

女川原子力発電所2号炉

東北地方太平洋沖地震等による影響を踏まえた耐震設計への反映について

＜4条 耐震設計方針 建屋の耐震設計関連＞

（第655回審査会合[平成30年11月29日]指摘事項に対する回答）

平成31年 2月14日
東北電力株式会社

審査会合における指摘事項

No	審査会合日	項目
<建屋の耐震設計>		
107	平成30年11月29日	新設建屋の不確かさケースの考え方について、設計剛性及び設計剛性に0.8倍を乗じることで見込んでいる保守性を整理して提示すること。
108	平成30年11月29日	建屋の地震後の振動性状を踏まえた確認について、設置許可段階での申請上の位置づけを整理して提示すること。
109	平成30年11月29日	アンカーが主筋位置よりも内部に定着されていない埋め込み金物が支持している機器・配管について、耐震クラスを含めて網羅的に整理した上で、埋め込み金物の支持機能喪失時に安全機能に支障を及ぼすと判断される場合には、アンカーの健全性評価の方針を合わせて提示すること。
110	平成30年11月29日	機器・配管の解析モデルの考え方について、コンクリートのひび割れを考慮しても機器の基礎台及び機器アンカー一部を解析モデルに考慮する必要がないとした根拠を提示すること。
<弾塑性解析の適用(屋根トラス関係)>		
111	平成30年11月29日	二次格納施設のバウンダリを形成する耐震壁について、3.11地震による影響を受けていることを踏まえ、水平2方向+鉛直方向地震時の気密性評価方針を屋根トラスの3次元モデルによる解析結果の反映方法も含めて提示すること。
<弾塑性解析の適用(基礎版関係)>		
112	平成30年11月29日	基礎版解析モデルにおける基礎版及び耐震壁の基本ケース並びに不確かさケースの剛性低下の評価方針を整理して提示すること。
113	平成30年11月29日	過去の地震記録に基づく基礎版上端のベースシア係数と平均鉛直変位の比較において、3.11地震後の観測記録の追加及び基礎版の剛性低下に関する考察を検討し提示すること。

No	審査会合日	項目
107	平成30年11月29日	新設建屋の不確かさケースの考え方について、設計剛性及び設計剛性に0.8倍を乗じることで見込んでいる保守性を整理して提示すること。
108	平成30年11月29日	建屋の地震後の振動性状を踏まえた確認について、設置許可段階での申請上の位置づけを整理して提示すること。

新設建屋への初期剛性低下の考慮方針

➤ 新設建屋の地震応答解析においても、不確かさケースとして初期剛性の低下を考慮する。

【新設建屋の構造的特徴と原子炉建屋との類似性】

- 新設建屋は岩盤に設置し、地下階を有する計画としている。主たる耐震要素は原子炉建屋等と同様に耐震壁としており、全方向に耐震壁が配置されたマッシブな構造となっている。また、基準地震動 S_s に対しておおむね弾性範囲に留まる設計(短期許容応力度設計)を目指している。
- 新設建屋においても既設と同様のコンクリート材料を用いる予定。

【類似建屋の3.11地震に対する剛性低下の特徴】

- 2号炉原子炉建屋のオペフロ下部は、3.11地震に対し、おおむね第一折点程度の応答を示したが、その際の剛性低下は設計剛性に対し0.8倍程度となっている。

【新設建屋の地震応答解析モデル】

- 基本ケース
 - ・地震の影響を受けていないことから設計剛性(設計基準強度)を用いた地震応答解析モデルを採用する。
- 不確かさケース
 - ・新設建屋は基準地震動 S_s に対して短期許容応力度設計を目指していることから耐震壁の断面厚が厚くなるため、基準地震動 S_s に対して初期剛性が低下したとしても、その低下の度合は、コンクリートの設計基準強度と実強度の乖離分で吸収可能と考える。また、評価基準値(耐震壁のせん断ひずみ： 2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有するため、耐震安全性は基本ケースの解析で確認可能と考える。
 - ・ただし、念のため、耐震壁の厚さが厚い原子炉建屋のオペフロ下部の3.11地震に対する剛性低下量(0.8倍程度)を考慮することで設計における保守性を確保する。
 - ・なお、具体的な低下量は今後の新設建屋の詳細設計を踏まえ決定する。

新設建屋の平面図, 断面図の例(緊急時対策建屋)

