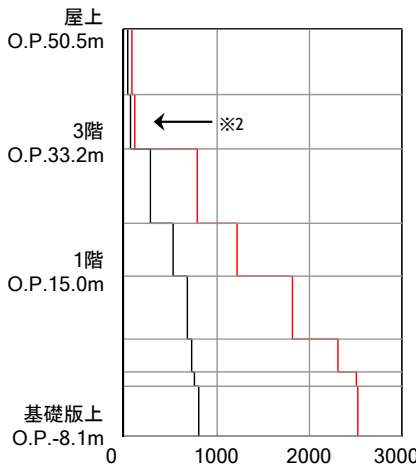
3.3 東北地方太平洋沖地震等の地震観測に基づく原子炉建屋の地震応答解析の概要

・シミュレーションモデルを用いた解析結果(4. 7地震)

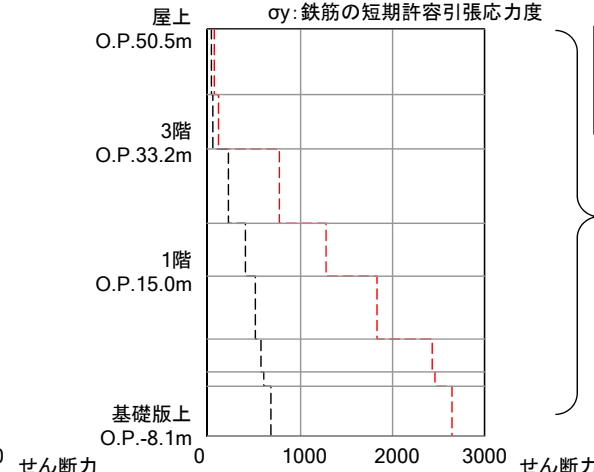
■ 女川2号炉原子炉建屋 各階の層せん断力

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)。

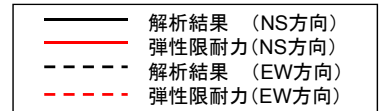
※1 弾性限耐力:鉄筋(設計配筋量)のみで負担できる短期許容応力度($P_w \times \sigma_y$)から算定
 P_w :せん断力を負担する耐震壁の鉄筋比
 σ_y :鉄筋の短期許容引張応力度



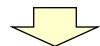
4.7地震 NS方向



4.7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

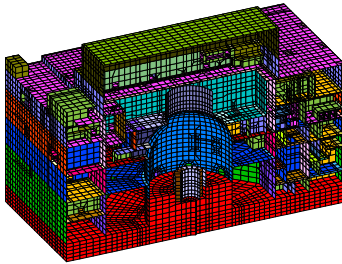
※2 比率(各階の層せん断力/弾性限耐力)の最大値:0.60(NS方向)
 →約4割の余裕がある

3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

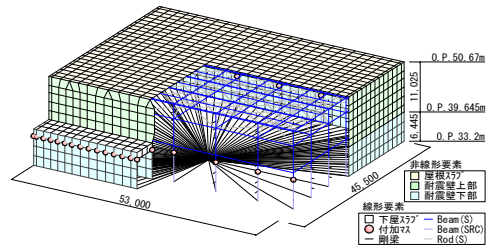
3.4 その他の地震応答解析にかかわる検討内容

【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)

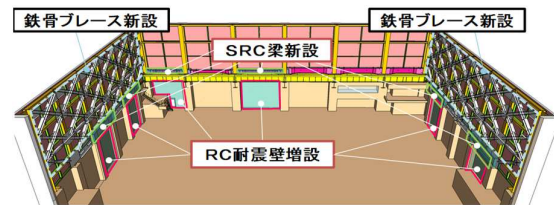
3. 建物・構築物に関する健全性評価の概要

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。



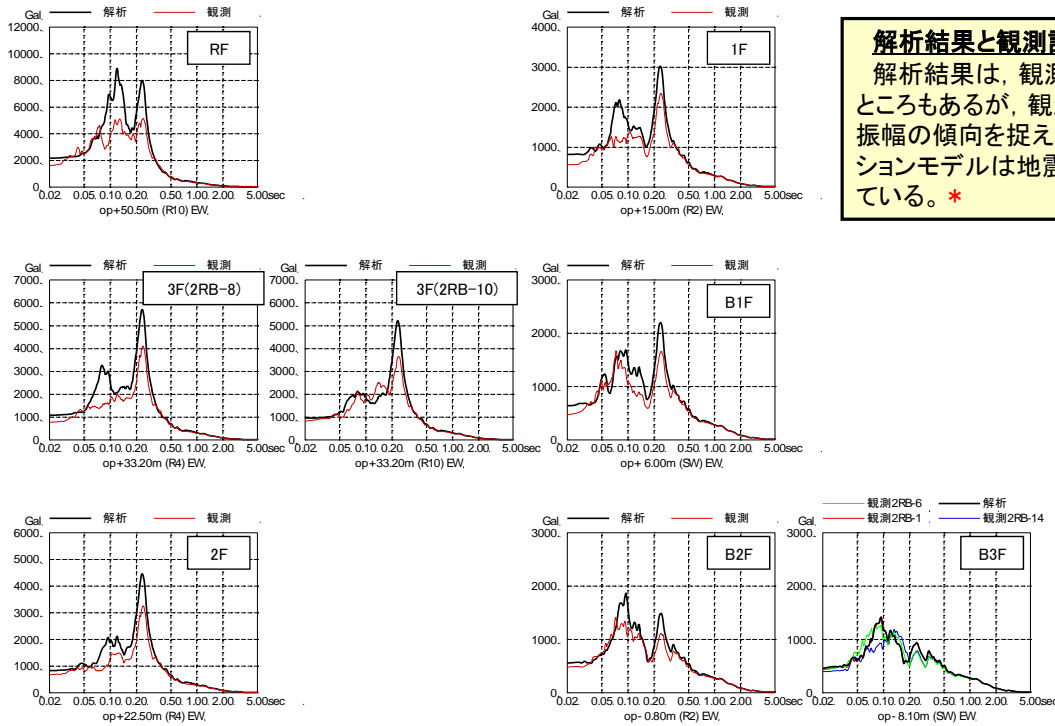
原子炉建屋
3階耐震裕度向上工事概要

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

* 当日の配布資料に対する
委員コメントを踏まえて修正

■ 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)



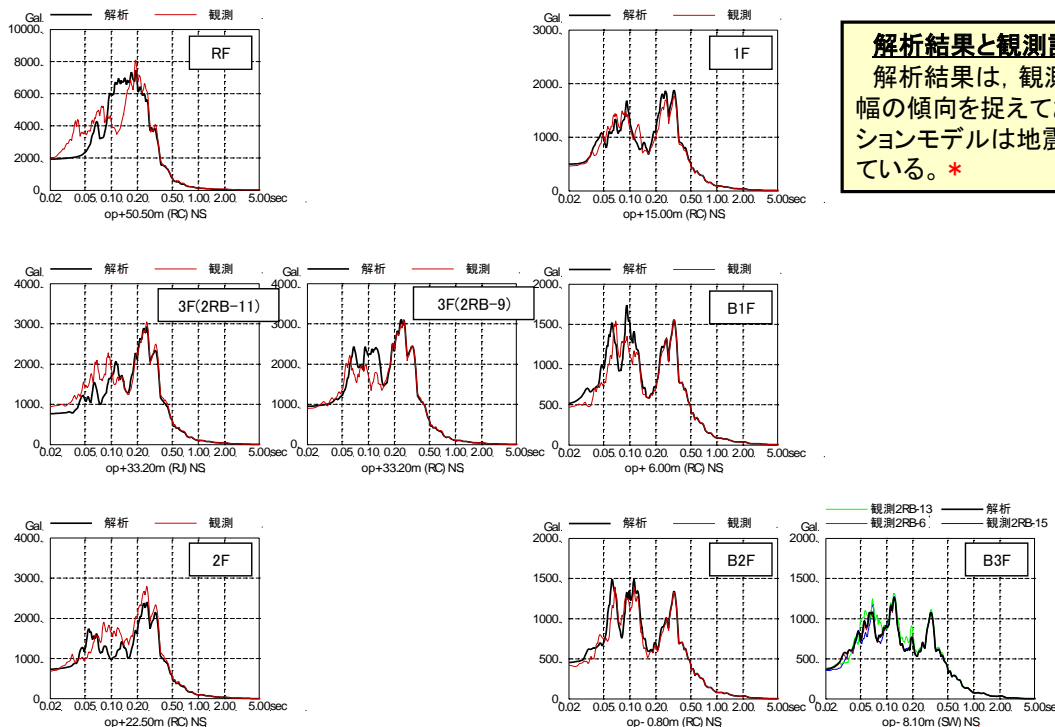
EW方向

h=5%

シミュレーションモデルを用いた解析結果

* 当日の配布資料に対する
委員コメントを踏まえて修正

■ 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)



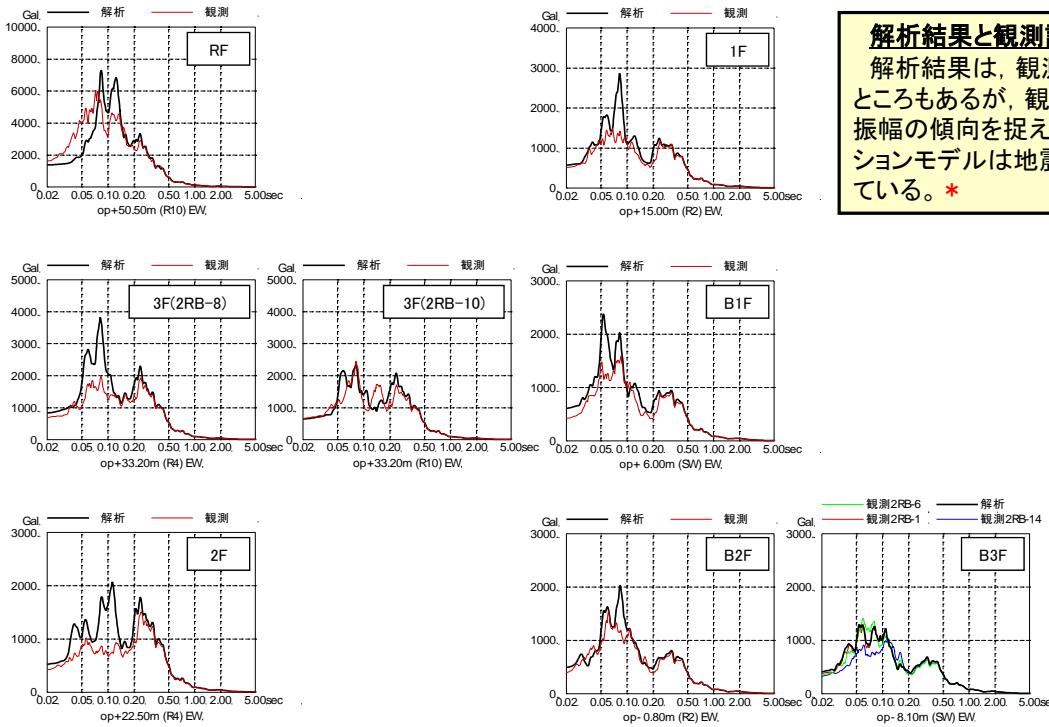
NS方向

h=5%

シミュレーションモデルを用いた解析結果

* 当日の配布資料に対する
委員コメントを踏まえて修正

■ 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)



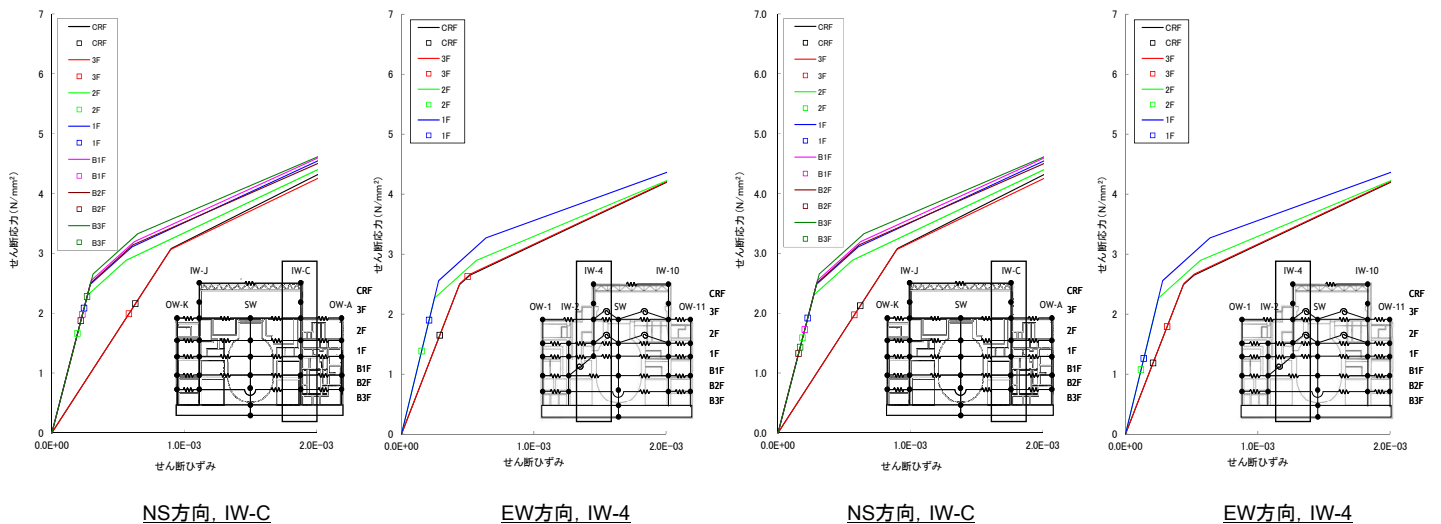
解析結果と観測記録の整合性の確認結果
 解析結果は、観測記録を若干上回っているところもあるが、観測記録の卓越周期および振幅の傾向を捉えており、設定したシミュレーションモデルは地震時の建屋応答を再現できている。*

シミュレーションモデルを用いた解析結果

* 当日の配布資料に対する
委員コメントを踏まえて修正

■ 女川2号炉原子炉建屋 耐震壁の最大応答せん断ひずみ

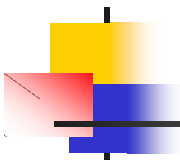
今回の地震による耐震壁の応答は、オペフロ下部は最大で $0.2 \sim 0.3 \times 10^{-3}$ であった。オペフロ上部でひずみが大きくなるが、機能保持限界との対応も考慮された評価基準値 2.0×10^{-3} に対して十分小さな応答であることを確認した。*



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

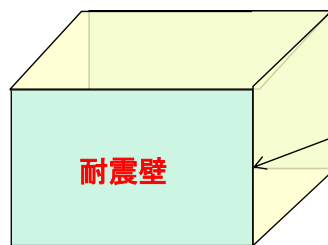
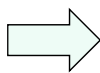


参考資料

鉄筋コンクリート構造の特徴(耐震壁)

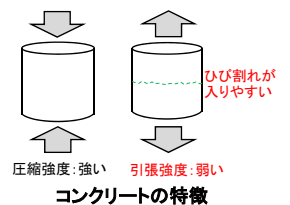
- 鉄筋コンクリート構造は、コンクリートはもともと引張力に対して弱いため、引張力を鉄筋で、圧縮力をコンクリートで負担するような複合構造物である。
- コンクリートのひび割れは引張力が作用することにより発生するが、ひび割れ発生後は鉄筋が引張力を負担するため、鉄筋が健全であれば、ひび割れが生じても直ちに健全性を損なうことなく、地震に対して抵抗する力を失うことはない。

地震による
水平力

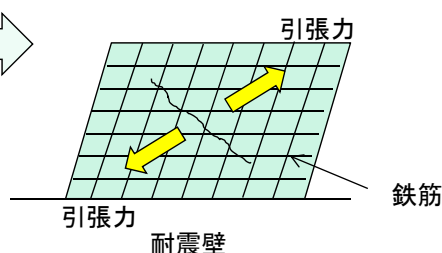
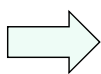


箱型の鉄筋コンクリート構造物

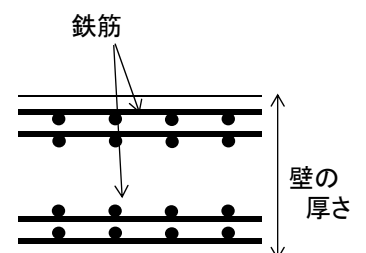
このような箱型の構造物は、左右方向の地震力には、2枚の耐震壁で抵抗する



地震による
水平力



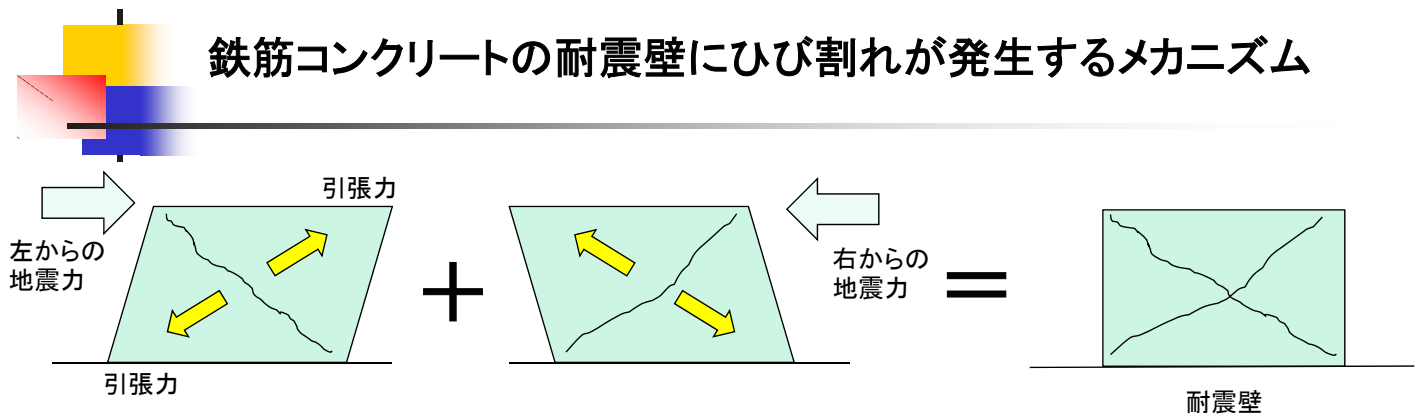
耐震壁の配筋例



耐震壁の断面図

鉄筋が健全であれば安全性に全く問題はない。

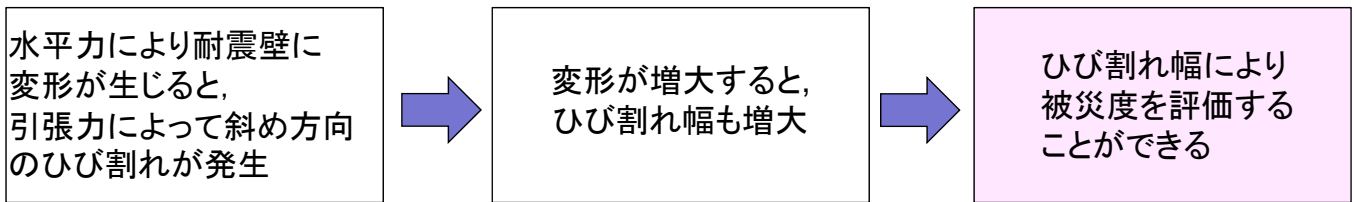
鉄筋コンクリートの耐震壁にひび割れが発生するメカニズム



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



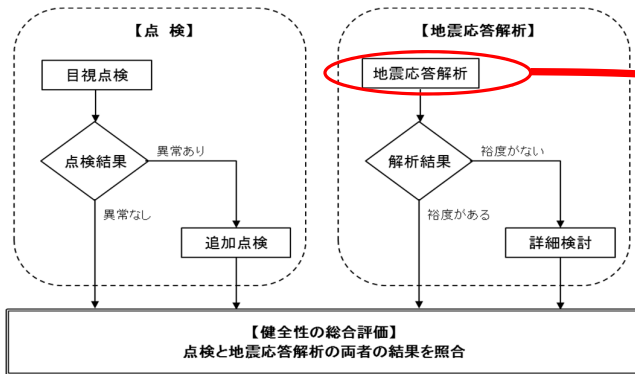
設備健全性確認の現状の取組み

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)	[Progress bar]				
地震後の設備健全性確認	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)
	地震応答解析		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	審査中	
			完了		

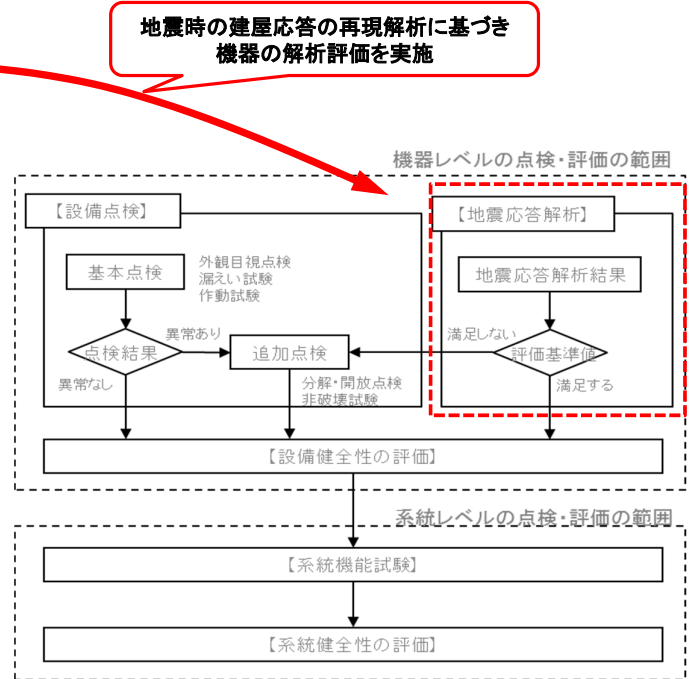
※：今後のプラント復旧と同時に実施する必要のある項目および運用上の制約から計画的に点検を行っている項目を除く。

設備健全性確認の現状の取組み(機器・システムの設備健全性確認)

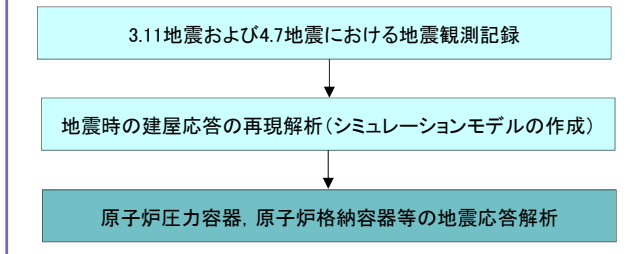
建物・構築物の健全性確認



機器・システムの健全性確認



今後の予定



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

女川原子力発電所2号炉
平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震等の後の
点検の実施状況(原子炉建屋)

東北電力株式会社

* 当日の配布資料に対する委員
コメントを踏まえて一部修正

All rights Reserved. Copyrights ©2017, Tohoku Electric Power Co., Inc.



目次

1. 建屋に関する地震後設備健全性の確認方法	2
2. 原子炉建屋の被害状況(鉄筋コンクリート躯体)	13
3. 原子炉建屋の被害状況(屋根トラス)	65
4. 地震後の補修状況	70
5. まとめ	73
【参考】	
通り名称の対応関係	76

1. 建屋に関する地震後設備健全性の確認方法

1.1 地震後設備健全性確認の計画

- 建屋に関する地震後設備健全性の確認は、国の指示文書※1に基づき提出した下記の「点検・評価計画書(建物・構築物編)」に基づき実施した。

『女川原子力発電所2号機 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震および2011年4月7日宮城県沖の地震後の設備健全性に係る点検・評価計画書(建物・構築物編)』(平成23年5月31日、東北電力株式会社)

※1 平成23・04・25原院第1号 女川原子力発電所における2011年4月7日宮城県沖の地震時に取得された地震観測データの分析結果を踏まえた対応について(指示)

1.2 地震後設備健全性確認の基本的考え方

■ 「点検・評価計画書(建物・構築物編)」で示した地震後設備健全性確認の基本的な考え方を以下に示す。

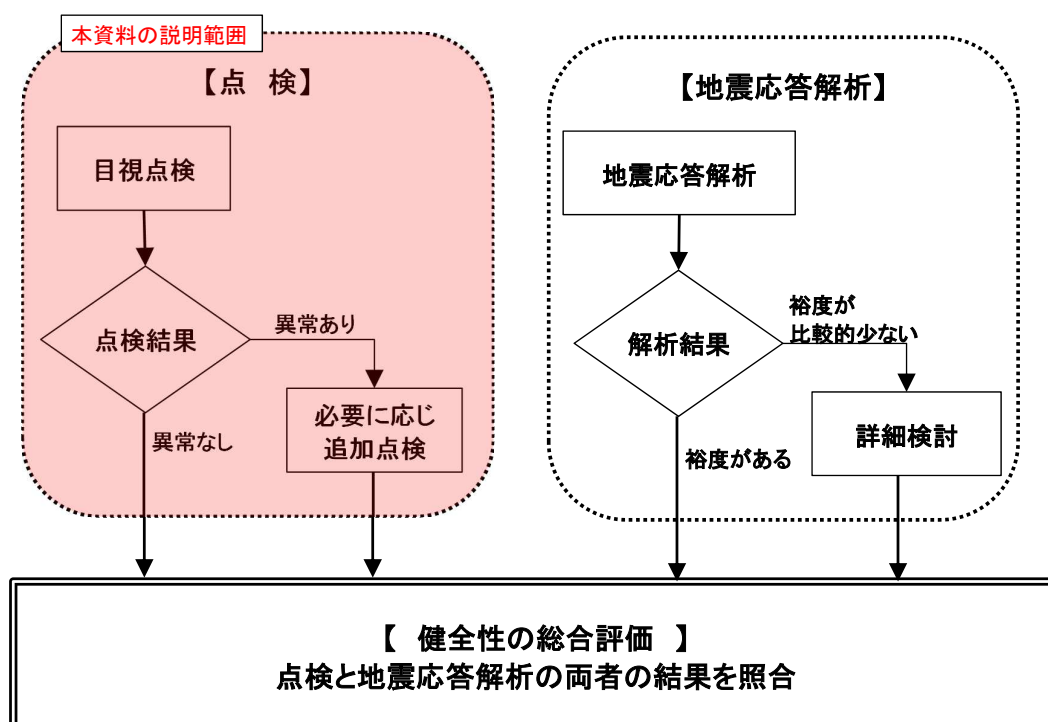
- ① 耐震安全上重要な建物・構築物については、点検と地震応答解析を実施し、両者の結果を踏まえて健全性を評価する。
- ② 点検は、目視点検により行う。
- ③ 地震応答解析では、本地震の観測記録にもとづく各建物の解析的な評価を実施する。

■ また、「点検・評価計画書(建物・構築物編)」で示した点検方法策定にあたっての基本的な考え方を以下に示す。

- ① 対象とする建物・構築物の構造形式ごとに地震時に想定される影響を把握し、点検方法に反映させる。
- ② 目視点検によって健全性が十分確認できない場合は、適宜非破壊試験等の実施を検討する。
- ③ 作業員被ばく低減、人身安全等の観点から点検が困難な場合については、構造的に類似した部位の点検結果および解析結果を踏まえた上で必要に応じて合理的な評価方法を策定する。



1.3 点検・評価の全体フロー



1.4 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ものの、構造的に類似した部位の点検結果および解析結果を踏まえて健全性を確認する。*
- 一方、建屋内部のオペフロ上部については、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」

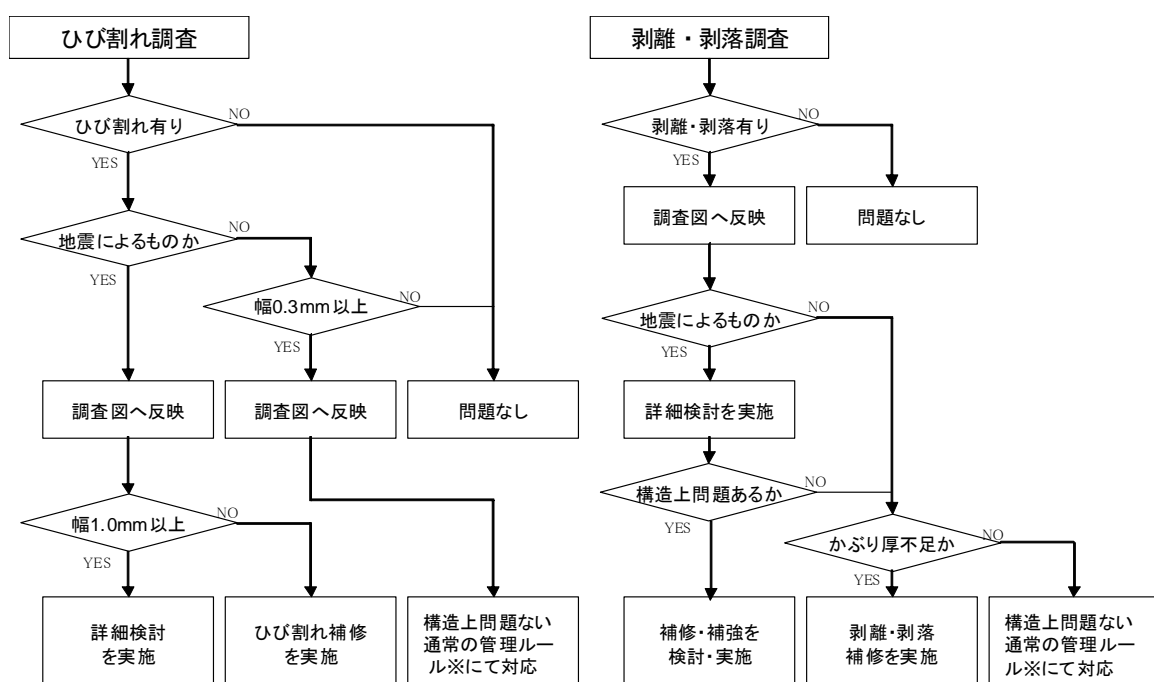
点検対象	判定基準
生体遮へい装置	・遮へい性能に影響を与える断面欠損がないこと
原子炉格納施設	・構造上問題となるひび割れがないこと (幅1.0mm以上のひび割れがないこと※) ・構造上問題となる剥離・剥落がないこと

※ EPRI 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。

* 当日の配布資料に対する委員コメントを踏まえて修正

1.5 鉄筋コンクリート躯体(耐震壁・遮へい壁)の点検の流れ



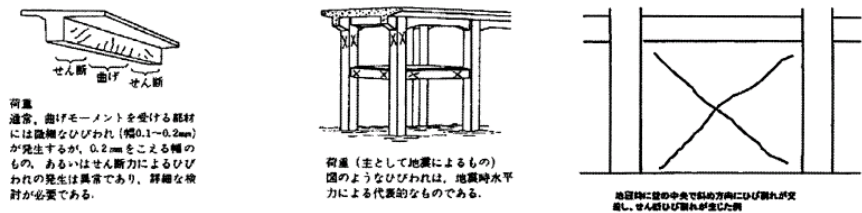
※社内マニュアル

1.6 地震による鉄筋コンクリート躯体のひび割れパターン

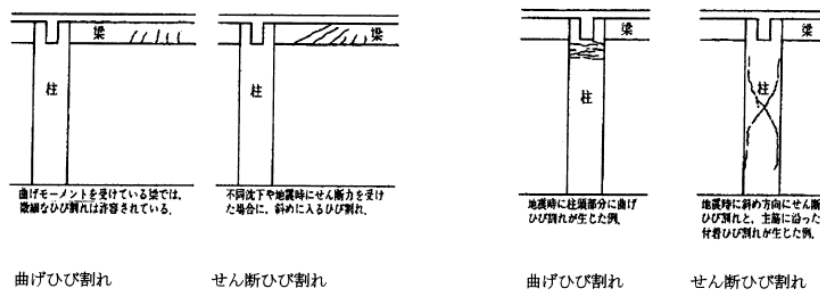
■ 地震によるひび割れの判定は、下記のパターンを参考に行った。なお、地震が原因ではない、経年的なひび割れや施工時のものと明確に判断できないひび割れは、保守的に地震によるものとして区分した。

【建築物の耐久性向上技術シリーズ
コンクリート造建築物の耐久性向上技術】

【コンクリート構造物の目視試験方法
NDIS 3418 社団法人日本非破壊検査協会】

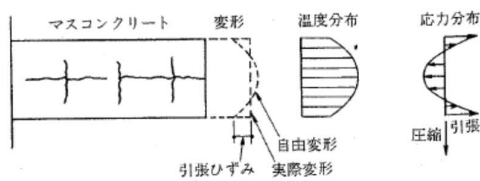


【鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針（案）・同解説】

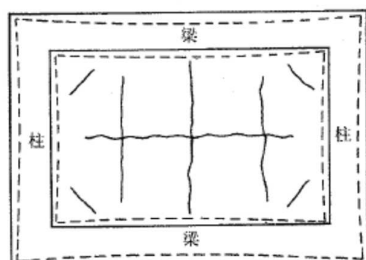
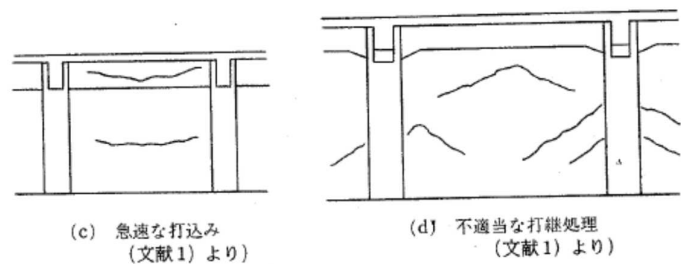


1.7 地震によらない鉄筋コンクリート躯体のひび割れパターン

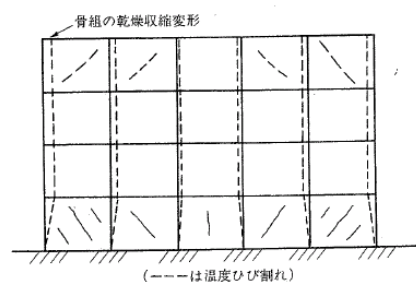
■ 地震によらないひび割れの判定は、下記のパターンを参考に行った。なお、地震が原因ではない、経年的なひび割れや施工時のものと明確に判断できないひび割れは、保守的に地震によるものとして区分した。



付図7 マスコンクリートの温度・応力分布とひび割れ

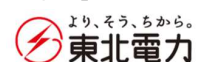


(a) 壁面の乾燥収縮ひび割れと周辺架構の変形



(a) 骨組の乾燥収縮による変形と壁のひび割れ

日本建築学会「鉄筋コンクリート造のひび割れ対策（設計・施工）指針・同解説」より抜粋



1.8 屋根トラスに関する点検方法および判定基準

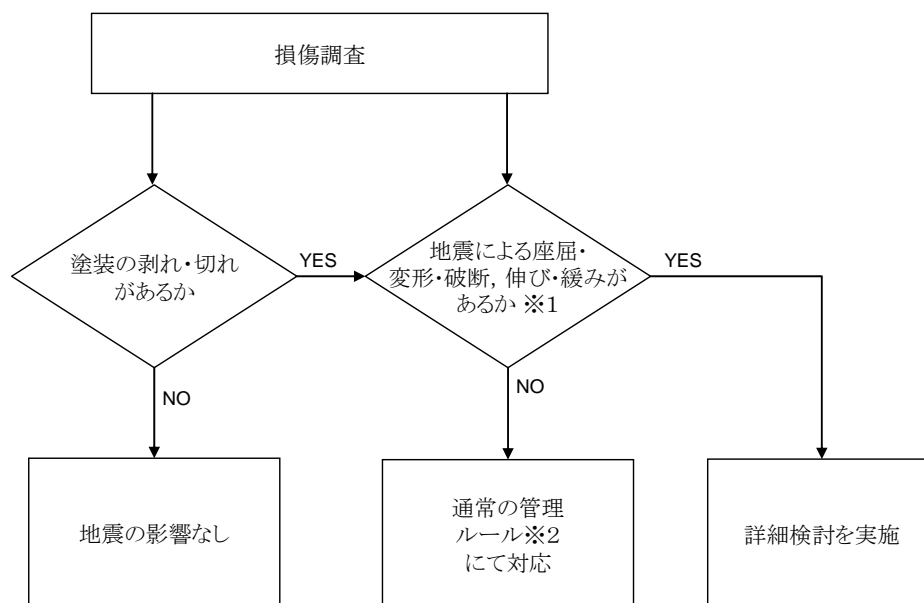
- 鉄骨躯体への地震による影響については、部材の変形・座屈・破断，溶接接合部のきれつ・破断，ボルト接合部のボルト破断・緩みが想定され，外観の確認が有効であると考えられるため，目視点検を主体とする点検を実施した。
- 追加点検の判断の目安を下表に示す。
- 塗装に剥がれや切れがあるボルトについては，トルクレンチを用いて締め付けを行い，緩みの有無を確認した。
- 目視で変形が確認された部材については，変位量の測定等の詳細調査を実施した。

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
原子炉格納施設	・構造上問題となる変状(変形・座屈等)がないこと※

※ 地震被害に関する調査であるが，鉄骨製作時の寸法精度の許容差を定めた「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事 付則6」(日本建築学会)を準用した。

1.9 屋根トラスの点検の流れ

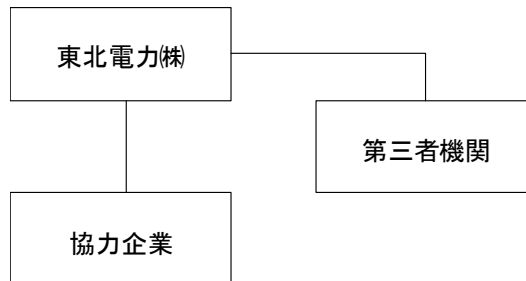


※1 至近の点検記録との比較，鋼材の発錆状況により評価

※2 社内マニュアル

1. 10 第三者機関による確認

- 「点検・評価計画書(建物・構築物編)」に従い、点検の計画および点検結果の妥当性について、第三者機関の確認を受けている。



第三者機関の関わり方

※建物の点検に関わる第三者機関は、「一般社団法人 建築研究振興協会」(国土交通省所管)

2. 原子炉建屋の被害状況(鉄筋コンクリート躯体)

2.1 被害状況の記録(耐震壁・遮へい壁)

- ひび割れ調査結果(展開図)を次頁以降に示す。
- 地震によるひび割れは、幅に関わらず全て展開図に記録した。
- また、幅0.3mm以上の地震によらないひび割れについても展開図に記録した。

記録の対象(展開図)

ひび割れの種類	ひび割れ幅	
	$W < 0.3\text{mm}$	$0.3\text{mm} \leq W$
地震によるひび割れ (地震が原因ではないと明確に判断できないひび割れを含む)	記録する	記録する
地震によらないひび割れ	調査は行いが記録しない	記録する