原子炉建屋の平面図, 断面図

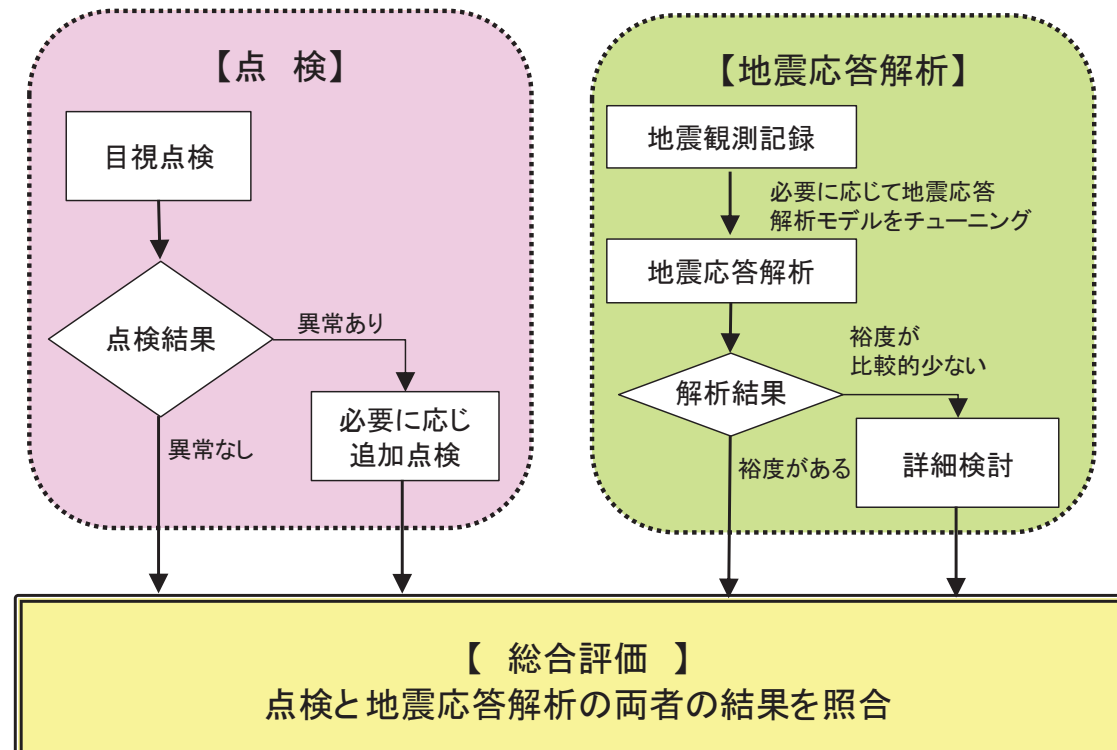
地震後の振動性状の確認を踏まえた検討の実施

【地震後の振動性状の確認を踏まえた検討の実施】

- ▶ 将来地震に見舞われた時は、特別な保全計画に基づく地震後健全性評価に加え、3.11地震等の影響を踏まえて設計体系に反映した事項(初期剛性低下の考慮等)について分析し、設計の妥当性を確認する。なお、必要に応じてその結果を踏まえた基準地震動 S_s に対する健全性確認を行う。
- ▶ 上記の方針については、既設建屋および新設建屋ともに確認を行うこととし、設置許可段階での申請上は、「添付書類八 原子炉施設の安全設計に関する説明書 1.3 耐震設計」に、『耐震性の確認』の項目として反映する。

具体的な反映事項

- 新たに設置する安全上重要な建屋については、地震観測装置を設置する。また、既設建屋についても3.11地震に対する振動性状の詳細検討結果に応じて観測の充実を図る。
- 将来地震に見舞われた時は、3.11地震等の影響を踏まえて設計体系に反映した事項(初期剛性低下の考慮等)について分析し、設計の妥当性を確認する。



特別な保全計画に基づく地震後健全性評価の全体フロー

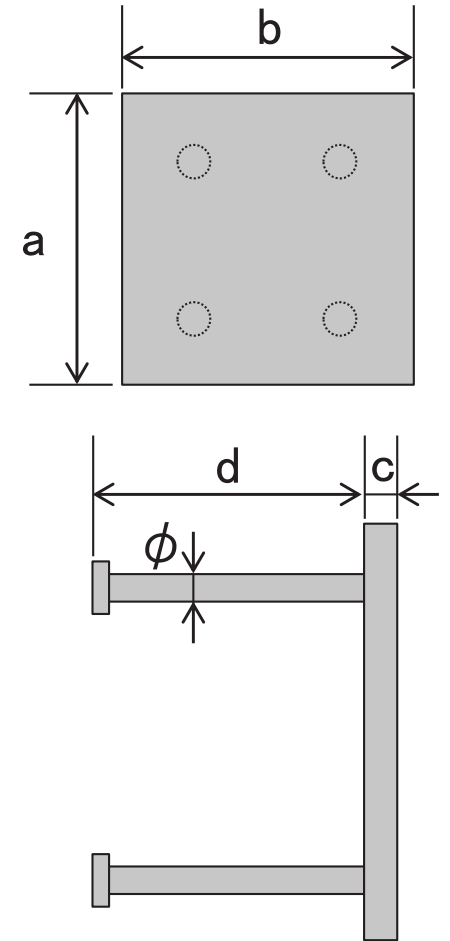
No	審査会合日	項目
109	平成30年11月29日	アンカーが主筋位置よりも内部に定着されていない埋め込み金物が支持している機器・配管について、耐震クラスを含めて網羅的に整理した上で埋め込み金物の支持機能喪失時に安全機能に支障を及ぼすと判断される場合には、アンカーの健全性評価の方針を合わせて提示すること。

埋め込み金物の仕様整理

- 女川2号炉の機器・配管系については、アンカーが主筋位置よりも内部(深い位置)に定着されていない埋め込み金物は使用していない。
- 埋め込み金物は、耐震クラスによらず、配管、トレイ、空調ダクト、盤等に使用されており、各々の作用荷重等を考慮して選定している。
- アンカーの埋め込み深さは100mm～300mmであり、使用実績を踏まえると、埋め込み深さが最小となるのは130mm(薄壁専用)である。

標準埋め込み金物の仕様一覧

No.	金物寸法 a×b (mm)	埋め込み金物厚さ c (mm)	埋め込み深さ d (mm)	スタッド本数 φ(mm)×(本)	備考
1	200×200	12	170	φ16×4	
2	250×250	16	170	φ16×4	
3	250×250	16	130	φ16×4	薄壁(200mm)専用
4	300×300	25	220	φ22×4	
5	300×300	22	180	φ19×4	
6	400×400	32	300	φ22×8	
7	450×450	36	300	φ22×8	
8	250×100	16	160	φ16×2	
9	400×200	19	160	φ19×8	使用実績なし*
10	450×250	19	160	φ16×6	
11	800×125	9	100	φ13×10	使用実績なし*
12	400～1300×200	19	260	φ22×6～18	
13	300×300	16	130	φ16×4	薄壁(200mm)専用

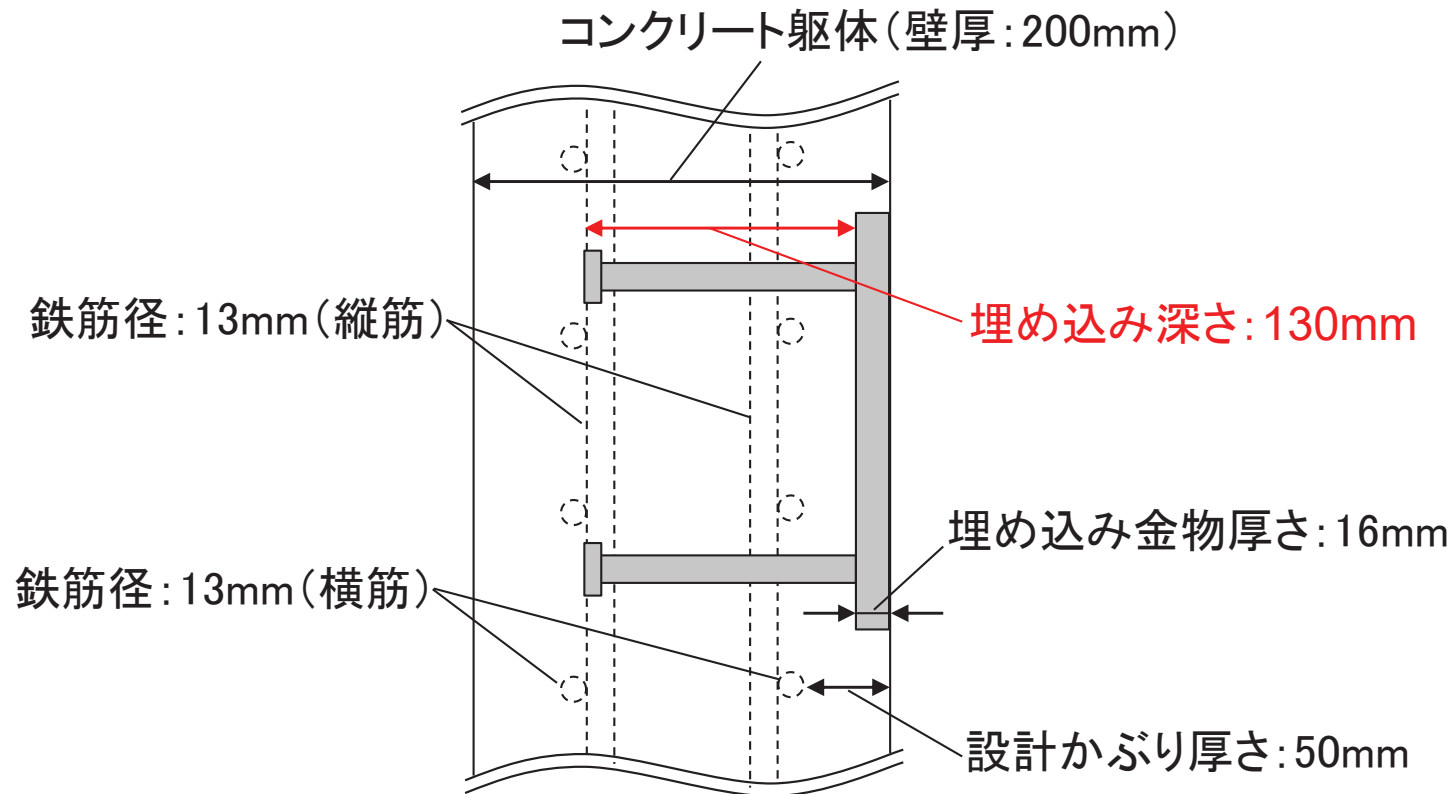


埋め込み金物の形状及び寸法

* : 2号炉での使用実績がないことを踏まえ、3号炉以降では設計仕様(標準図)から削除

埋め込み金物と躯体の位置関係

- 埋め込み深さが最小である130mmの埋め込み金物(薄壁専用)の設置状況を下図に示す。
- 当該埋め込み金物は、原子炉建屋には使用されておらず、制御建屋の階段室等、壁が薄い箇所(壁厚:200mm)に使用されている。
- 実機におけるアンカー端部は設計かぶり厚さ50mmと鉄筋径13mmを考慮すると、主筋位置よりも十分深い位置で定着されている。
- 機器アンカー部に乾燥収縮による分散したひび割れがある場合においても、アンカー端部が主筋位置よりも深く、十分定着されていることから、アンカーの支持性能への影響はない。



実機における埋め込み金物の設置状況(埋め込み深さ130mmの場合)



埋め込み金物設置状況
(空調ダクト:耐震Sクラス)

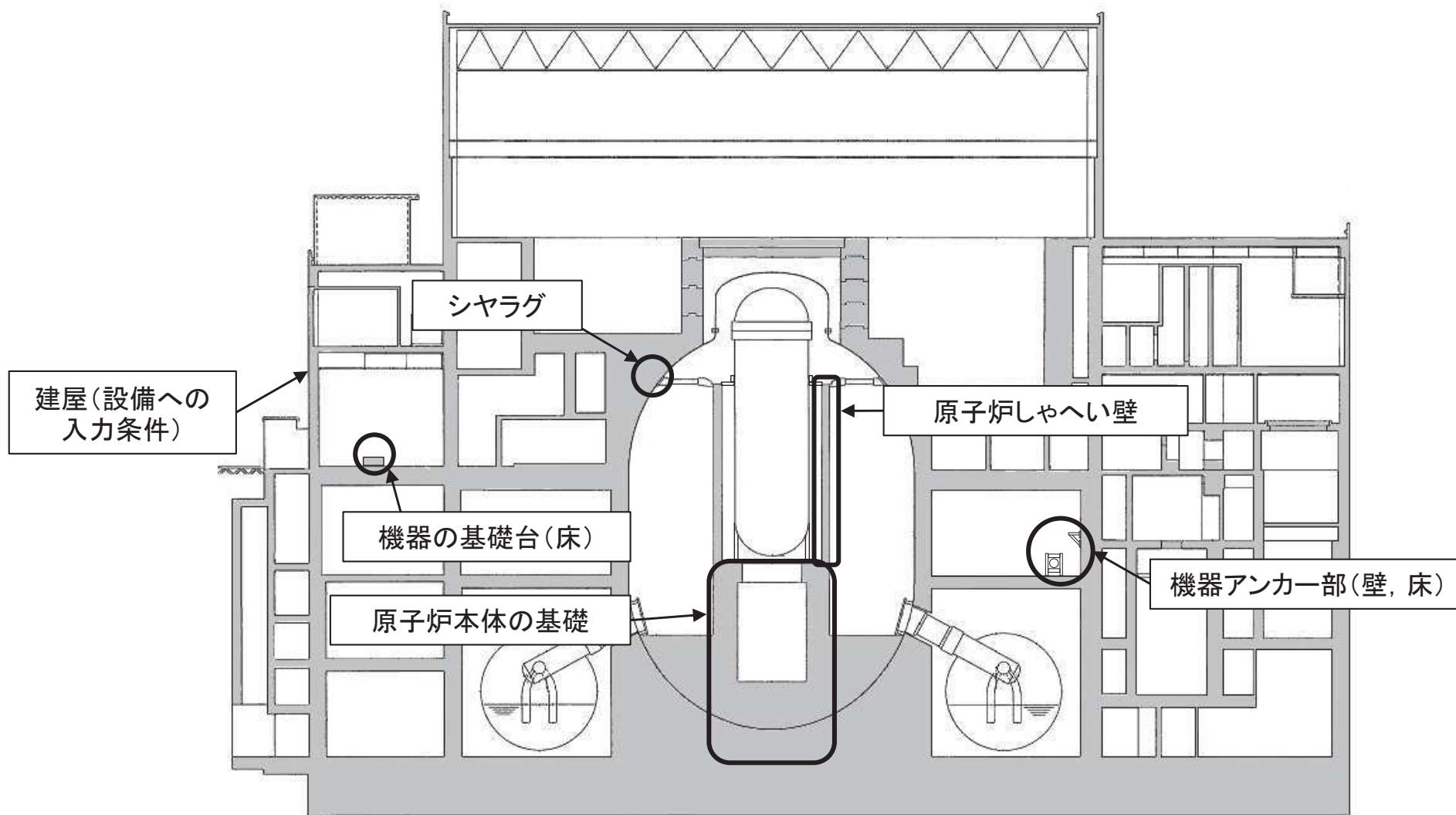
No	審査会合日	項目
110	平成30年11月29日	機器・配管の解析モデルの考え方について、コンクリートのひび割れを考慮しても機器の基礎台及び機器アンカー一部を解析モデルに考慮する必要がないとした根拠を提示すること。