2.2 鉄筋コンクリート躯体(耐震壁)の集計表

- 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。

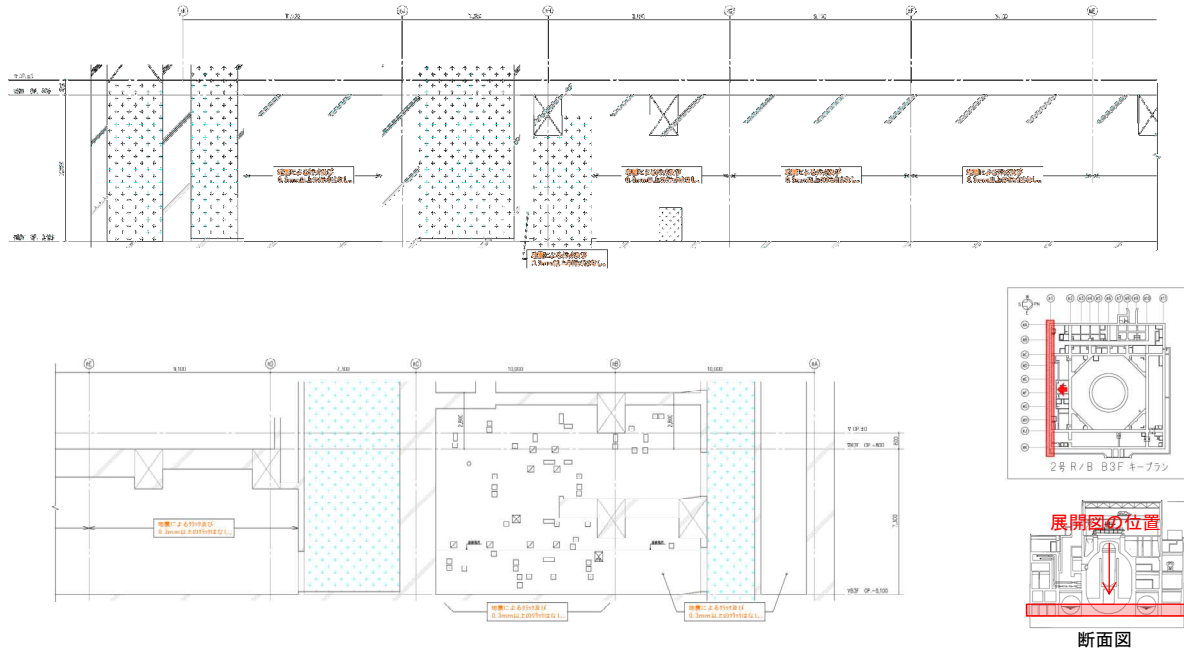
当該地震により発生したことが否定できないひび割れ及び剥離・剥落(耐震壁)

部位	ひび割れ箇所数(延べ長さ[m]) ^{※1}			基準値	剥離・剥落 ^{※2}
	$W < 0.3$	$0.3 \leq W < 1.0$	$1.0 \leq W$		
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

※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))

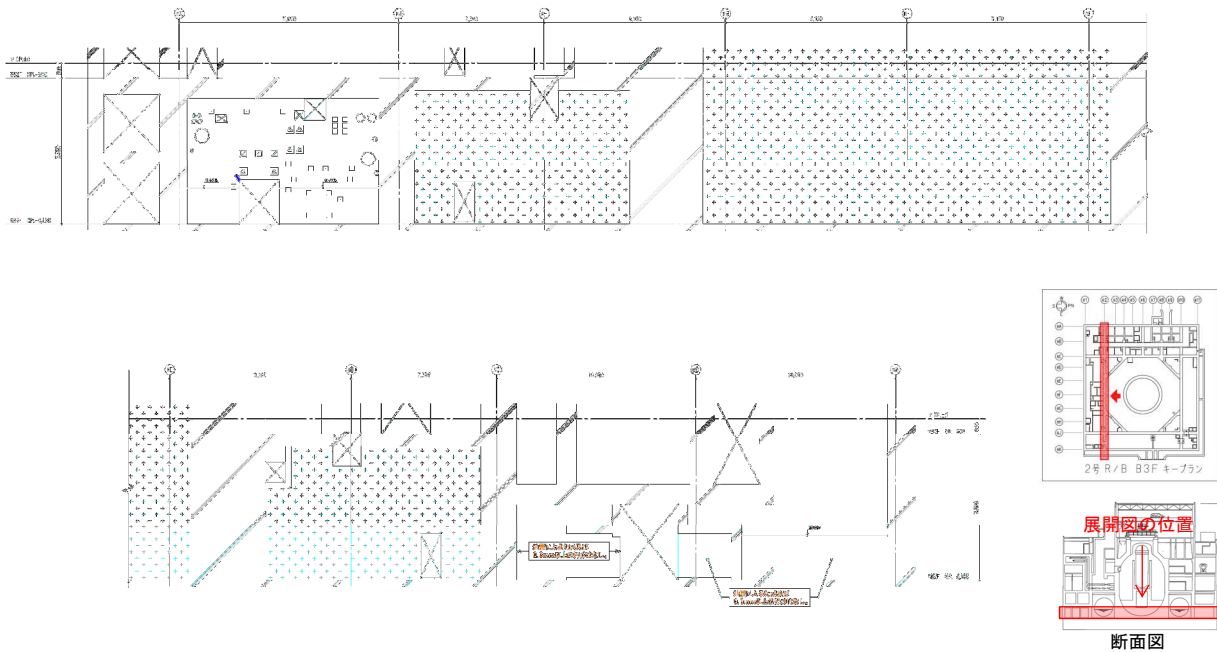
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(1) 2号炉原子炉建屋 地下3階 R1通り



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
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



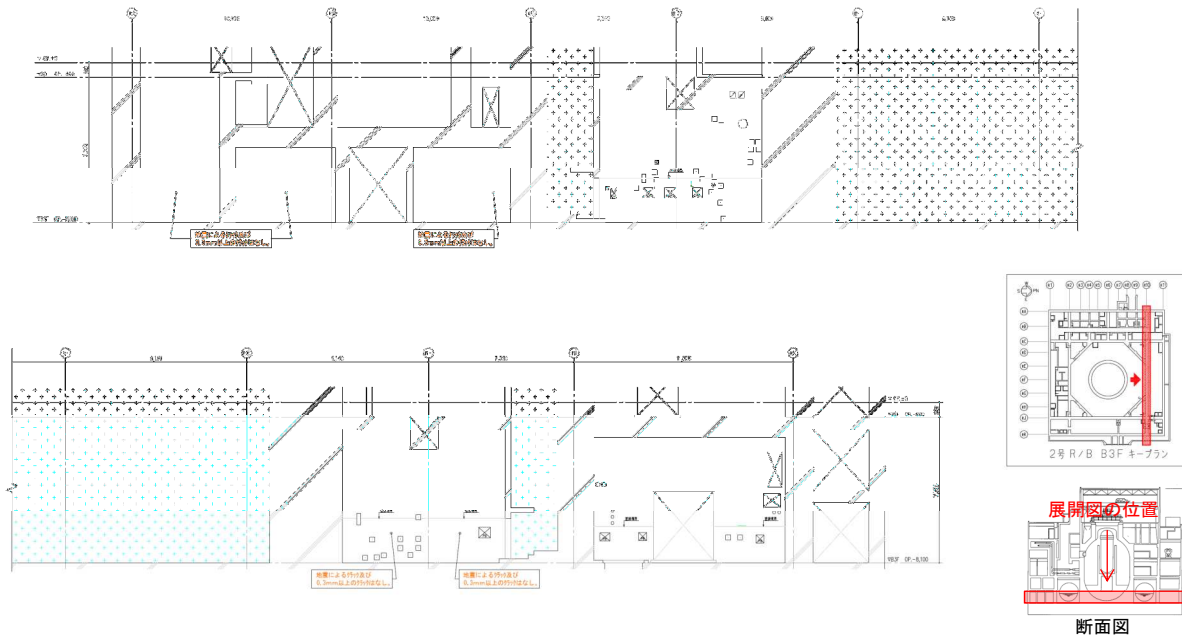
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(2) 2号炉原子炉建屋 地下3階 R2通り



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
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



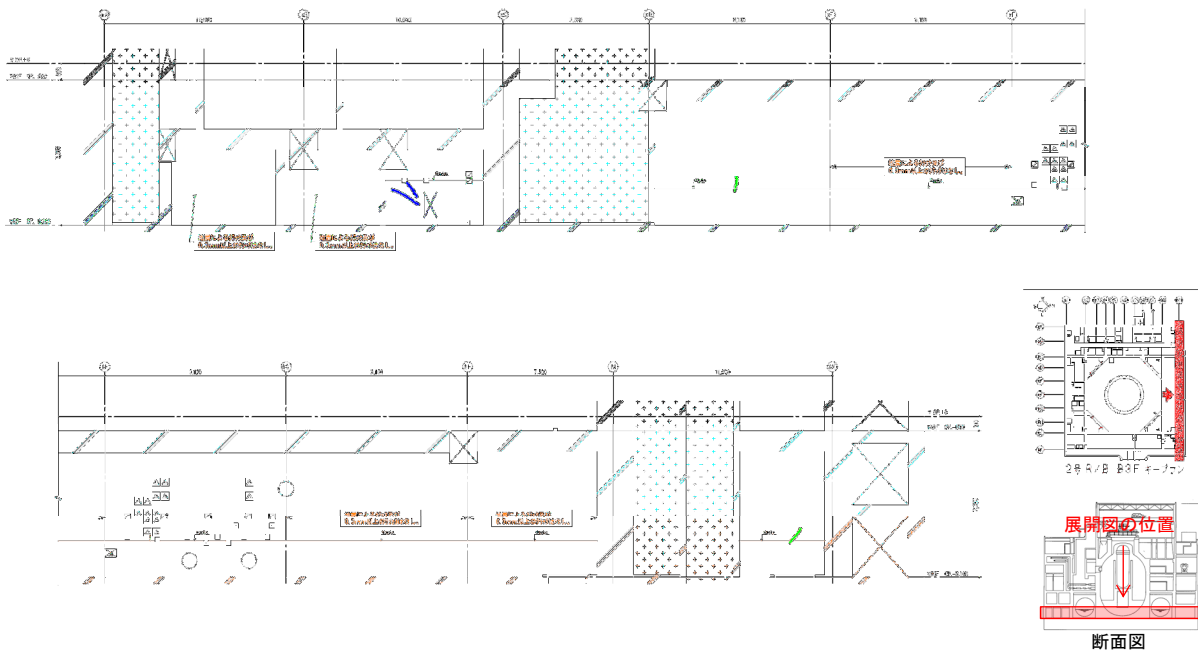
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(3) 2号炉原子炉建屋 地下3階 R10通り



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	はくぐく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



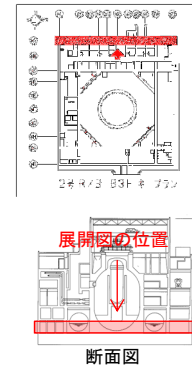
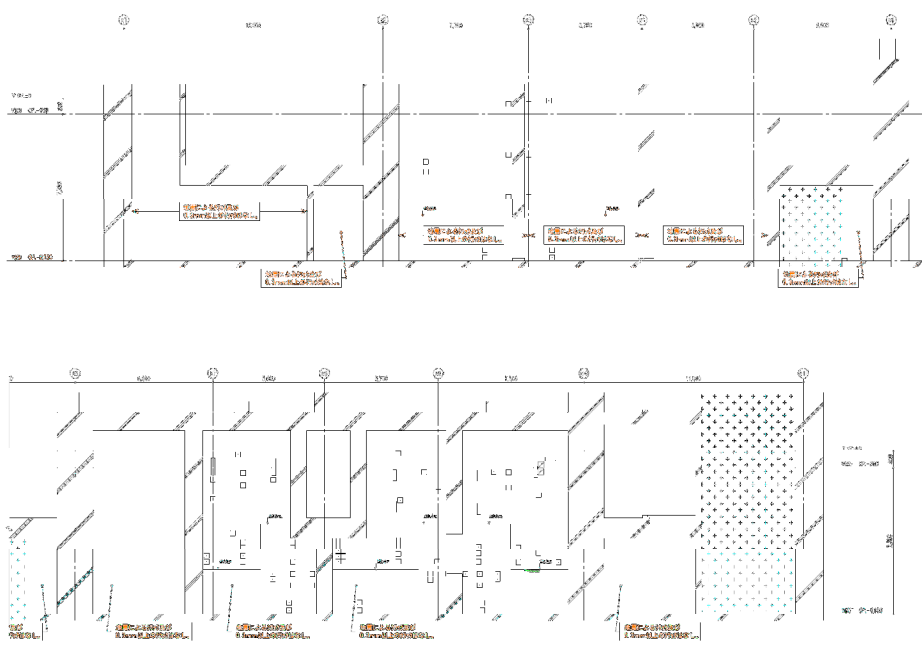
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(4) 2号炉原子炉建屋 地下3階 R11通り



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	はくぐく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



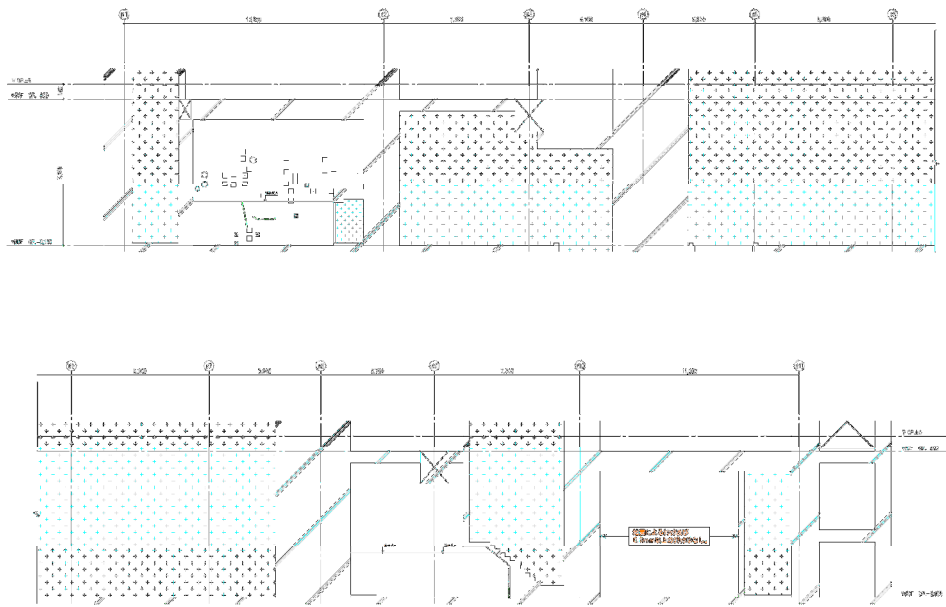
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(5) 2号炉原子炉建屋 地下3階 RA通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上	●	確認不能の範囲	



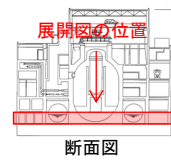
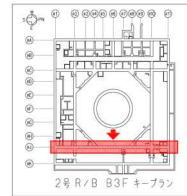
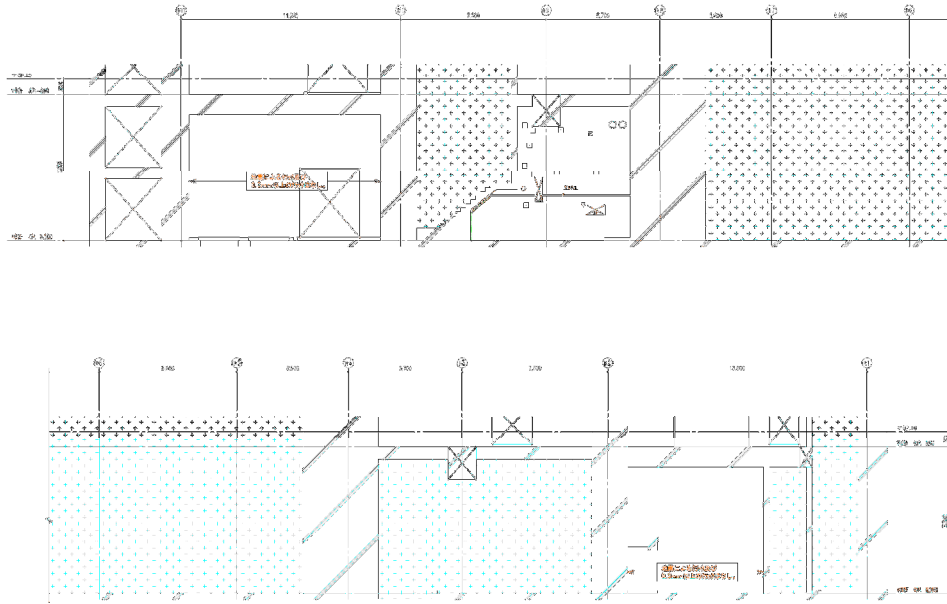
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(6) 2号炉原子炉建屋 地下3階 RC通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上	●	確認不能の範囲	



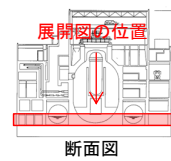
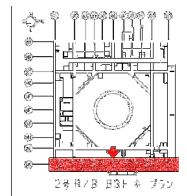
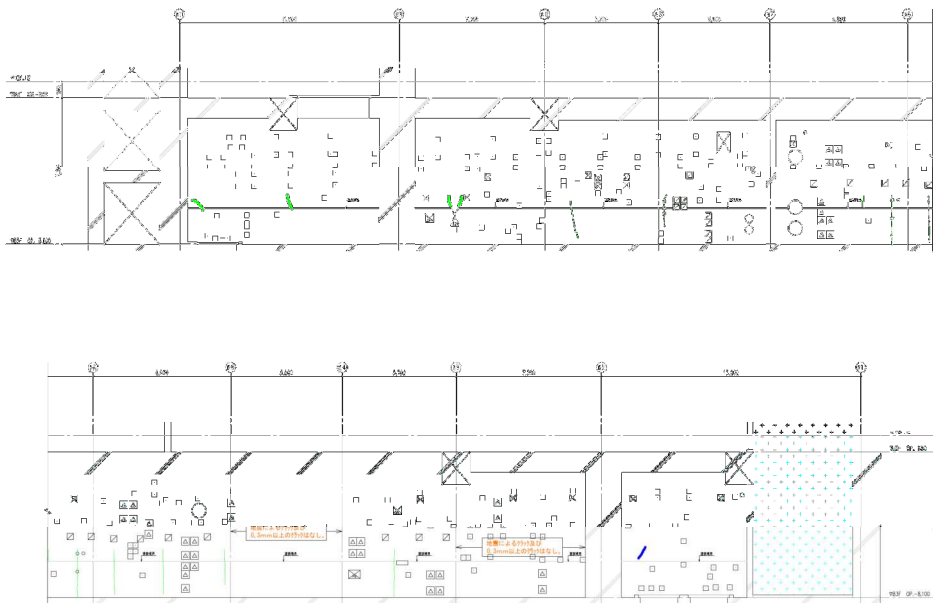
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(7) 2号炉原子炉建屋 地下3階 RJ通り



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



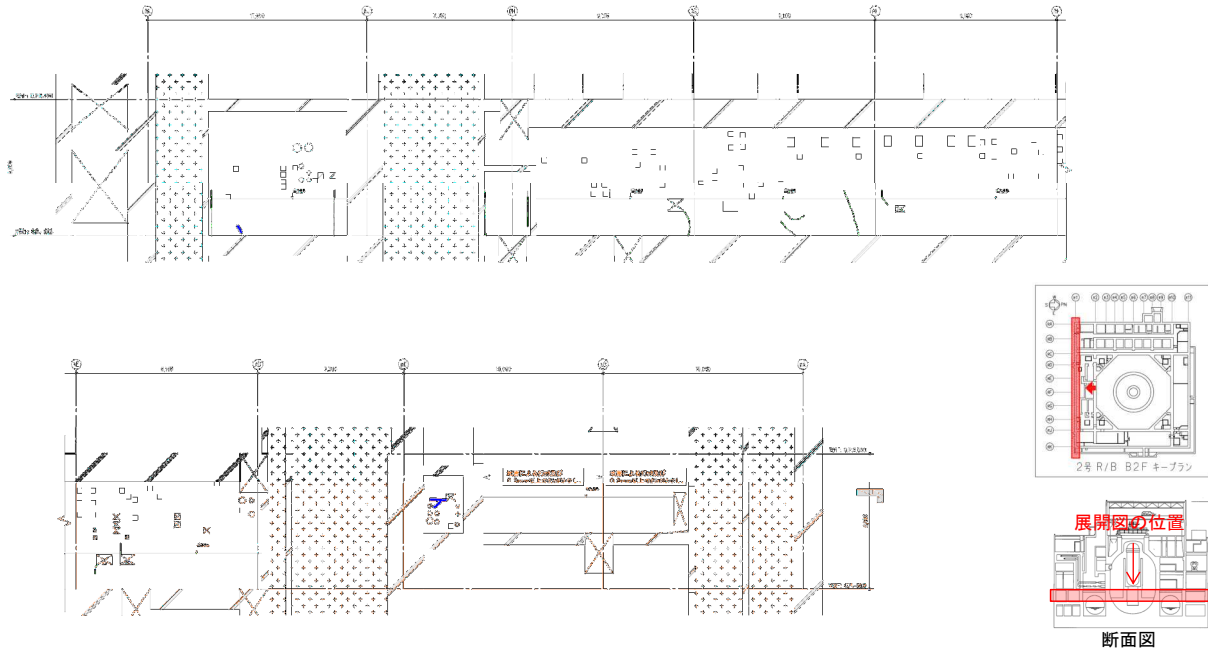
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(8) 2号炉原子炉建屋 地下3階 RK通り