乾燥収縮及び地震影響のひび割れを踏まえた機器・配管系の耐震評価に係る条件設定

- 乾燥収縮及び地震影響によるコンクリートのひび割れを踏まえ、評価への影響の可能性が考えられる機器・配管系の設備を構造的な分類により抽出し、抽出された設備の耐震評価において考慮すべき内容を整理する(次頁参照)。
- 耐震評価において考慮すべき内容は、評価対象部位ごとに応答解析及び強度評価に区分し、コンクリートのひび割れに係る影響検討結果(建屋の初期剛性が低下していること、建屋躯体の耐力への影響が小さいこと)、設備の構造的特徴等を踏まえて検討を行う。
- コンクリートと関連する機器・配管系の設備のうち、建屋(設備への入力条件として)、原子炉本体の基礎、機器の基礎台及び機器アンカー一部の応答解析に対して、乾燥収縮及び地震影響のひび割れを踏まえて、建屋の初期剛性低下を考慮した設計を行う。

評価対象部位	応答解析における考慮	強度評価における考慮
建屋(設備評価への入力条件)	<ul style="list-style-type: none"> 床応答スペクトルは、建屋の地震応答解析モデルの基本ケースに対する拡幅率±10%と不確かさケースの比較を行い、その結果を設計に反映する。なお、フロアごとに全質点の床応答スペクトルを包絡して用いることを基本とする。 原子炉建屋と連成解析を行う大型機器は、建屋の地震応答解析モデル(基本ケース、不確かさケース)を踏まえた建屋応答解析結果を用いた設計とする。 	—
原子炉本体の基礎	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉本体の基礎のコンクリートは、鋼板で覆われているため、乾燥収縮の影響はないと考えられる※が、念のため、建屋側と同様に剛性低下を考慮した地震応答解析を行い、影響を確認して設計へ反映する。 <p style="text-align: right;">※P.13文献レビュー参照</p>	<ul style="list-style-type: none"> 内部に充填されたコンクリートには、強度を期待せず、鋼板のみで耐える設計とする。【従来同様】
機器の基礎台	<ul style="list-style-type: none"> 機器の基礎台は、剛性が十分に大きくなるように設計していることから、コンクリートのひび割れが地震応答解析モデルに与える影響はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 建屋躯体と同様の構造であり、耐力への影響はないことから、JEAG4601に基づく設計とする。【従来同様】
機器アンカー一部	<ul style="list-style-type: none"> 機器アンカー一部は、建屋躯体と十分に深い位置で定着させる設計であり、建屋躯体と一体となって挙動するため、コンクリートのひび割れが、地震応答解析モデルに与える影響はない。 	<ul style="list-style-type: none"> JEAG4601に基づく設計とする(コンクリートのコーン状破壊の評価において、建屋の面内せん断ひずみ度に応じた低減係数を考慮)。【従来同様】
原子炉しゃへい壁	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉しゃへい壁は、鋼板の剛性のみを考慮した地震応答解析を実施しているため、コンクリートのひび割れの影響はない。【従来同様】 	<ul style="list-style-type: none"> 内部に充填されたモルタルには強度を期待せず、鋼板のみで耐える設計とする。【従来同様】
シヤラグ	<ul style="list-style-type: none"> シヤラグの地震応答解析に用いるばね定数は、鋼材の物性値により設定されるため、コンクリートのひび割れの影響はない。【従来同様】 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートの圧縮に係る評価には、ひび割れの影響は無視できること、建屋躯体の耐力への影響はないことから、JEAG4601に基づく設計とする。【従来同様】

コンクリートと関連する機器・配管系の設備の抽出結果



□ : コンクリートと関連する機器・配管系の設備

■ : コンクリート

機器の基礎台に対する影響

- 原子炉建屋に設置される耐震Sクラス機器の基礎台の仕様(ポンプ, 熱交換器, タンクの例)を, 下表に示す。
- 各基礎台は, 十分な剛性を持たせた設計となっており, 形状から算出した剛性及び固有振動数は非常に大きいため, コンクリートのひび割れが機器の応答解析モデルに与える影響はない。
- なお, 基礎台の高さが500mmを超える場合は, 設置階の震度と上階の震度との線形補間によって震度を割増しする。

名称	寸法 (mm)	高さ (mm)	剛性(kN/mm)		固有振動数(Hz)	
			短辺方向	長辺方向	短辺方向	長辺方向
原子炉補機冷却水ポンプ基礎台	3,950 × 1,500	200	3.27×10^5	3.36×10^5	1,690	1,711
残留熱除去系熱交換器基礎台	1,720 × 1,020	1,350	3.69×10^3	7.18×10^3	126	134
	1,800 × 1,100		4.65×10^3	8.48×10^3	177	181
ほう酸水注入系貯蔵タンク	φ 3,300	605	1.49×10^5		546	



原子炉補機冷却水系ポンプ



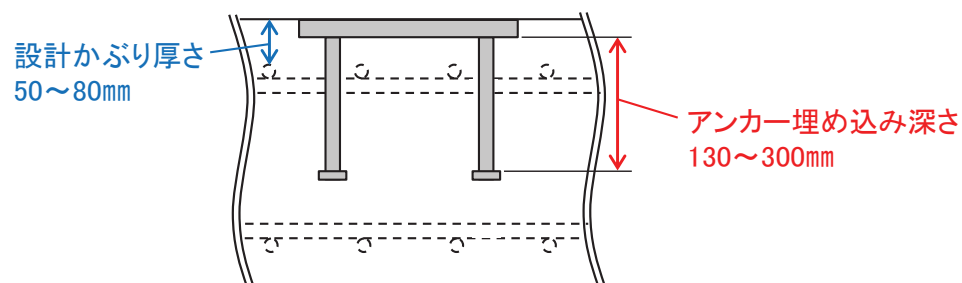
残留熱除去系熱交換器

機器アンカー部に対する影響

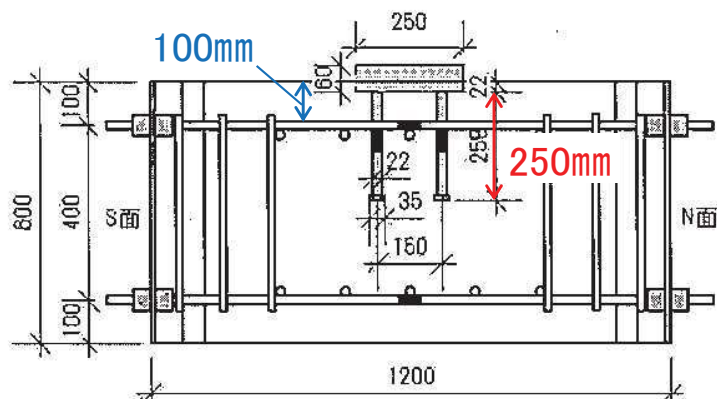
- 機器・配管系を支持する埋め込み金物は、対象設備の作用荷重等を考慮し、機器アンカーの端部が主筋位置よりも十分深い位置で建屋躯体に定着するように設計されている。このため、機器アンカー部は、建屋と一体となって応答することから、コンクリートのひび割れが機器の応答解析モデルに与える影響はない。

【参考：ひび割れを付与した機器アンカー部の耐力試験※】

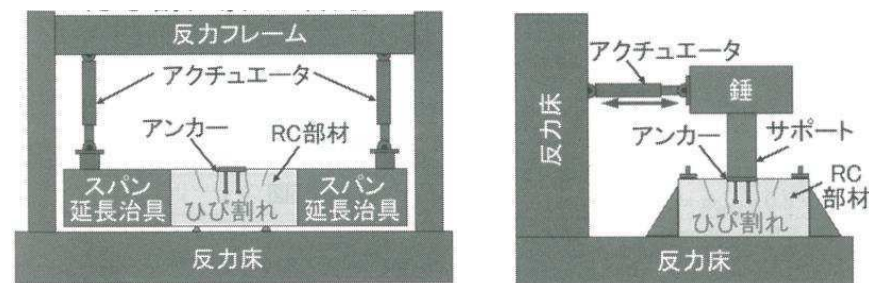
- 本試験は、ひび割れがアンカー耐力に及ぼす影響を確認することを目的として、アンカーの定着部付近に対して、主筋が降伏する程度の曲げ加力(2点支持, 2点载荷)によって、ひび割れ(幅2mm程度)を付与した後、鋼製サポートを模擬した片持ち梁及び配管を模擬した錘をアンカープレートに設置し、アクチュエータによる繰返し载荷試験を行った(女川2号炉のひび割れは、大部分が0.3mm未満)。
- 試験結果は、耐力の低下が確認されるまで荷重を増加させたものであるが、実機で想定される荷重条件においては、ひびがない場合と比較して剛性低下は極僅かであり、耐力の低下も認められないことが分かる。
- 女川2号炉のアンカー端部は、試験体と同様に主筋よりも深い位置にあり、ひび割れ幅も試験体よりも小さいことから、ひび割れによる剛性低下の影響は小さいと考えられる。



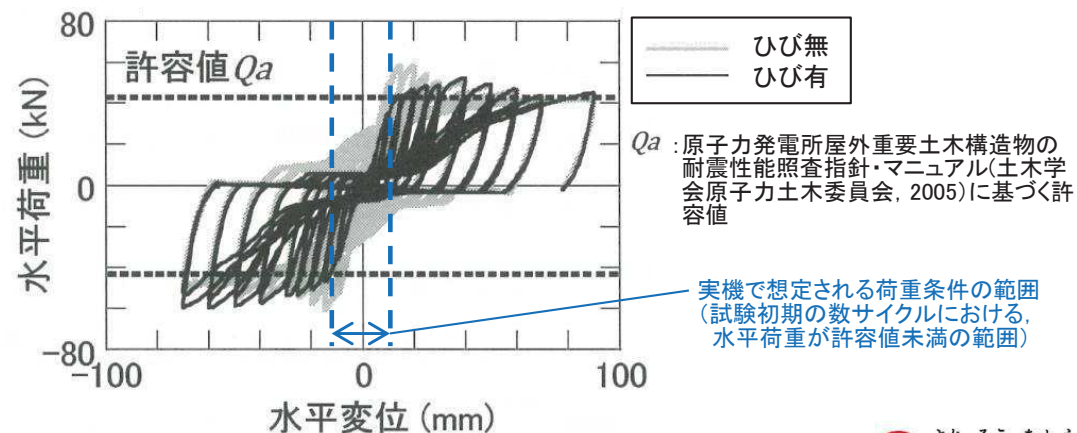
女川2号炉のアンカーと主筋の位置関係



試験体のアンカーと主筋の位置関係※(一部加筆)