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



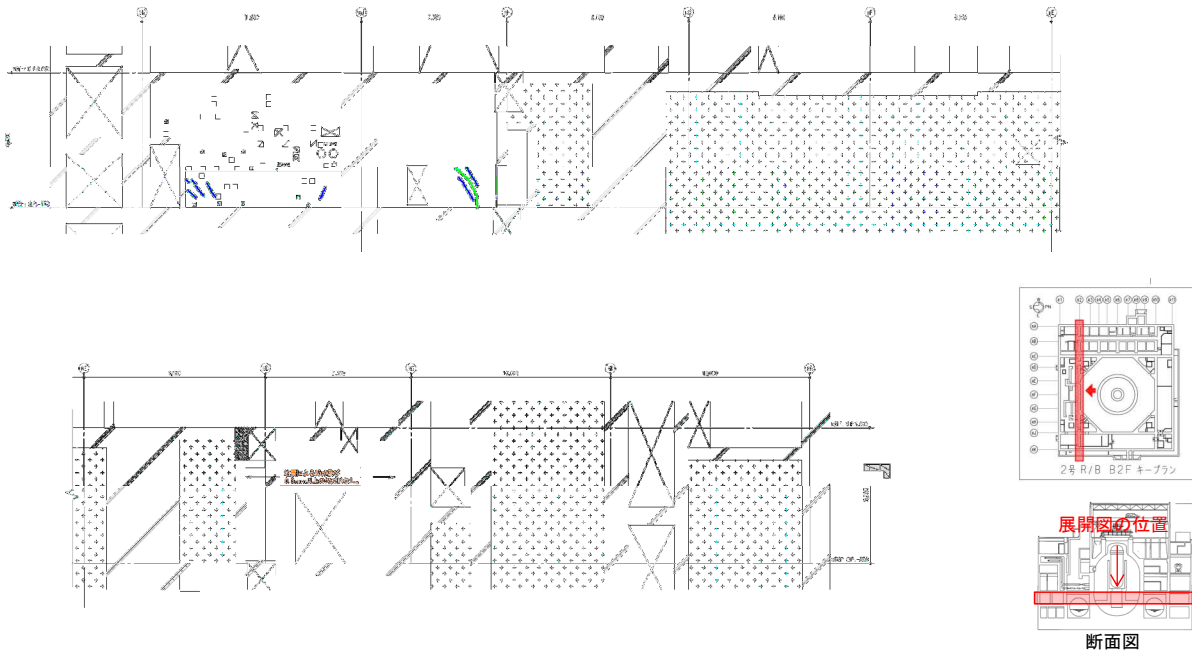
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(9) 2号炉原子炉建屋 地下2階 R1通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



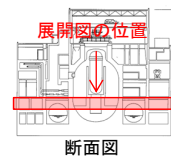
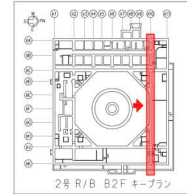
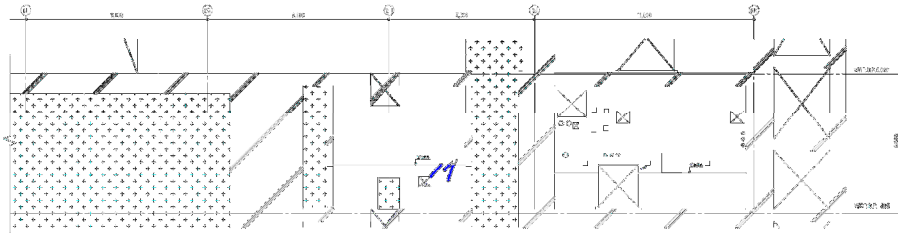
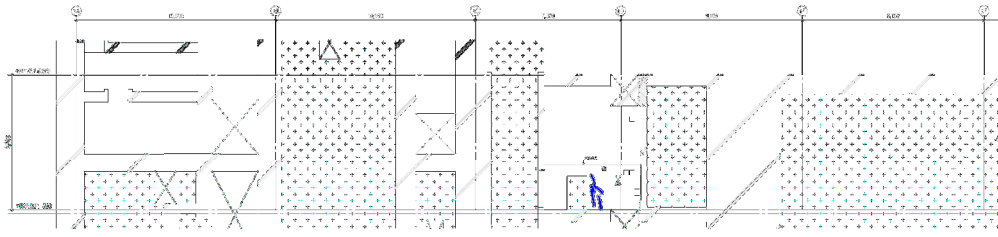
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(10) 2号炉原子炉建屋 地下2階 R2通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



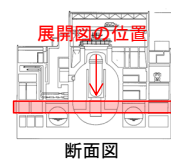
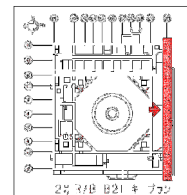
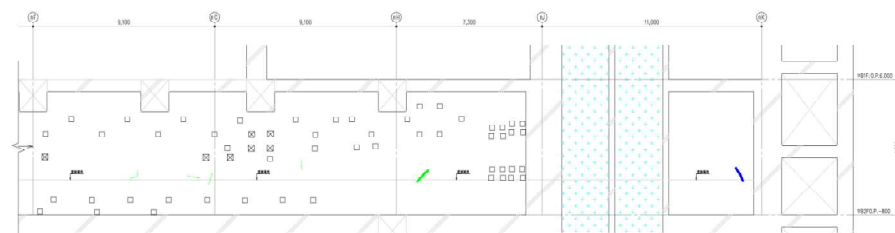
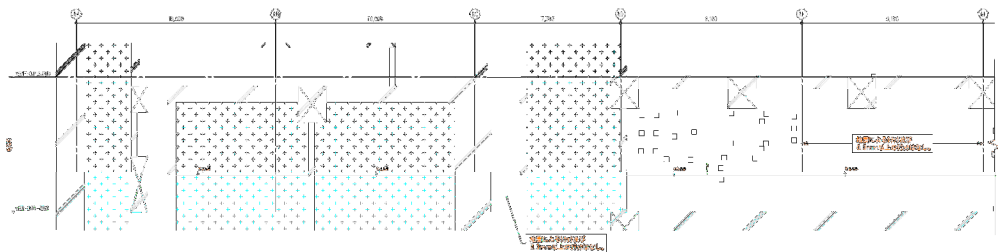
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(11) 2号炉原子炉建屋 地下2階 R10通り



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	はくく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



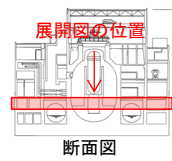
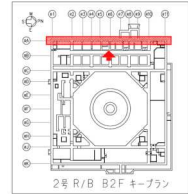
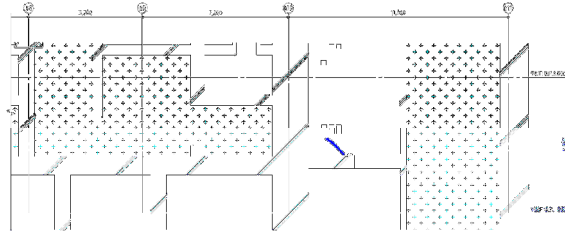
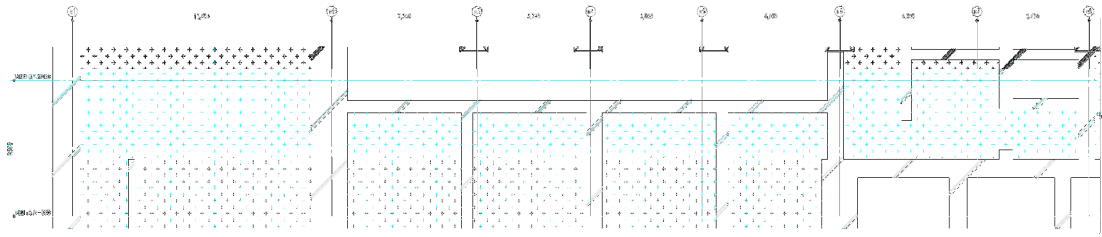
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(12) 2号炉原子炉建屋 地下2階 R11通り



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	はくく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



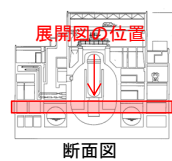
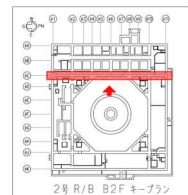
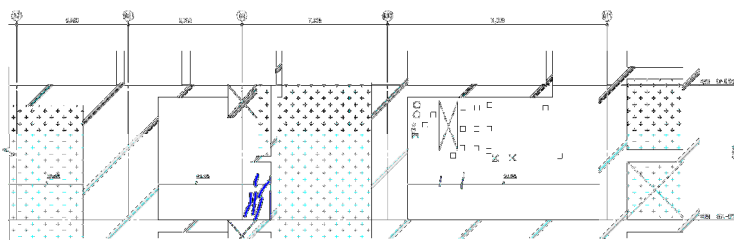
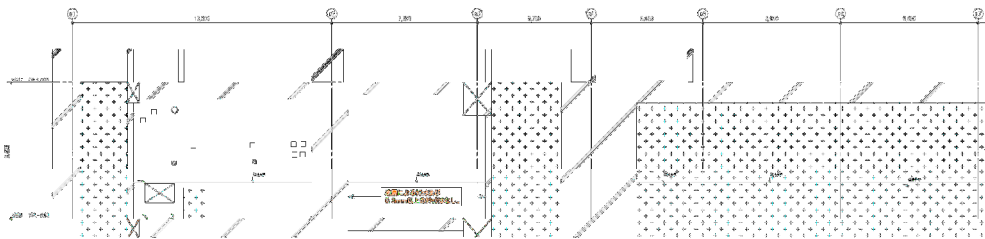
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(13) 2号炉原子炉建屋 地下2階 RA通り



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



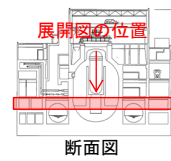
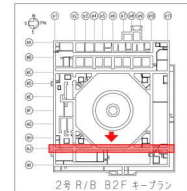
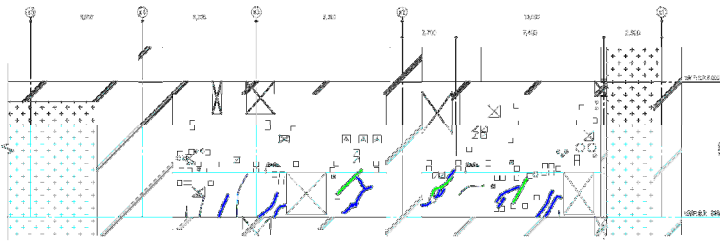
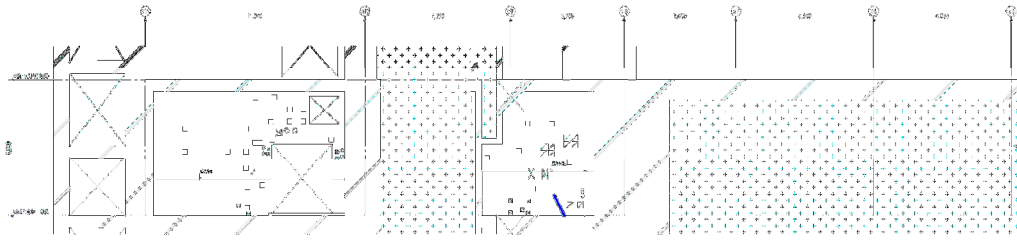
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(14) 2号炉原子炉建屋 地下2階 RC通り



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



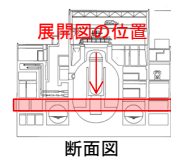
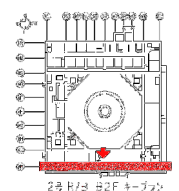
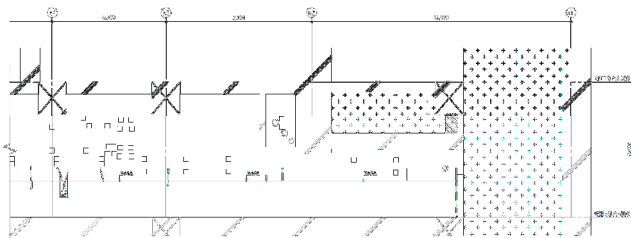
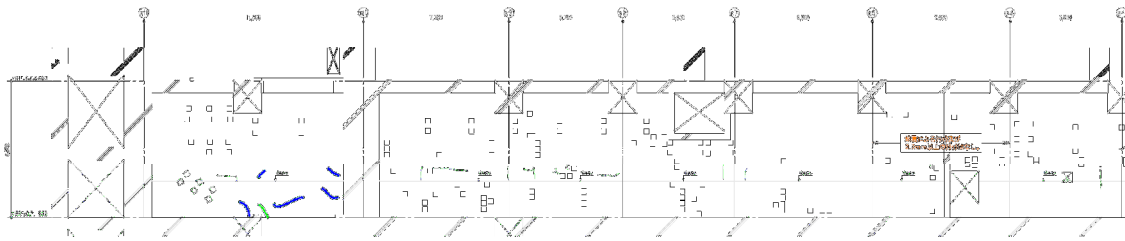
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(15) 2号炉原子炉建屋 地下2階 RJ通り



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	 はばく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	 確認不能の範囲



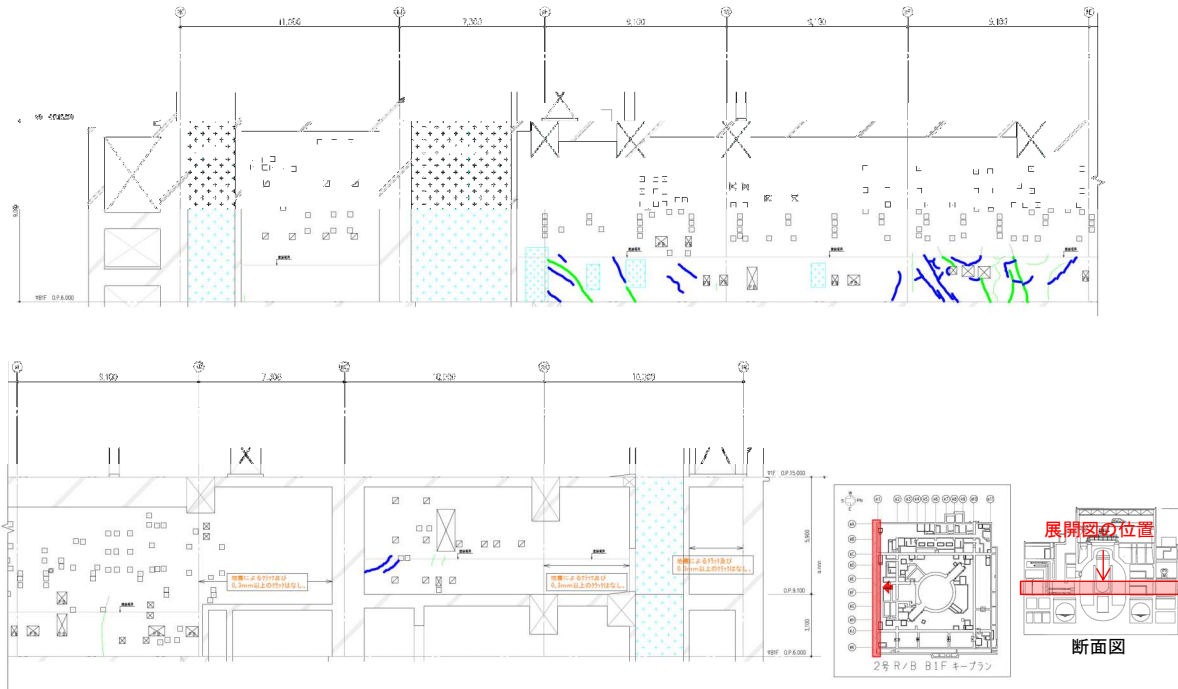
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(16) 2号炉原子炉建屋 地下2階 RK通り



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	 はばく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	 確認不能の範囲



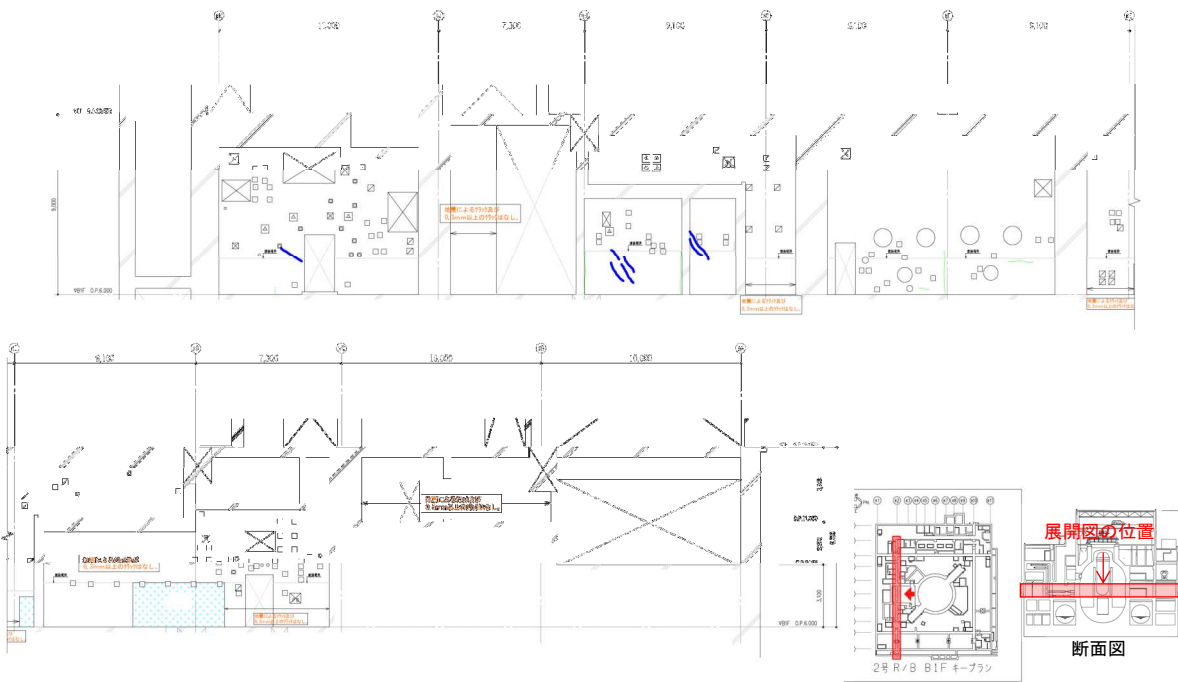
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(17) 2号炉原子炉建屋 地下1階 R1通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



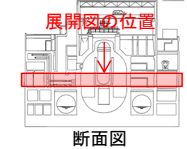
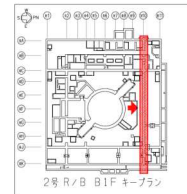
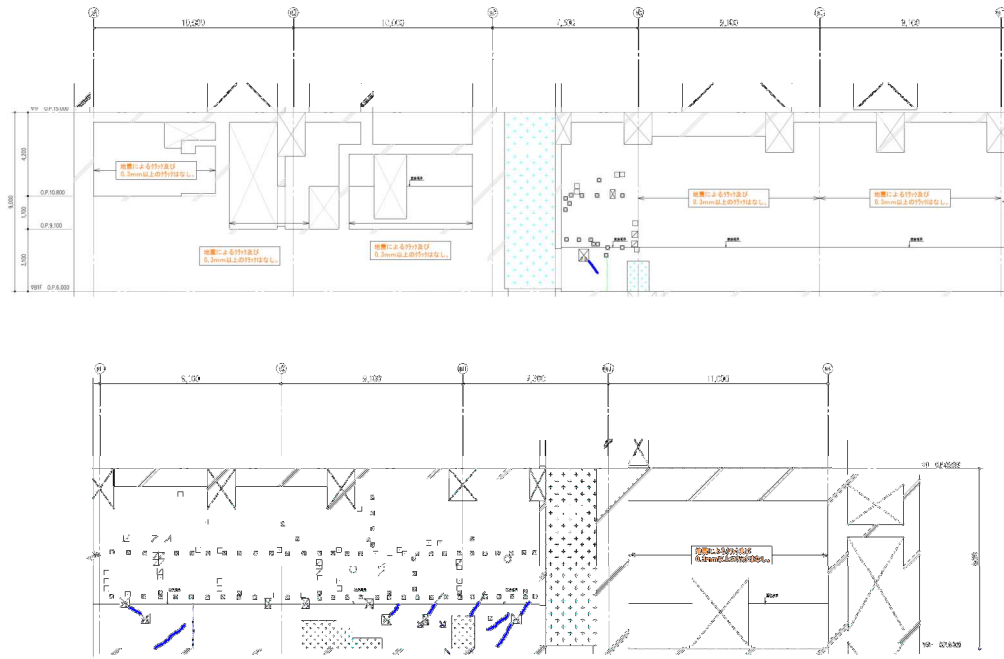
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(18) 2号炉原子炉建屋 地下1階 R2通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



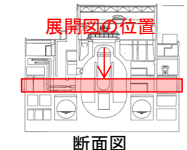
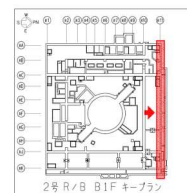
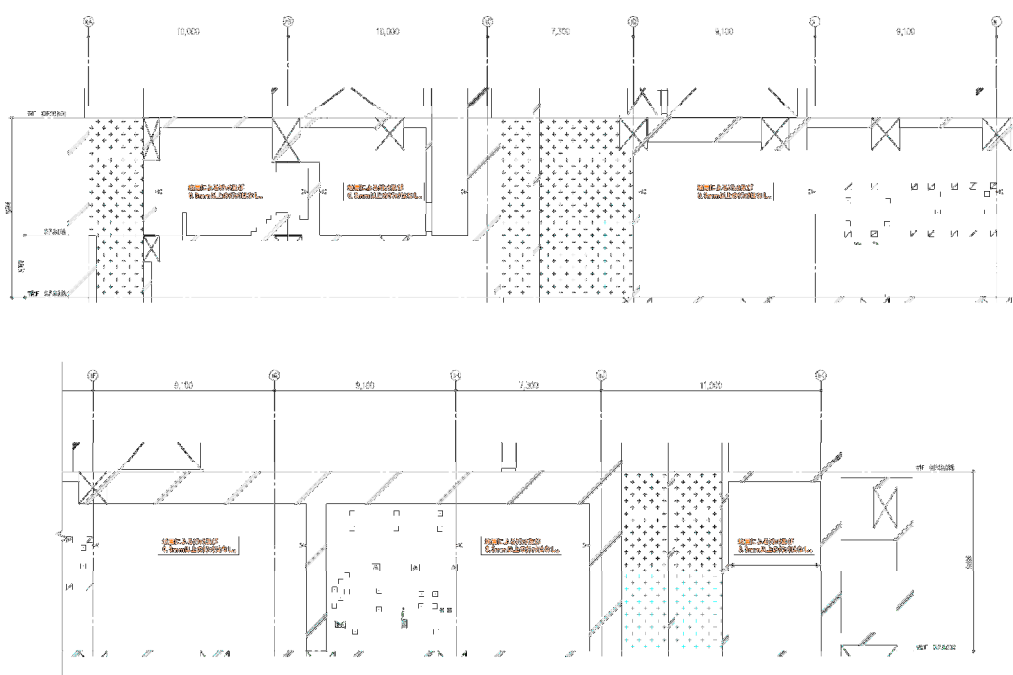
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(19) 2号炉原子炉建屋 地下1階 R10通り



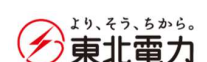
地震による		地震以外		
0.3mm未満	0.3mm以上～1.0mm未満	0.3mm以上～1.0mm未満	1.0mm以上	幅未確認
0.3mm以上～1.0mm未満	1.0mm以上	0.3mm以上～1.0mm未満	1.0mm以上	はくぐ
1.0mm以上		0.3mm以上～1.0mm未満	1.0mm以上	確認不能の範囲



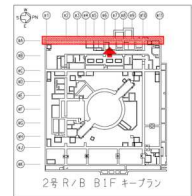
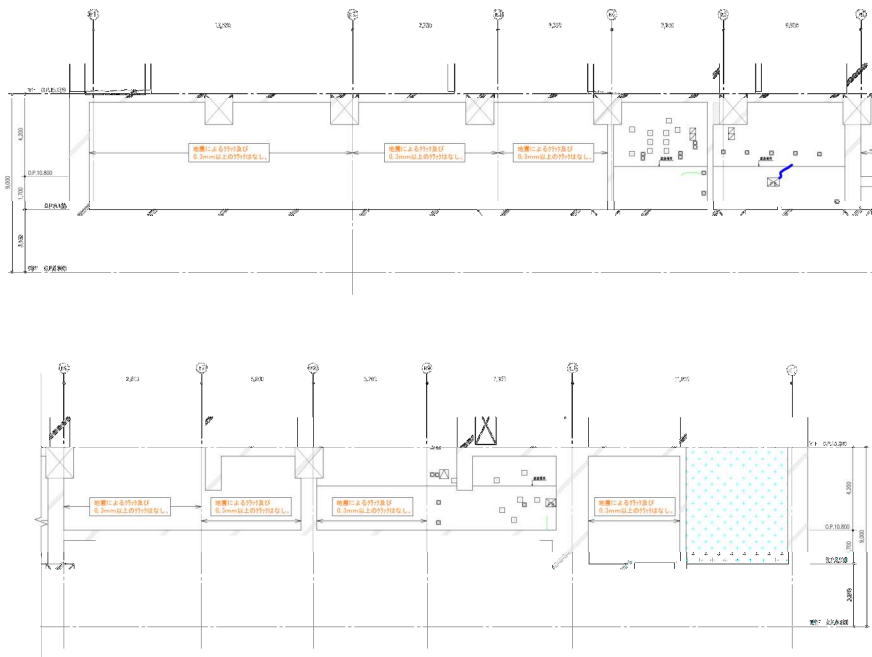
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(20) 2号炉原子炉建屋 地下1階 R11通り



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



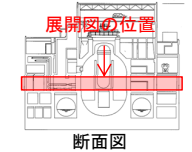
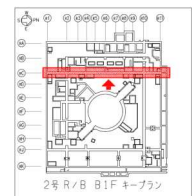
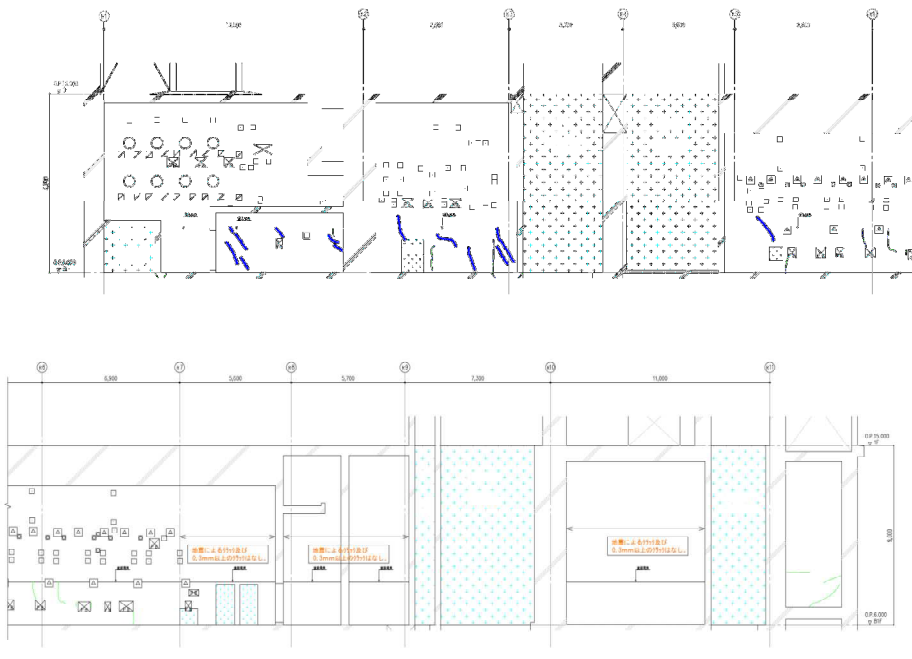
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(21) 2号炉原子炉建屋 地下1階 RA通り



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	はくかく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



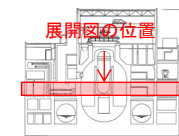
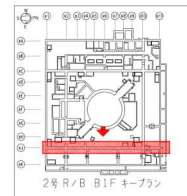
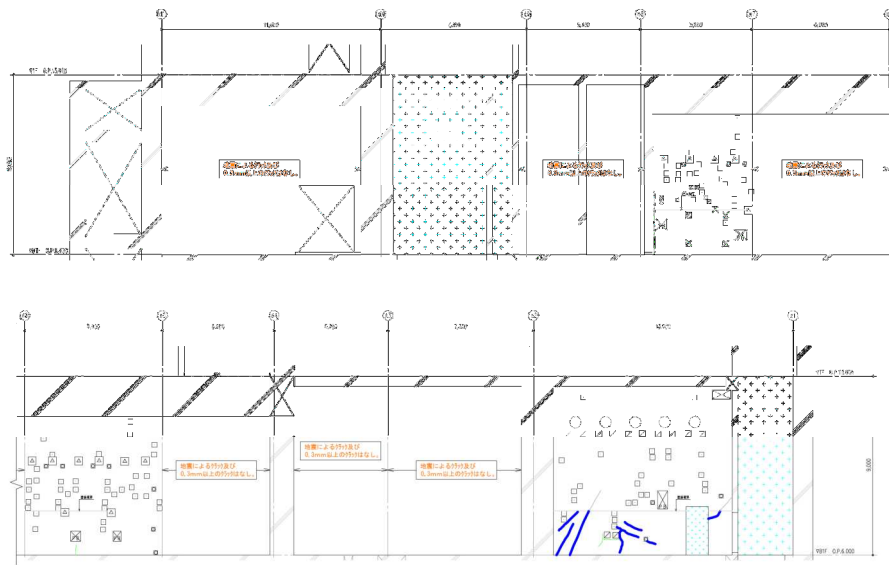
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(22) 2号炉原子炉建屋 地下1階 RC通り



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	はくかく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(23) 2号炉原子炉建屋 地下1階 RJ通り

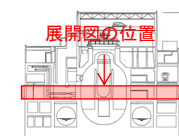
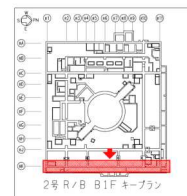
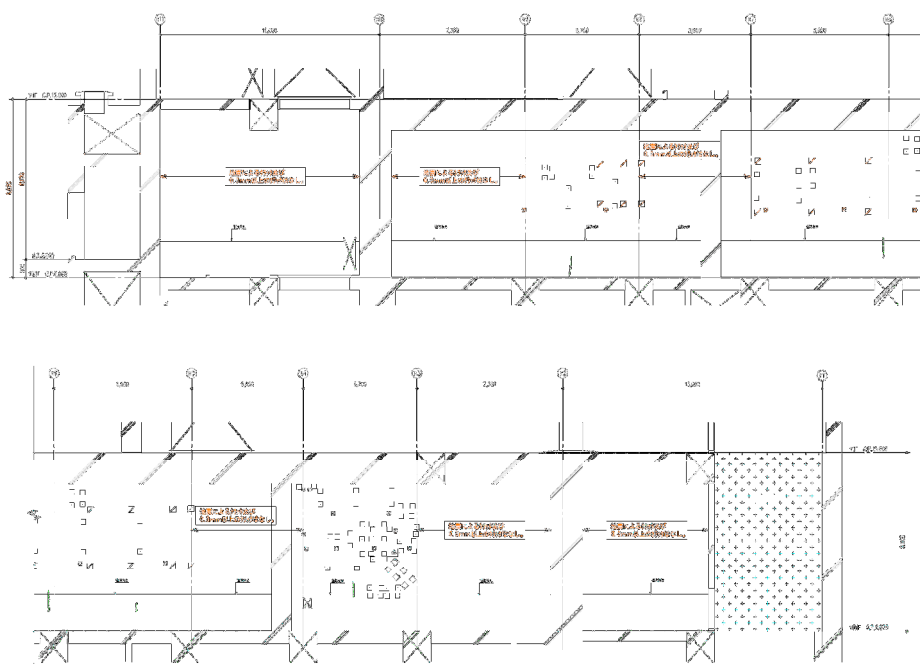


断面図

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	はかなく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲

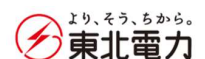


2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(24) 2号炉原子炉建屋 地下1階 RK通り

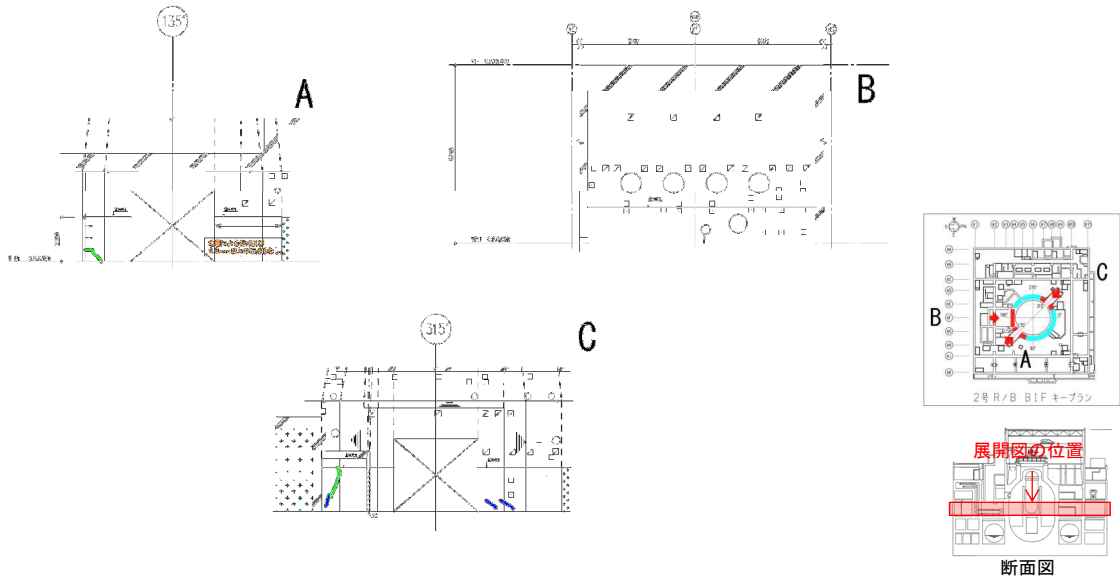


断面図

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	はかなく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲

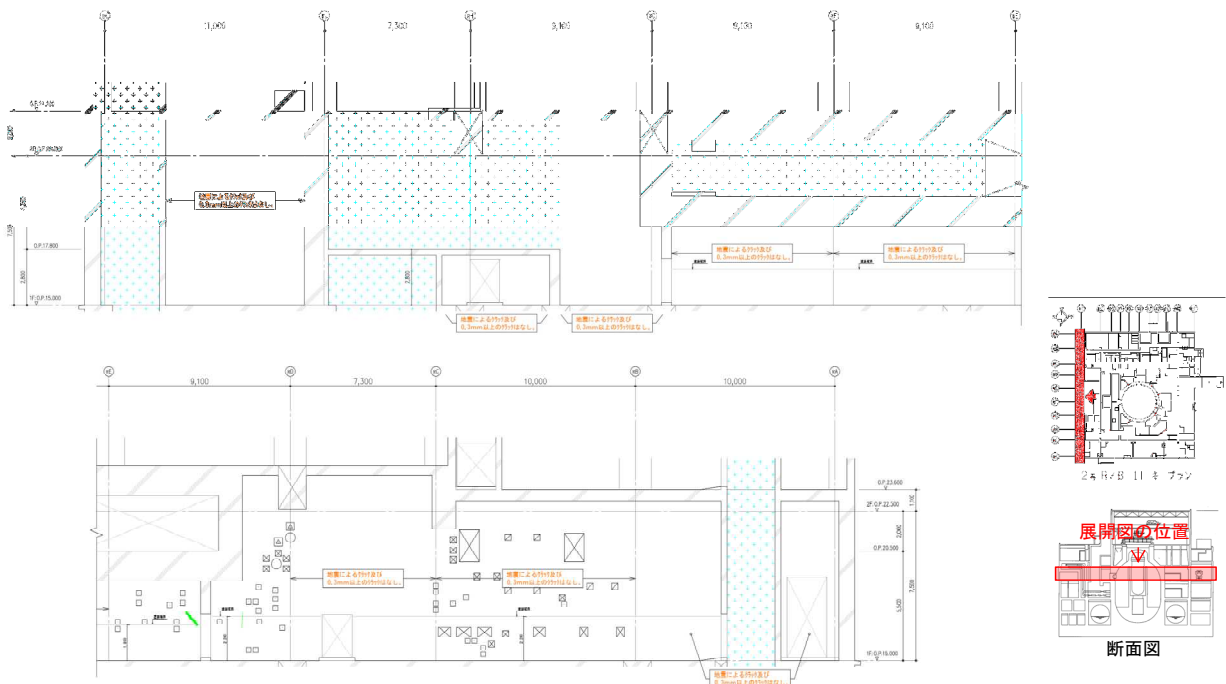


2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(25) 2号炉原子炉建屋 地下1階 シェル壁



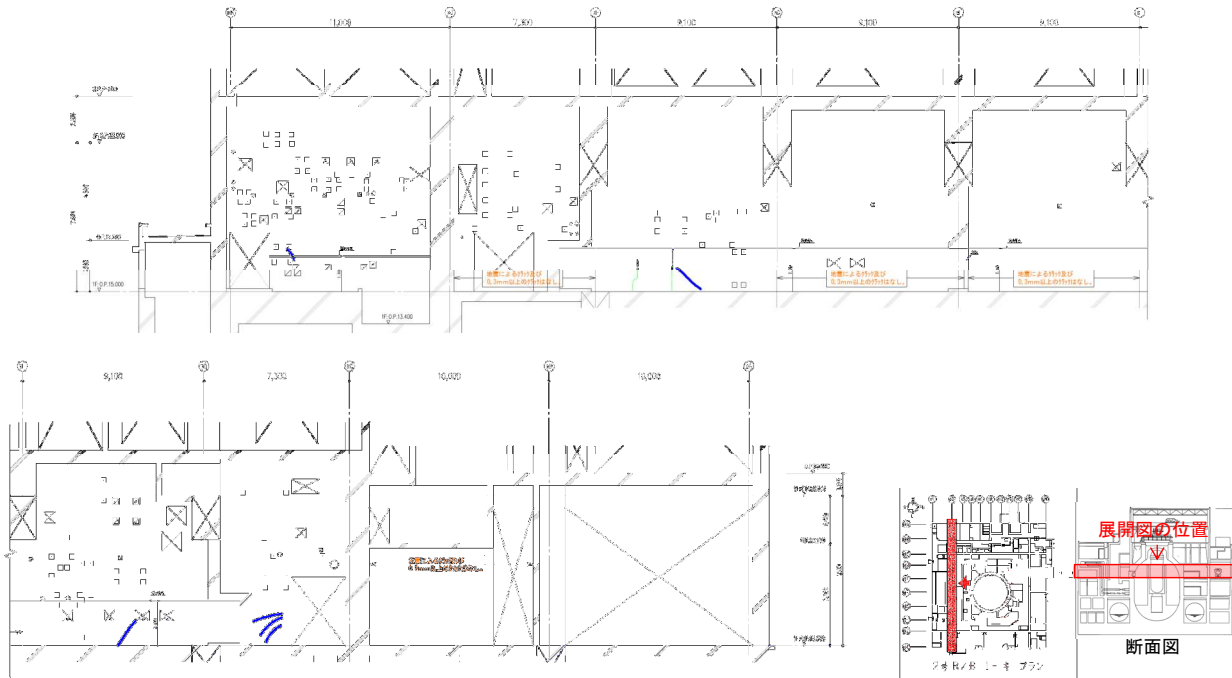
地震による		地震以外		
—	0.3mm未満	—	0.3mm以上~1.0mm未満	幅未確認
—	0.3mm以上~1.0mm未満	—	1.0mm以上	はくぐ
—	1.0mm以上			確認不能の範囲