試験装置の概要※



試験結果の概要※(一部加筆)

鋼板で覆われているコンクリートの乾燥収縮に関する文献レビュー

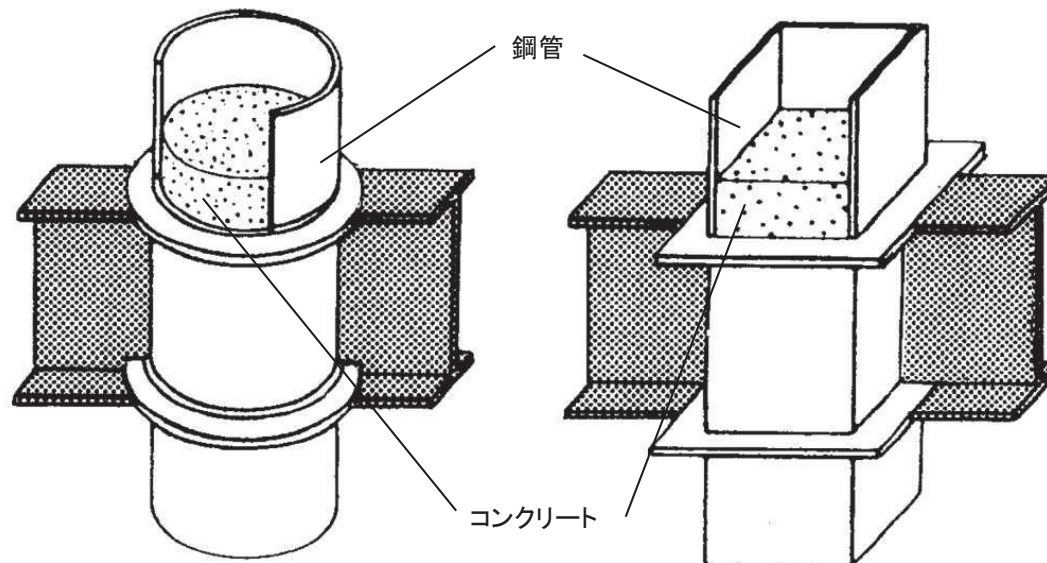
- 「鋼・コンクリート複合構造の理論と設計 (1)基礎編:理論編」(土木学会)によると、コンクリートが鋼管によって密閉されている状況のCFT構造(Concrete Filled Steel Tube:コンクリート充填鋼管構造)では、乾燥収縮の影響は無視できるとされており、類似の状況である鋼板で覆われているペDESTAL等のコンクリートも乾燥収縮の影響が無視できると考えられる。

■ 鋼板で覆われているコンクリートの乾燥収縮の影響 ※1

(d) 充填したコンクリートの乾燥収縮の影響

コンクリート充填鋼管柱の場合、実験^リによれば、乾燥収縮ひずみはコンクリートのみでできている柱の9%(28×10^{-6})にしか達していない。このように乾燥収縮ひずみが著しく小さいのは、鋼管によって密閉された状況のもとで固結するとき、乾燥が進まず、ほとんど収縮が起こらないためであると考えられている。したがって、コンクリートの乾燥収縮を無視して差しつかえない。

※1 土木学会:鋼・コンクリート複合構造の理論と設計 (1)基礎編:理論編,1999.4 P.132記載抜粋,加筆



CFT構造のイメージ※

No	審査会合日	項目
111	平成30年11月29日	二次格納施設のバウンダリを形成する耐震壁について、3.11地震による影響を受けていることを踏まえ、水平2方向＋鉛直方向地震時の気密性評価方針を屋根トラスの3次元モデルによる解析結果の反映方法も含めて提示すること。

要求機能に対する設計方針(設計クライテリア)

- 屋根トラスの要求機能は屋根スラブの間接支持構造物であり、基準地震動Ssに対し二次格納施設のバウンダリを構成する屋根スラブの要求機能である気密性が確保されるように屋根トラスの設計を行う。
- 屋根スラブの評価方針は、面内方向については屋根トラスの地震応答解析モデルにおいて屋根スラブの面内剛性を考慮しているため、屋根スラブに発生する面内応力を対象に機能維持評価を実施する。面外方向については、質点系モデルの屋根面に対応する鉛直方向震度を用いて、サブトラス上弦材と母屋に支持される一方向版として評価する。また、屋根トラスの地震応答解析モデルにおいては屋根スラブの面外剛性は考慮していないが、面外剛性を考慮した解析により、屋根スラブの応答性状や応力分布などを確認のうえ機能維持評価を実施する。
- 屋根トラスの評価方針については、基準地震動Ssに対して屋根スラブを支持できることを確認する。
- 屋根トラスの解析モデルのうち二次格納施設のバウンダリを構成する耐震壁について気密性の維持を確認する。*1
- なお、屋根スラブにはひび割れに対して追従性のある防水材を全面に施工することにより、防水性を確保している。また、屋根スラブには防水材の他に下部の全面にデッキプレートを敷設しており、クレーン階より上部の耐震壁にも建屋内部側にデッキプレートが存在する。これらは気密性に対し有効な機能を及ぼすと考えられるが、今回の気密性の検討においては、特にその性能は考慮しない。

機能維持の評価方針

部位	要求機能	評価方針
屋根スラブ、耐震壁*1	気密性	(面内) おおむね弾性状態であることを算定される応力度より確認する。おおむね弾性状態を超える場合は、面内せん断ひずみの許容値である最大せん断ひずみ (2.0×10^{-3}) での漏えい量を算定し換気能力を下回ることを確認する。 (面外) 面外曲げに対して、鉄筋が降伏しないこと*2を確認する。*3 (鉄筋が降伏する場合は別途詳細検討)
屋根トラス	間接支持構造物	基準地震動Ssに対して屋根スラブを支持できること。

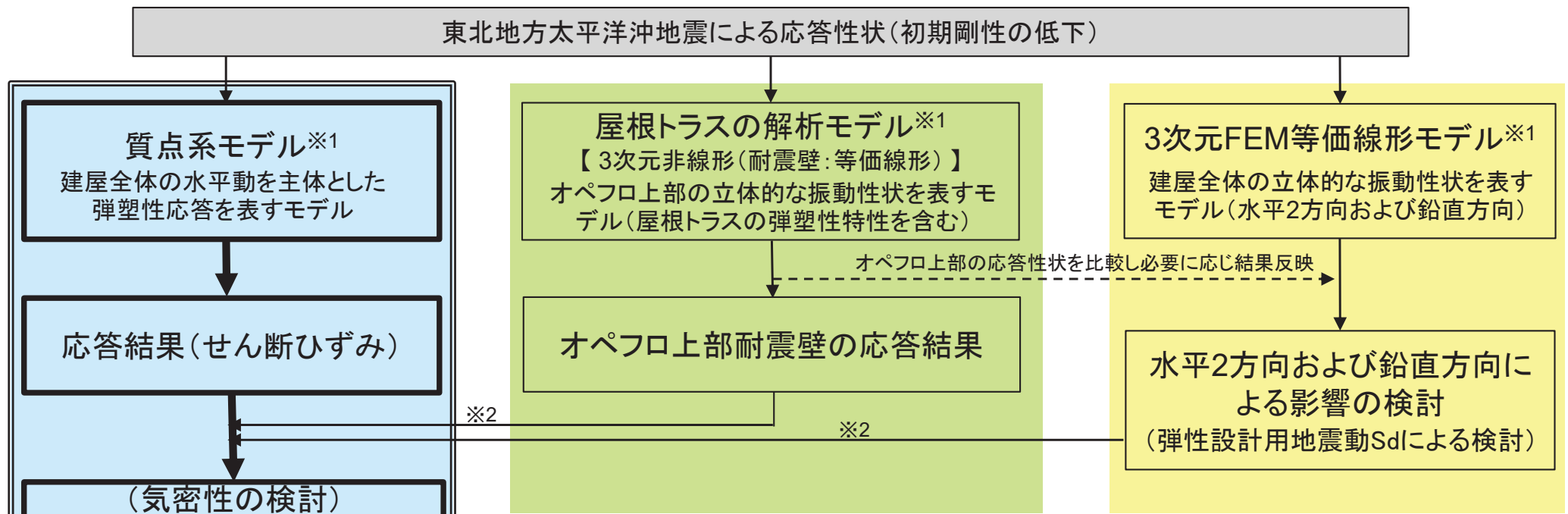
*1 耐震壁の気密性については質点系モデルによる算定結果を採用するが、屋根トラスのモデルによる応答性状と比較した上で、必要に応じオペフロ上部の耐震壁のせん断ひずみ等の評価に反映する。

*2 鋼材の基準強度1.1倍を超えないこと

*3 屋根スラブは辺長比を考慮してサブトラス上弦材と母屋に支持される一方向版として鉛直方向の震度を考慮する。

二次格納施設のバウンダリを形成するオペフロ上部の耐震壁に係る気密性評価の整理

- 鉄筋コンクリート構造の耐震壁の気密性の維持については、耐震壁のせん断ひずみがおおむね弾性状態にとどまることを基本とする。おおむね弾性状態を超える場合は、地震応答解析による耐震壁のせん断ひずみから算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回ることによって必要な気密性を維持する設計とする。その場合、基準地震動Ssによる気密性を要求される鉄筋コンクリート造の施設に対し、許容限界を最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} とし、その適用性を確認する。
- オペフロ上部の耐震壁のせん断ひずみは、建屋全体の水平動を主体とした弾塑性応答を表す質点系モデルによる算定結果を採用するが、
 - ・オペフロ上部については初期剛性の低下量が多いこと
 - ・水平2方向入力の影響検討として、初期剛性低下を考慮した3次元FEM等価線形モデル(建屋全体モデル)による解析を行うこと
 - ・屋根トラスの耐震性評価として、トラスの弾塑性特性の反映、および耐震壁の初期剛性低下を考慮した屋根トラス解析モデルによる解析を行うことから、これらのモデルによる応答性状と質点系の応答性状を比較した上で、必要に応じオペフロ上部の耐震壁のせん断ひずみ等の評価に反映する。