2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(26) 2号炉原子炉建屋 地上1階 R1通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上			確認不能の範囲

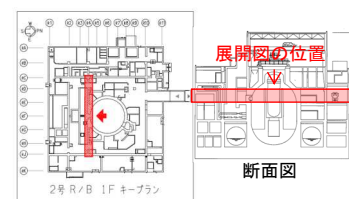
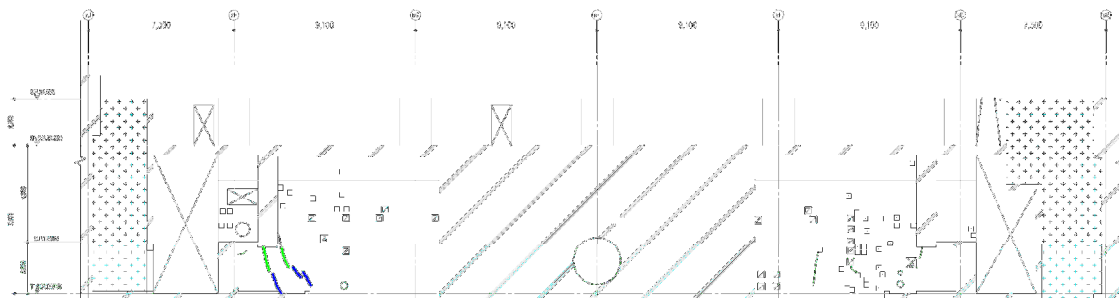
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(27) 2号炉原子炉建屋 地上1階 R2通り



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	はくく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



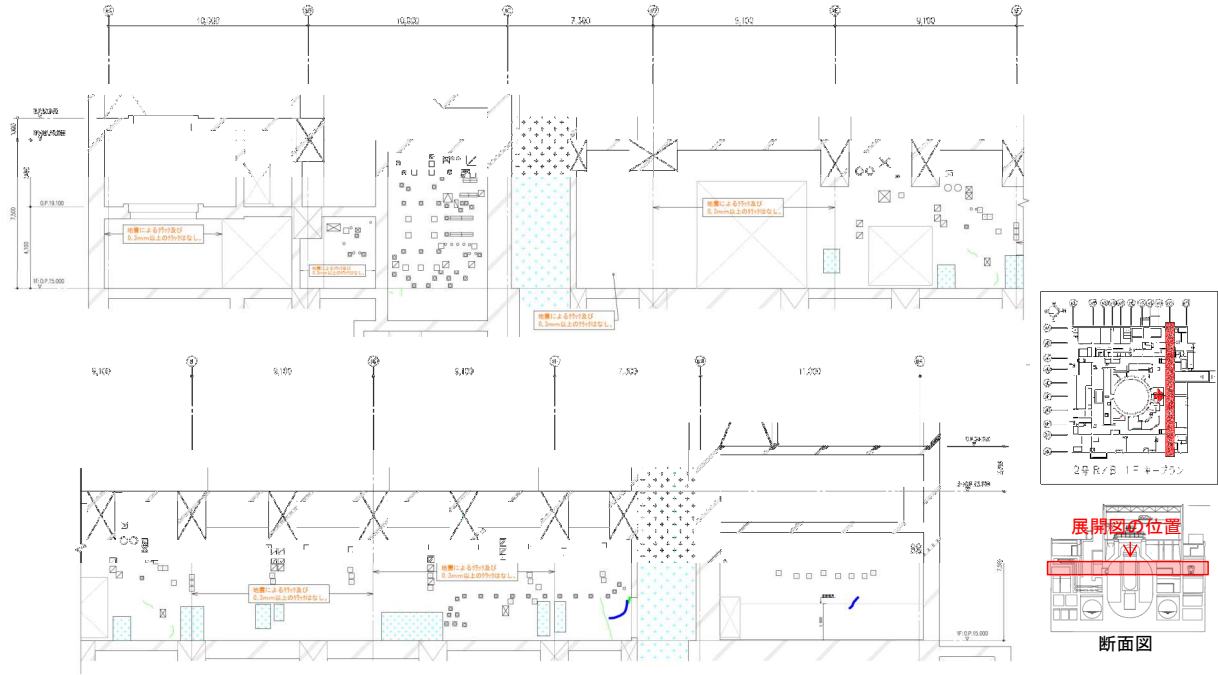
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(28) 2号炉原子炉建屋 地上1階 R4通り



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	はくく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



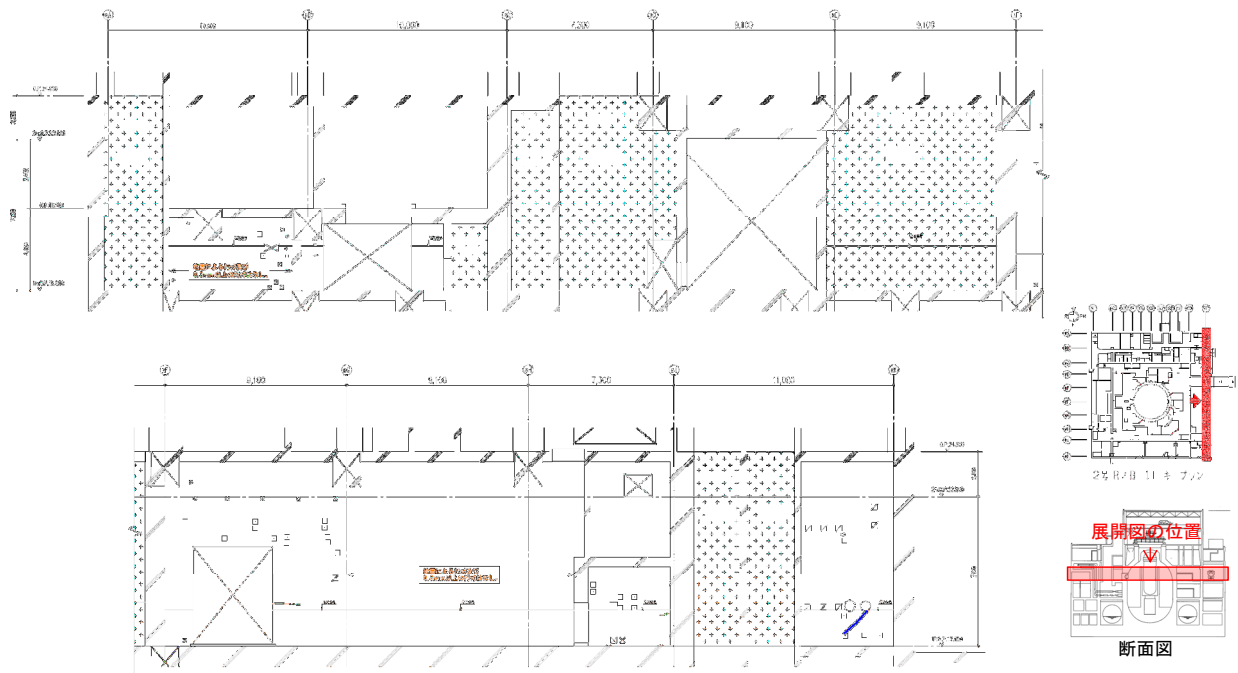
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(29) 2号炉原子炉建屋 地上1階 R10通り



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	はかどく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



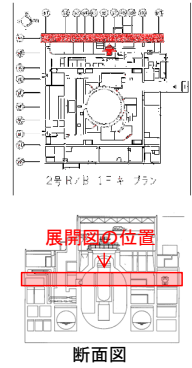
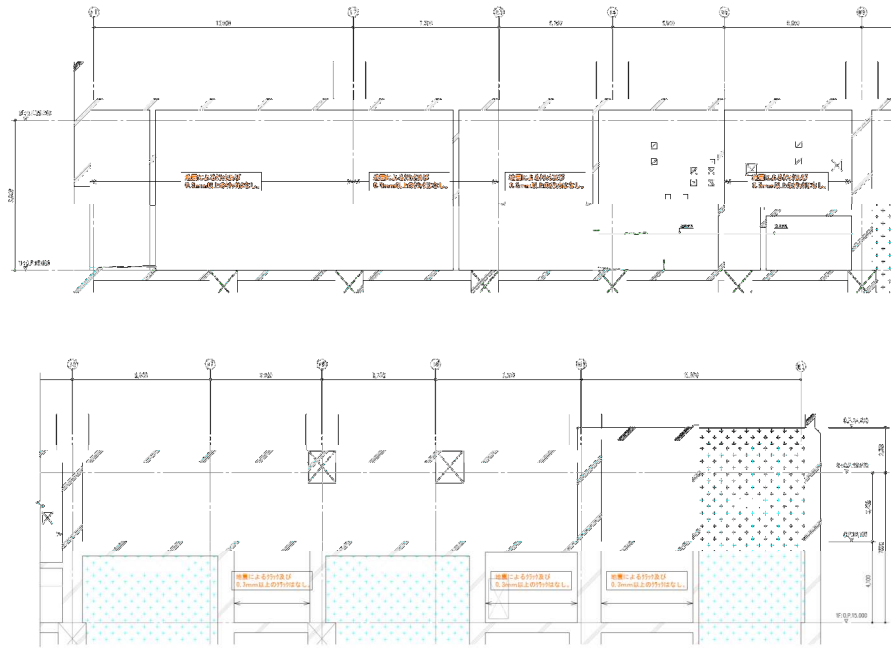
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(30) 2号炉原子炉建屋 地上1階 R11通り



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	はかどく
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



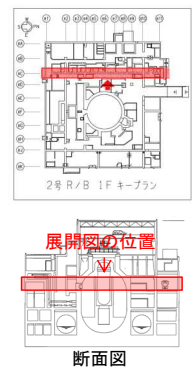
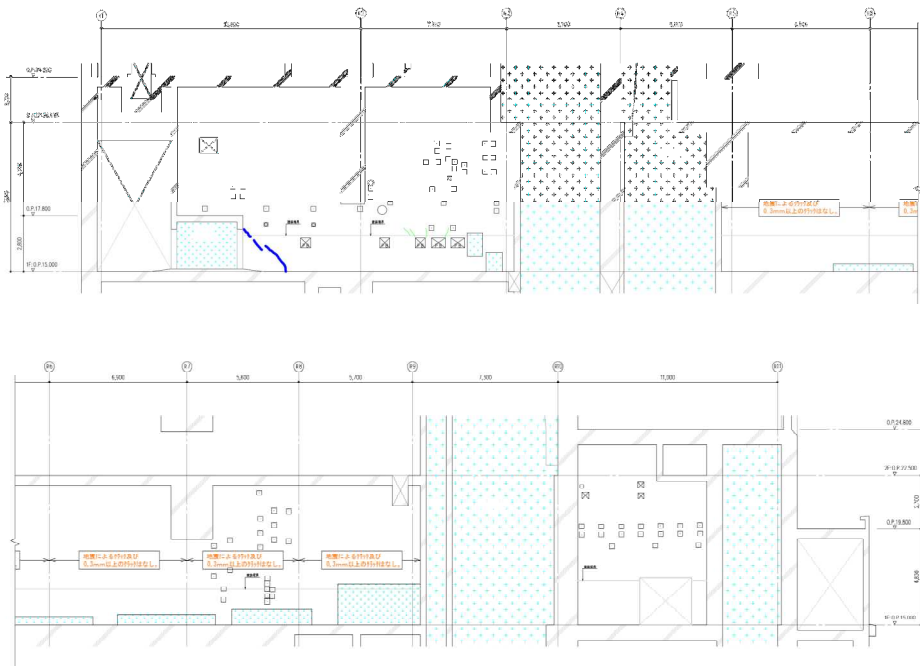
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(31) 2号炉原子炉建屋 地上1階 RA通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上			確認不能の範囲



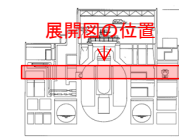
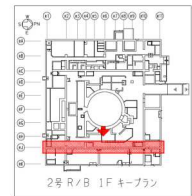
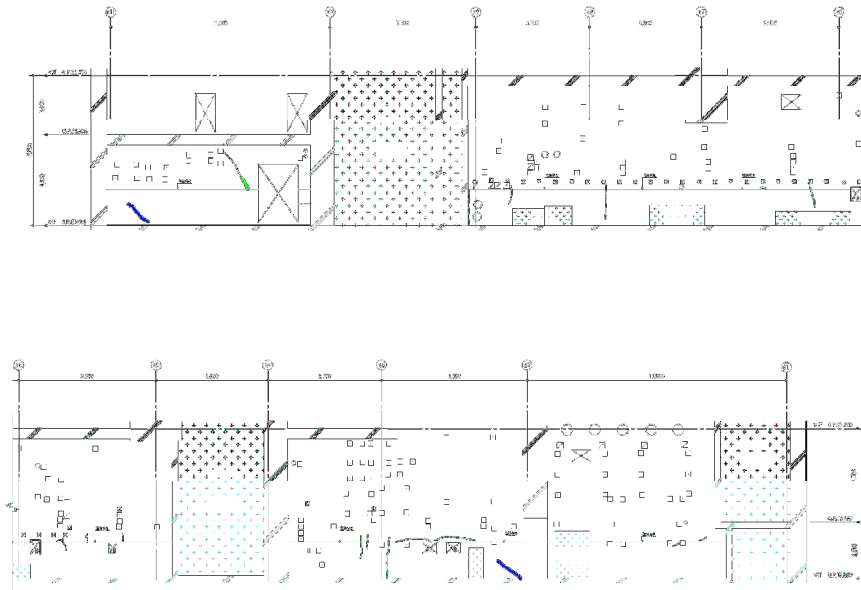
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(32) 2号炉原子炉建屋 地上1階 RC通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上			確認不能の範囲



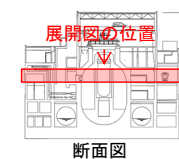
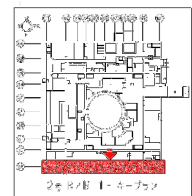
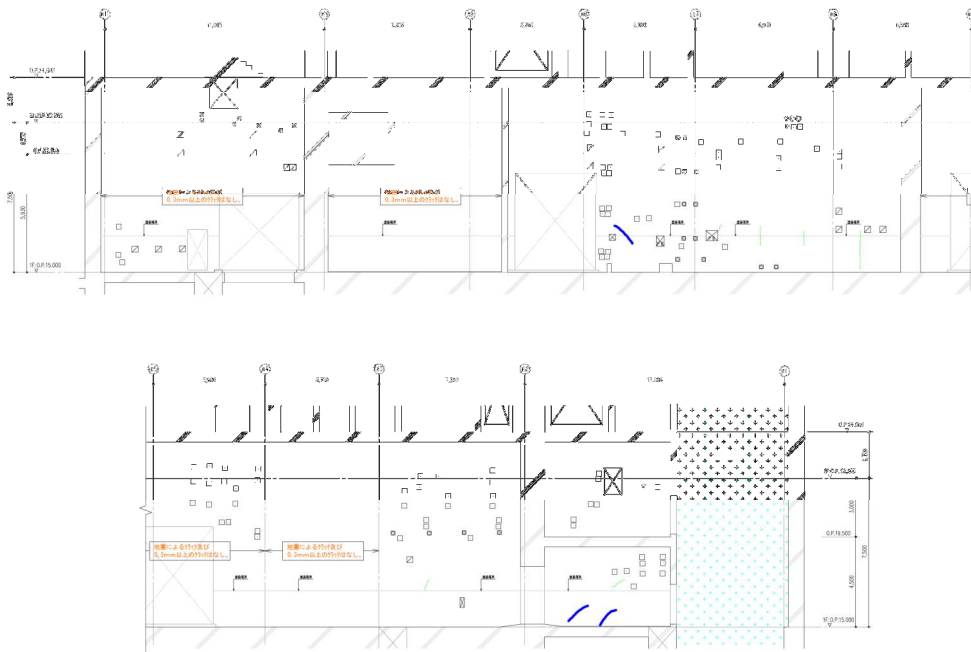
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(33) 2号炉原子炉建屋 地上1階 RJ通り



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	はくぐ
1.0mm以上		確認不能の範囲



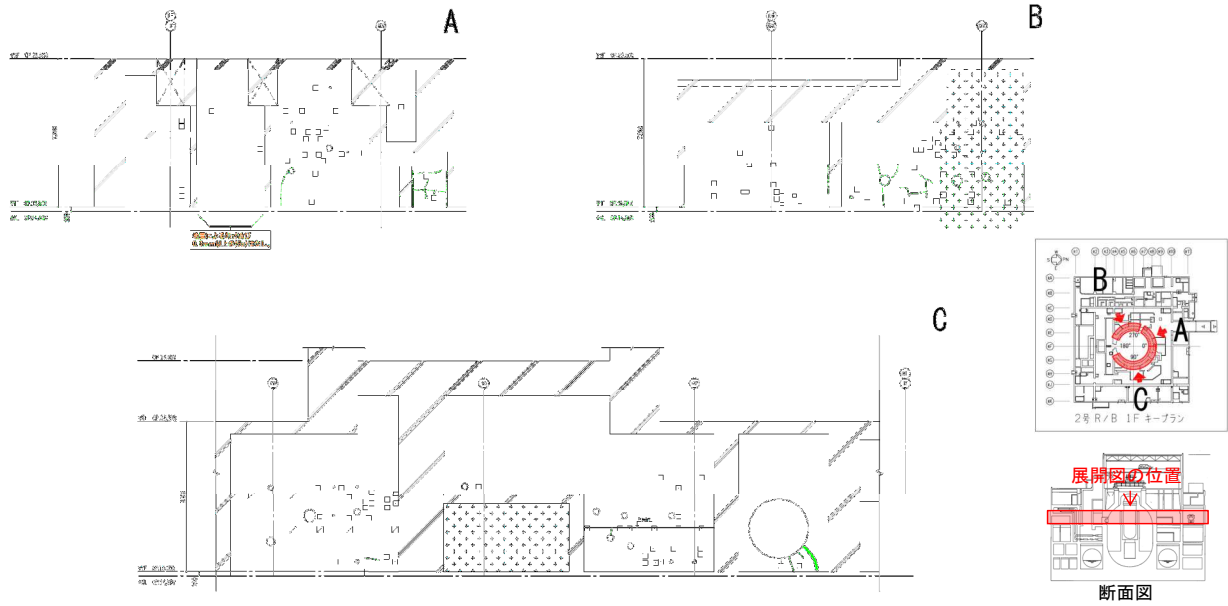
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(34) 2号炉原子炉建屋 地上1階 RK通り



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	はくぐ
1.0mm以上		確認不能の範囲



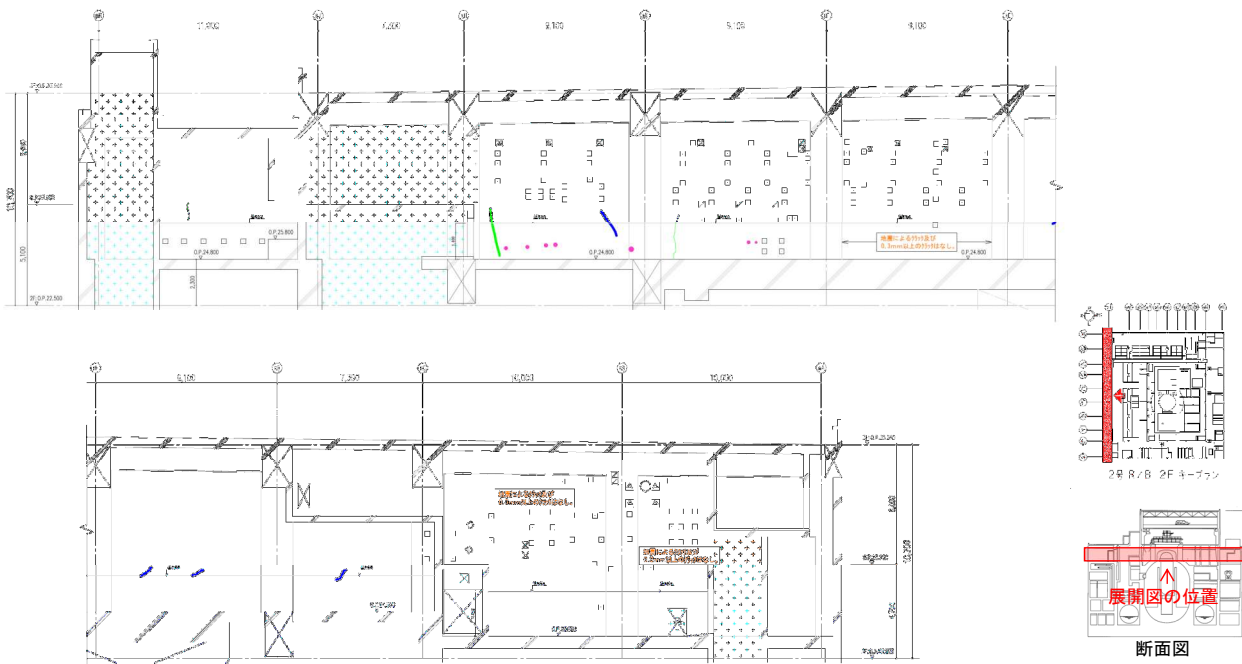
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(35) 2号炉原子炉建屋 地上1階 シェル壁



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



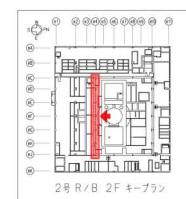
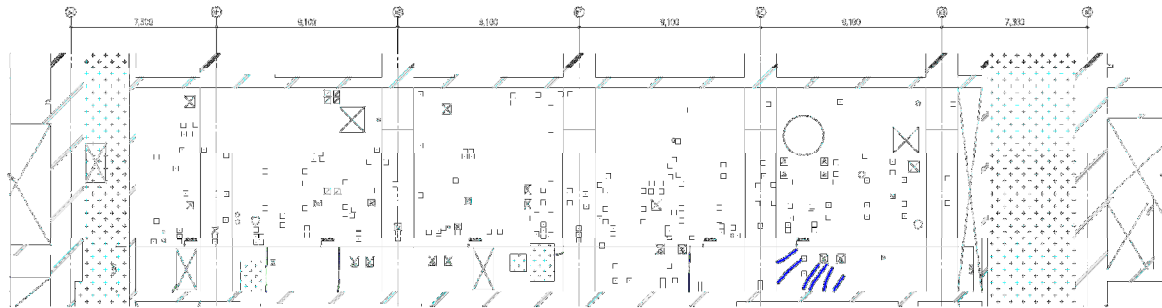
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(36) 2号炉原子炉建屋 地上2階 R1通り



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



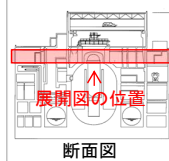
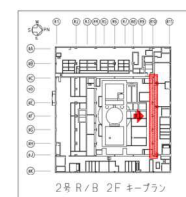
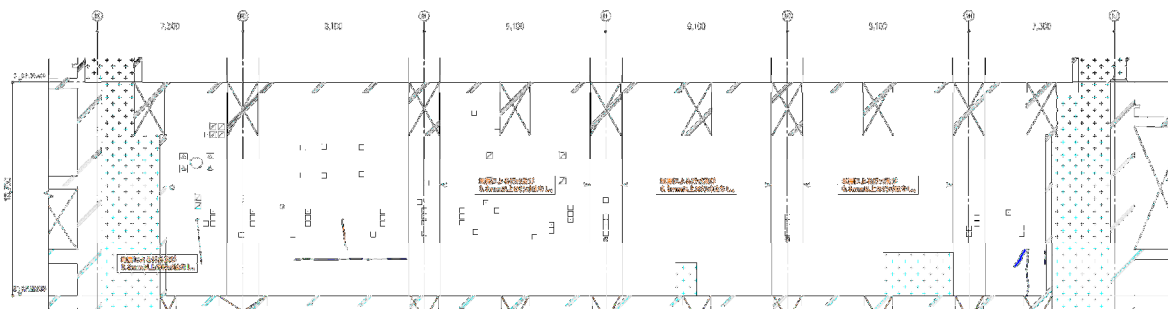
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(37) 2号炉原子炉建屋 地上2階 R4通り



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	はくぐ
1.0mm以上		確認不能の範囲



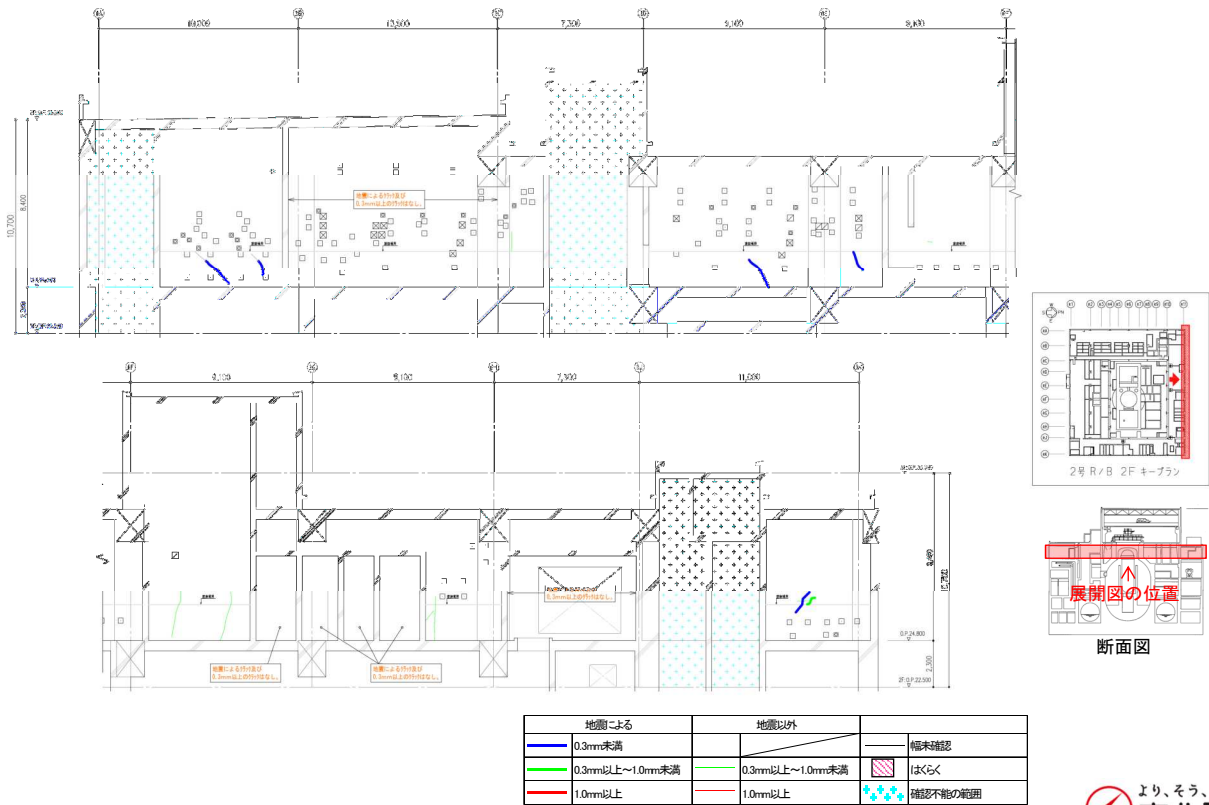
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(38) 2号炉原子炉建屋 地上2階 R10通り



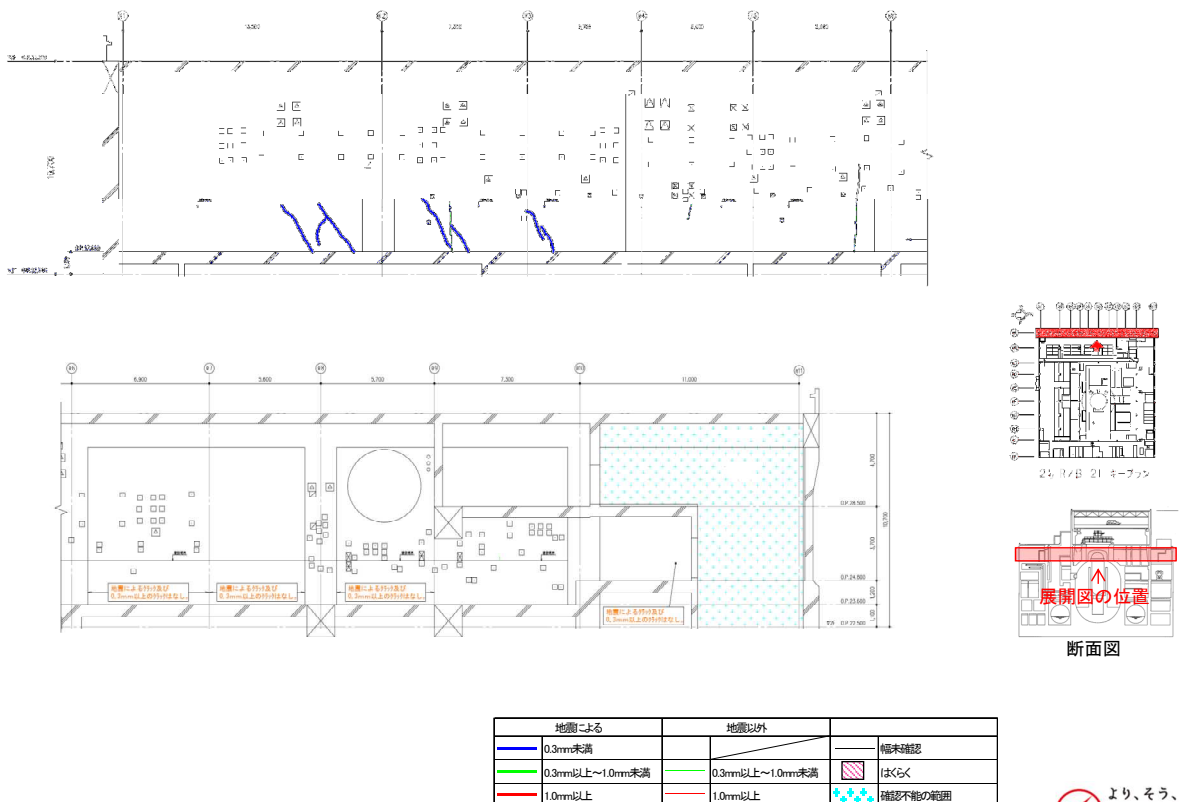
地震による	地震以外	
0.3mm未満	0.3mm以上～1.0mm未満	幅未確認
0.3mm以上～1.0mm未満	1.0mm以上	はくぐ
1.0mm以上		確認不能の範囲



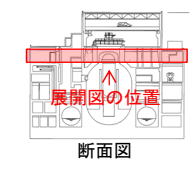
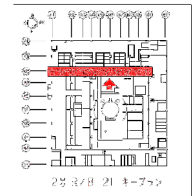
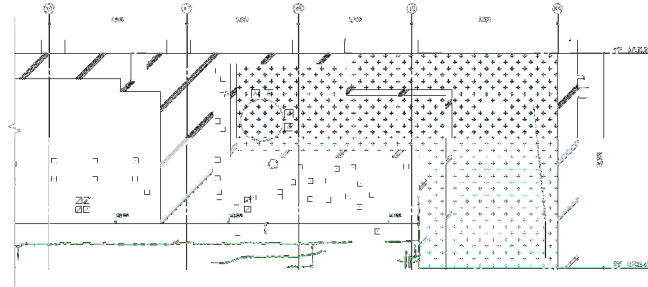
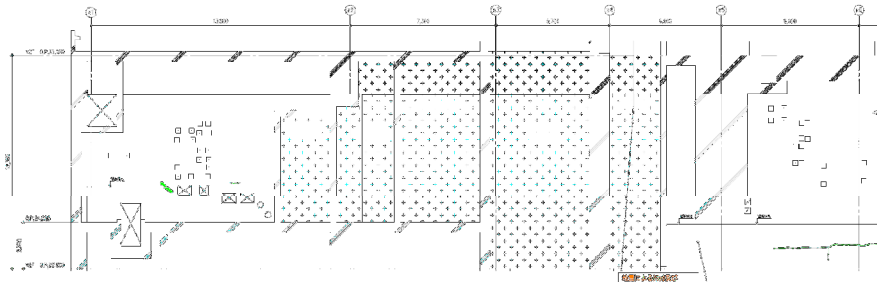
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(39) 2号炉原子炉建屋 地上2階 R11通り



2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(40) 2号炉原子炉建屋 地上2階 RA通り



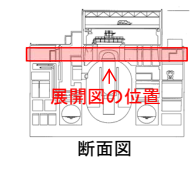
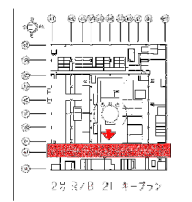
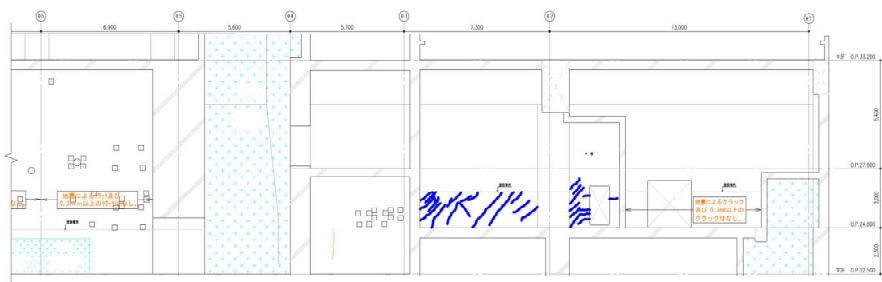
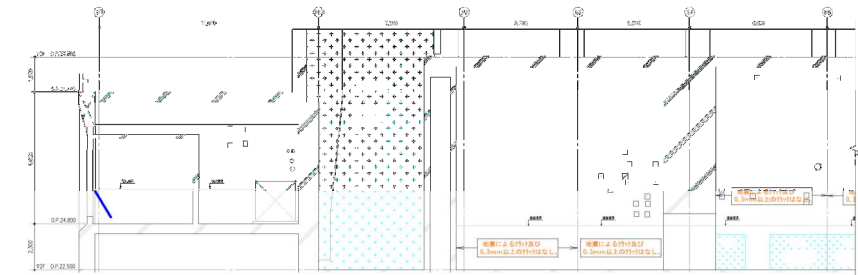
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(41) 2号炉原子炉建屋 地上2階 RC通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上	■		確認不能の範囲



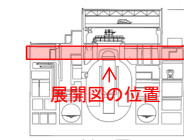
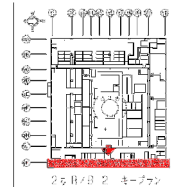
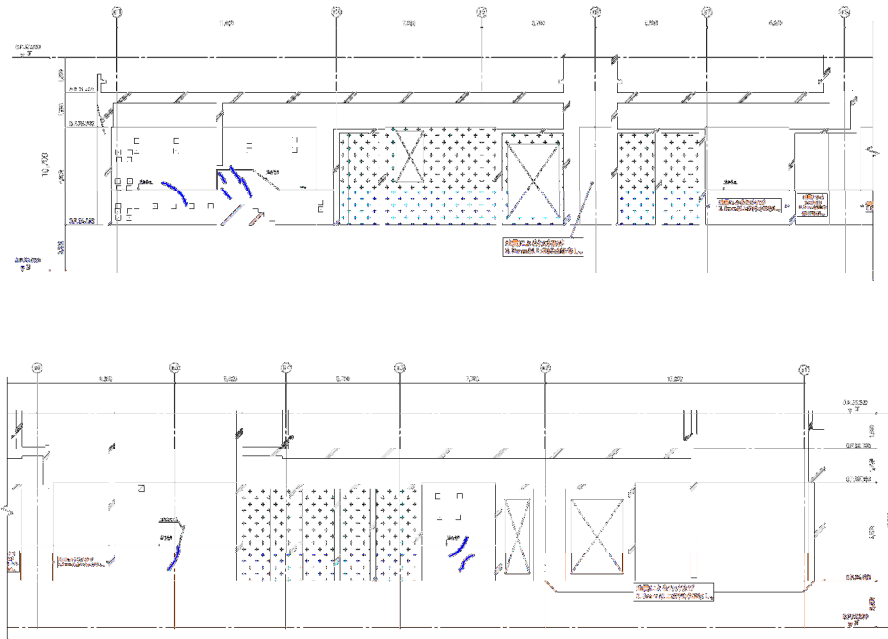
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(42) 2号炉原子炉建屋 地上2階 RJ通り



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	はくぐ
—	1.0mm以上	■		確認不能の範囲



2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(43) 2号炉原子炉建屋 地上2階 RK通り

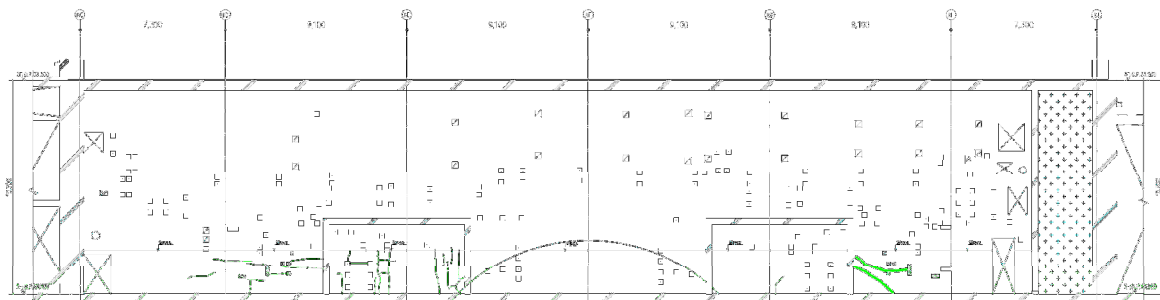


断面図

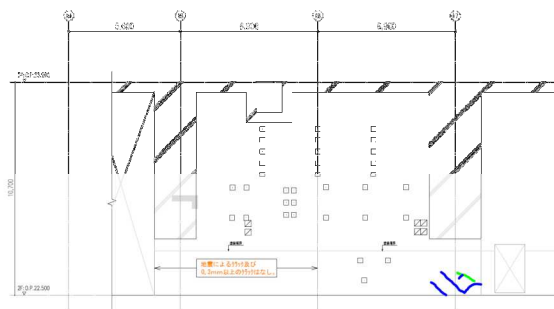
地震による		地震以外		
Blue line	0.3mm未満	Green line	0.3mm以上～1.0mm未満	幅未確認
Green line	0.3mm以上～1.0mm未満	Red line	1.0mm以上	はくく
Red line	1.0mm以上	Blue hatched		確認不能の範囲



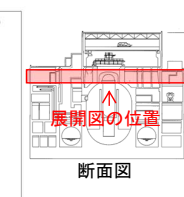
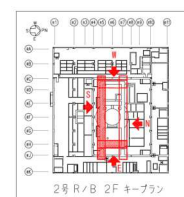
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(44) 2号炉原子炉建屋 地上2階 一部シェル壁



(南面 立面図)



(東面 立面図)

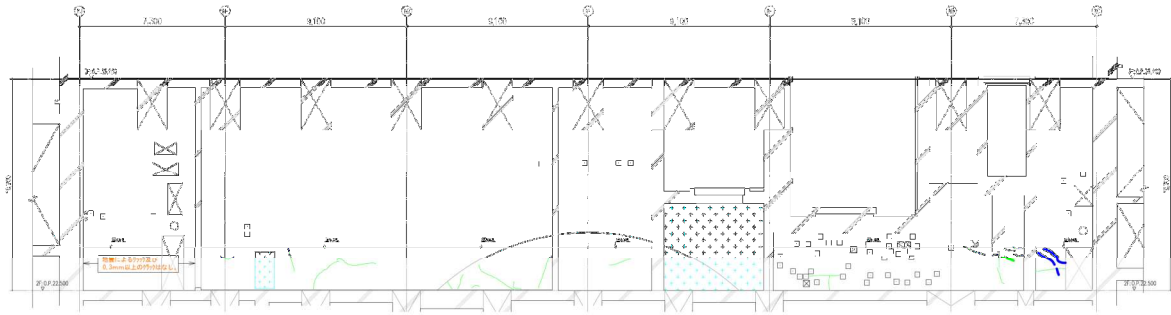


断面図

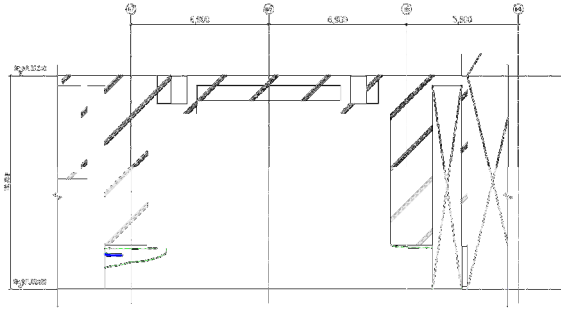
地震による		地震以外		
Blue line	0.3mm未満	Green line	0.3mm以上～1.0mm未満	幅未確認
Green line	0.3mm以上～1.0mm未満	Red line	1.0mm以上	はくく
Red line	1.0mm以上	Blue hatched		確認不能の範囲



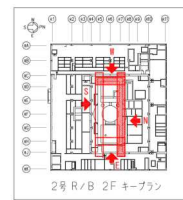
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(45) 2号炉原子炉建屋 地上2階 一部シェル壁



(北面 立面図)



(西面 立面図)

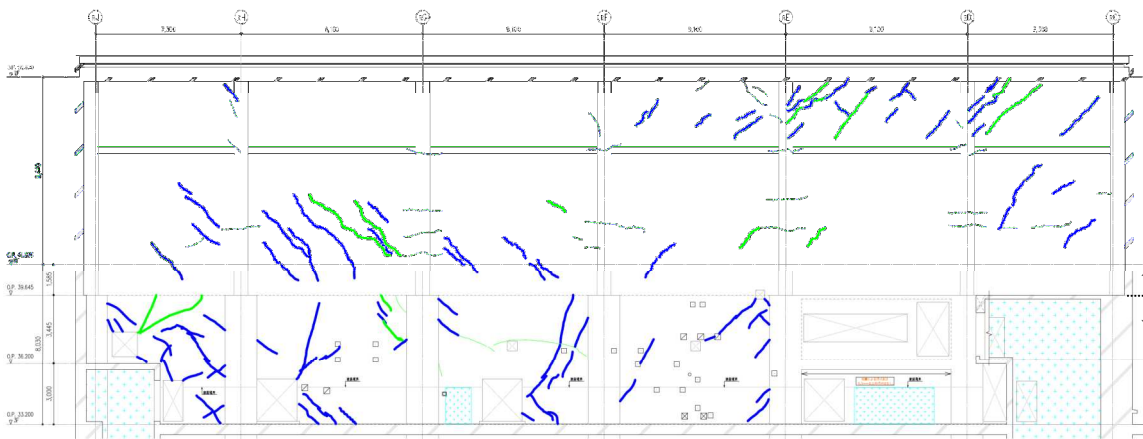


断面図

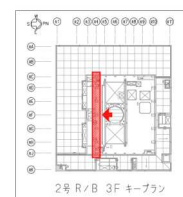
地震による		地震以外		
—	0.3mm未満	—	0.3mm以上～1.0mm未満	幅未確認
—	0.3mm以上～1.0mm未満	—	1.0mm以上	はくぐ
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(46) 2号炉原子炉建屋 地上3階 R4通り



↑ 外側より調査
↓ 内側より調査

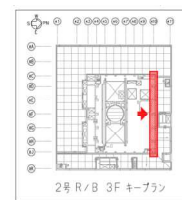
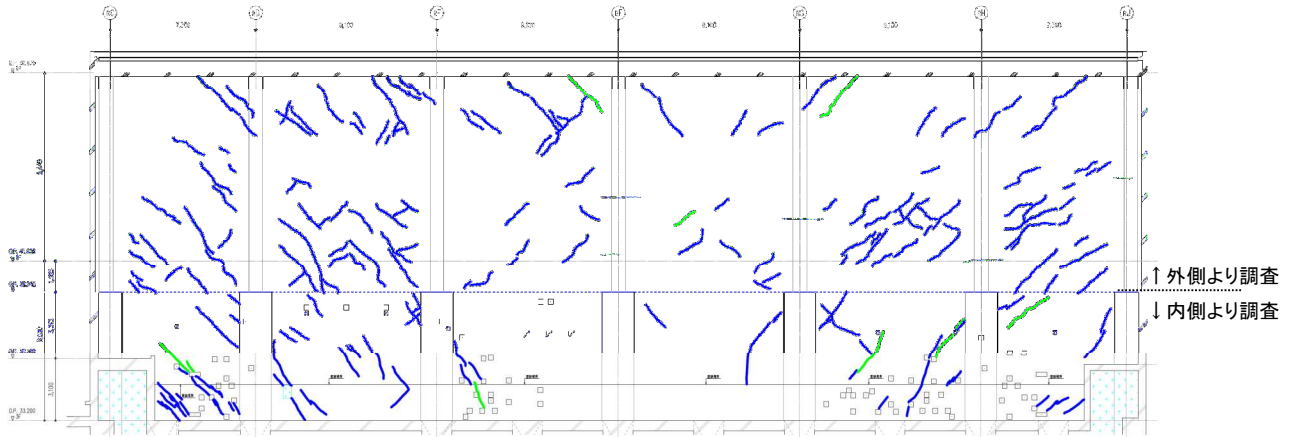


断面図

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	はくぐ
—	1.0mm以上	—	1.0mm以上	確認不能の範囲



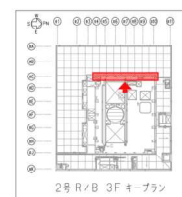
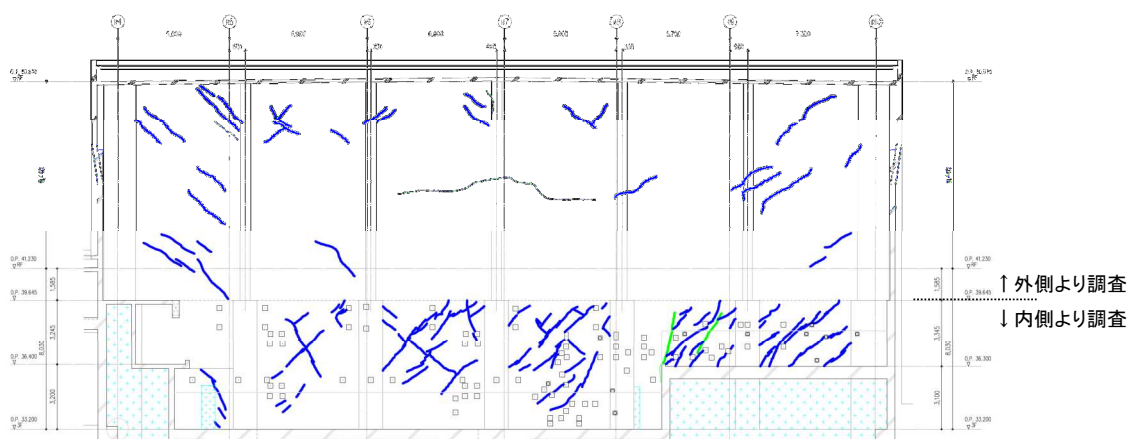
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(47) 2号炉原子炉建屋 地上3階 R10通り



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		はくぐ
	1.0mm以上				確認不能の範囲

より、そう、ちから。
東北電力

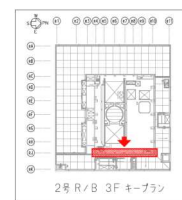
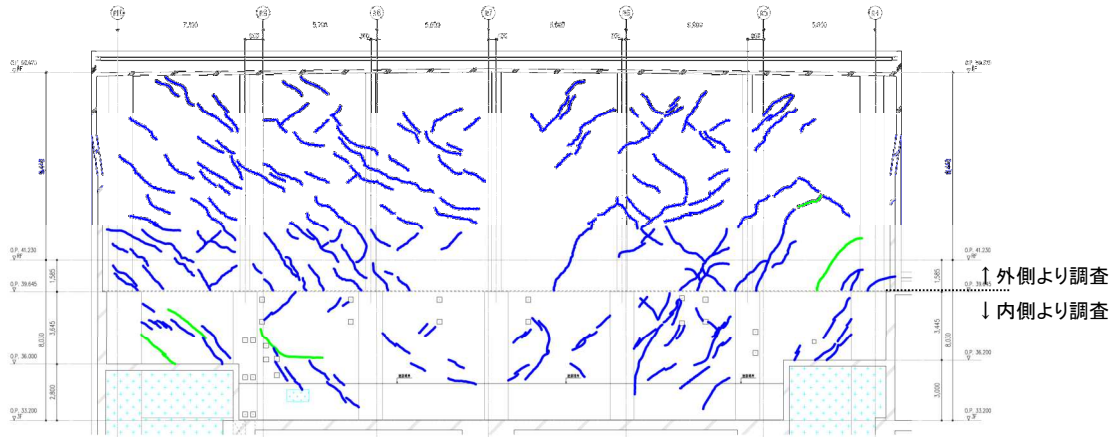
2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(48) 2号炉原子炉建屋 地上3階 RC通り



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		はくぐ
	1.0mm以上				確認不能の範囲

より、そう、ちから。
東北電力

2.3 原子炉建屋の被害状況 耐震壁(49) 2号炉原子炉建屋 地上3階 RJ通り



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. 原子炉建屋の被害状況(屋根トラス)

3.1 屋根トラスの集計表

- 点検結果を以下に示す。
- 地震力を負担する主トラスに被害は無かった。
- 地震力を負担しないサブトラスでは、JASS6の許容値※1未満の変形および高力ボルトの緩みを確認した。(トルク値の確認時に増し締めを行った。)

2号炉原子炉建屋屋根トラスの被害状況(構造部材)

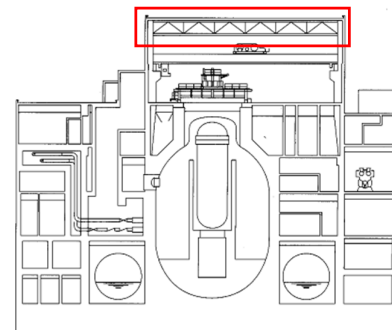
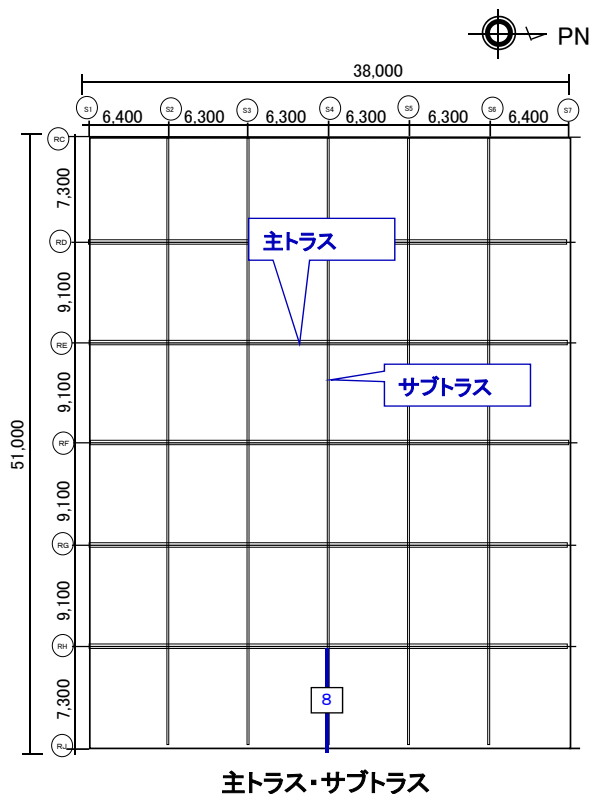
	母材	高力ボルト		溶接部	接合部
	(JASS6の許容値※1以上)	(破断)	(所定のトルク※2が無い)	(変形または破断がある)	(ガセットプレートの変形)
主トラス	0ヶ所	0本	0本	0ヶ所	0ヶ所
サブトラス	0ヶ所※3	0本	32本	0ヶ所	0ヶ所

2号炉原子炉建屋屋根トラスの被害状況(仮設部材)

	母材	高力ボルト		溶接部	接合部
	(JASS6の許容値※1以上)	(破断)	(所定のトルク※2が無い)	(変形または破断がある)	(ガセットプレートの変形)
上弦水平ブレース	0ヶ所	0本	0本	0ヶ所	0ヶ所
下弦水平ブレース	17ヶ所	0本	1本	0ヶ所	0ヶ所

- ※1 JASS6の梁の曲がりの管理許容値から10mmを判断の目安とした。
 ※2 高力ボルトのトルクは、「JSS II 09」(日本鋼構造協会)の下限値とした。
 ※3 目安とした10mm未満の変形を1箇所確認している。

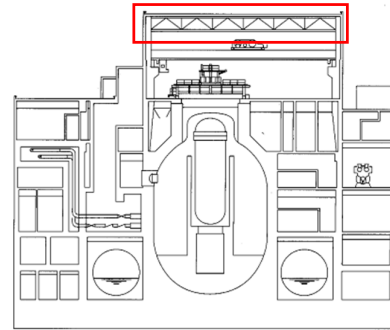
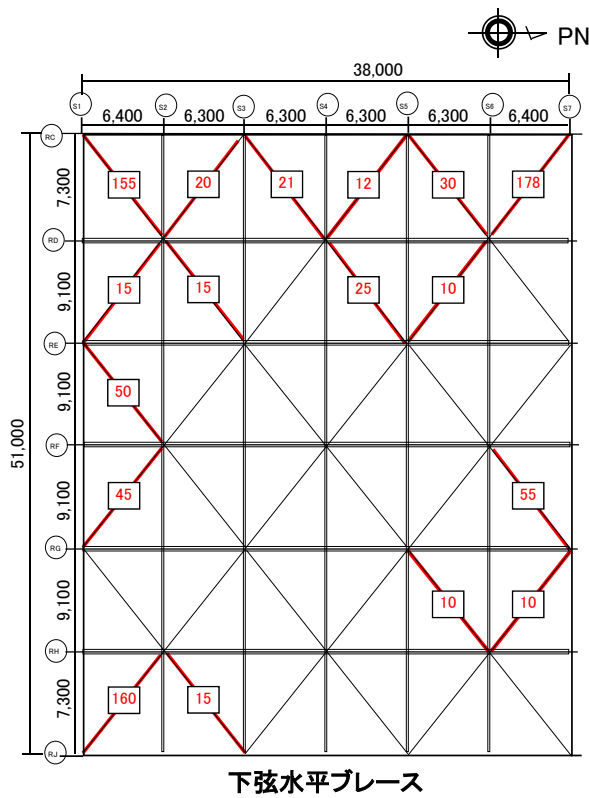
3.2 屋根トラスの被害状況(構造部材)



断面図(NS方向)

- : サブトラス変形箇所(ただし、目安とした10mm未満の変形)
 □ : 部材変形量(mm)

3.2 屋根トラスの被害状況(仮設部材)



断面図(NS方向)

- : 下弦水平ブレース変形箇所
- : 部材変形量(mm)

3.3 屋根トラスの被害状況(写真)



サブトラス(構造部材) 斜材 8mm変形

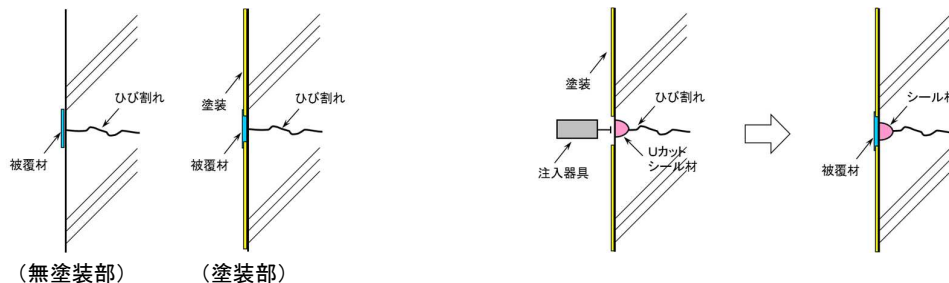


下弦水平ブレース(仮設部材) 160mm変形

4. 地震後の補修状況

4.1 地震後のひび割れ補修

- 地震による壁のひび割れについては、鉄筋コンクリートの耐久性維持の観点から、ひび割れ幅および塗装の有無に応じて適切な補修方法を選択し、実施している。
- 床等のひび割れについては、鉄筋コンクリートの耐久性維持の観点から、ひび割れ幅に応じて社内ルールに基づく補修を実施している。



(1)幅0.3mm未満のひび割れの補修例
被覆工法

(2)幅0.3mm以上のひび割れの補修例
注入工法

補修の進捗状況(平成29年1月時点)

	耐震壁・遮へい壁
原子炉建屋	実施中
制御建屋	実施中
タービン建屋	実施中

4. 2 地震後の屋根トラス補修

- サブトラスの変形した斜材については、今後交換を行う予定としている。
- サブトラスの地震により緩んだ高力ボルトについては、今後交換を行う予定としている。

5. まとめ

5.1 地震後の被害状況(2号炉原子炉建屋)のまとめ

【鉄筋コンクリート躯体】

- 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震および2011年4月7日宮城県沖の地震後の点検の結果、2号炉原子炉建屋の鉄筋コンクリート部には、地震により生じた幅1.0mmを超えるひび割れは確認されなかった。
- 地震後の点検で確認されたひび割れについては、今後、継続的に補修を実施していく。

【屋根トラス】

- 地震力を負担する主トラスには被害は無かった。
- 地震力を負担しないサブトラスの斜材の変形および高カボルトに地震による緩みを確認した。保守管理の観点から念のためサブトラスの斜材および高カボルトの交換を実施する。

5.2 今後の予定

- 原子炉建屋は、水平地震力は全て耐震壁で負担する設計としていることから、本資料では主に耐震壁の調査結果を示したが、変形追従部材の柱や主に長期荷重を負担する床についても、今後調査結果のとりまとめ・ひび割れ発生の要因分析などを行っていく。
- また、コンクリート構造体の健全性評価に資することを目的として、機械基礎についても調査結果のとりまとめを行っていく。

【参考】通り名称の対応関係

- 地震後健全性確認の通り名称と工事計画認可申請の通り名称の対応を以下に示す。

	地震後健全性確認	工事計画認可申請
EW方向	R1	OW-1
	R2	IW-2
	R4	IW-4
	シェル壁	SW
	R10	IW-10
	R11	OW-11
NS方向	RA	OW-A
	RC	IW-C
	シェル壁	SW
	RJ	IW-J
	RK	OW-K

女川原子力発電所 2 号機の安全性に
関する検討会 説明資料

論点番号 9
(意見番号 17)

* 資料は論点番号 2 (意見番号 6) と重複するため省略

女川原子力発電所 2号機の安全性に 関する検討会 説明資料

論点番号 10

(意見番号 18)

* 資料は論点番号 2 (意見番号 6) および
論点番号 8 (意見番号 16) と重複するため省略

女川原子力発電所2号機の安全性に 関する検討会 説明資料

論点番号 11～17
(意見番号 19～25)

* 資料は論点番号2 (意見番号6) と重複するため省略