※1: 3.11地震による影響を踏まえた初期剛性の低下等を考慮してモデル化

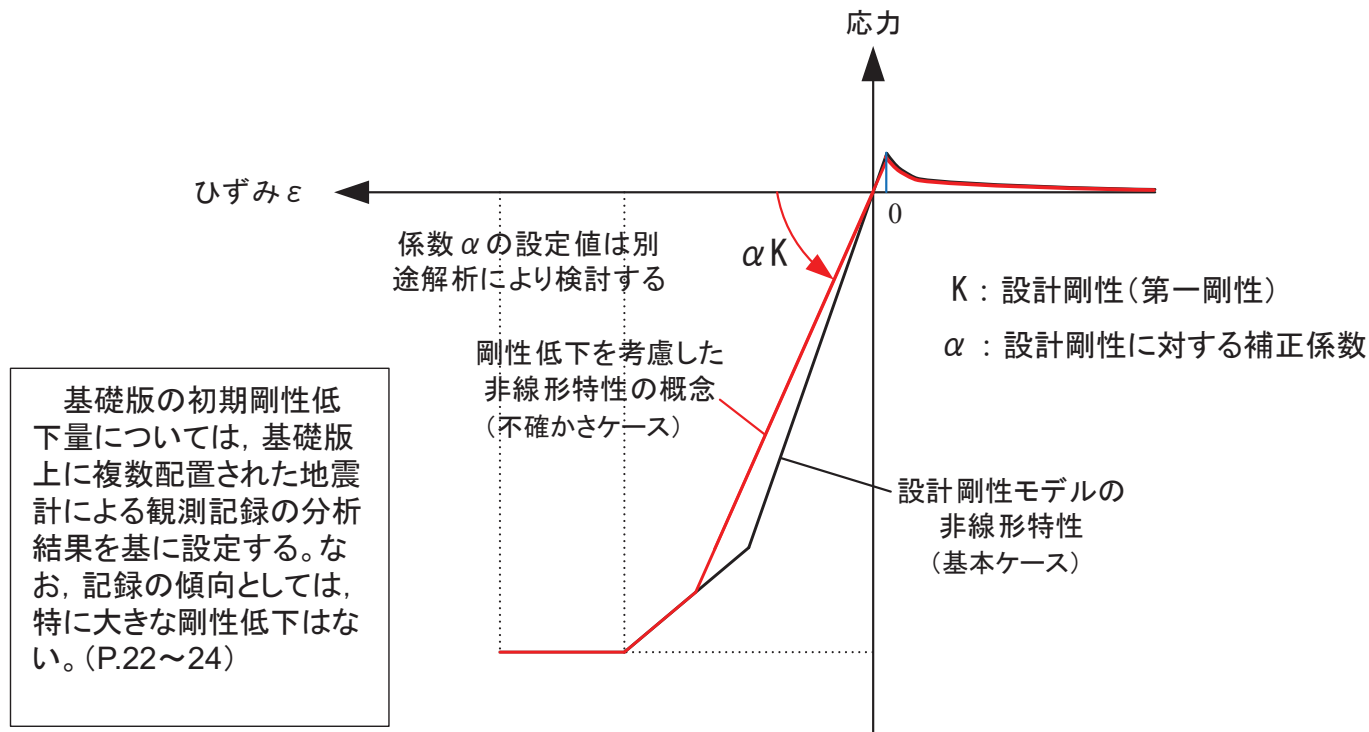
※2: 屋根トラスの解析モデルはオペフロ上部の立体的な振動性状を考慮できる特徴がある。また、3次元FEM等価線形モデルは建屋全体の立体的な振動性状を考慮できる特徴がある。これらのモデルにおいて、局所的に大きな応答が表れる等の特異な応答性状が認められた場合は、その影響を適切に考慮する。
(例えばオペフロ上部の耐震壁のせん断ひずみを算出し評価に反映する等)

No	審査会合日	項目
112	平成30年11月29日	基礎版解析モデルにおける基礎版及び耐震壁の基本ケース並びに不確かさケースの剛性低下の評価方針を整理して提示すること。

弾塑性解析を採用するに当たっての初期剛性の低下①

基礎版の剛性補正

- 3.11地震に対する2号炉原子炉建屋の質点系モデルを用いたシミュレーション解析では、耐震壁の初期剛性を低下させることにより観測記録との整合性が図られており、その傾向を基礎版の弾塑性解析にも適用する。
- 基礎版の弾塑性解析では、基礎版の剛性を低下させた解析が、低下させない解析と比較し、必ずしもすべてのメッシュが安全側に評価される訳ではないことから、解析としては基礎版の初期剛性を既工認と同様に設計基準強度ベースで評価したケースと、それから初期剛性低下を考慮したケースの2ケースを実施する。
- 3.11地震に関する点検・解析結果では、基礎版には地震によるひび割れは発生していないことを踏まえ、既工認と同様に設計基準強度ベースで剛性を評価したケースを基本ケースとし、初期剛性を低下させるケースは不確かさケースとして扱う。
- 不確かさケースに用いる初期剛性の低下量については、基礎版上に設置されている地震観測記録の分析等を踏まえ設定する。材料構成則への反映方法は、コンクリートの材料構成則の初期剛性を低下させることとし、圧縮側も引張側も同じ値で低下させることとする。

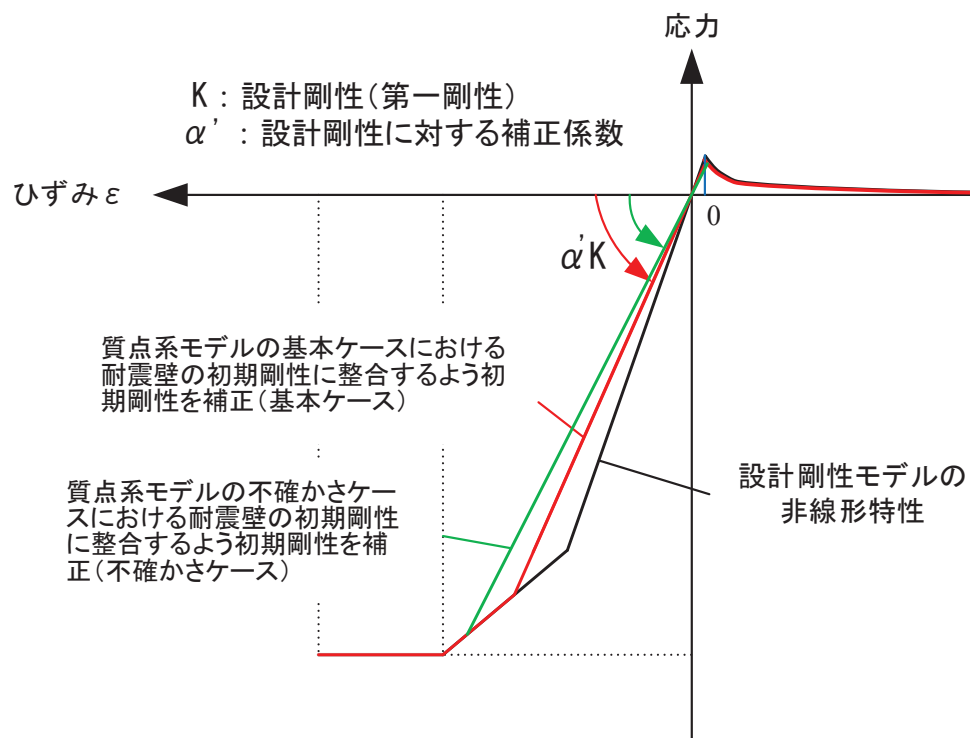


基礎版の剛性補正の考え方

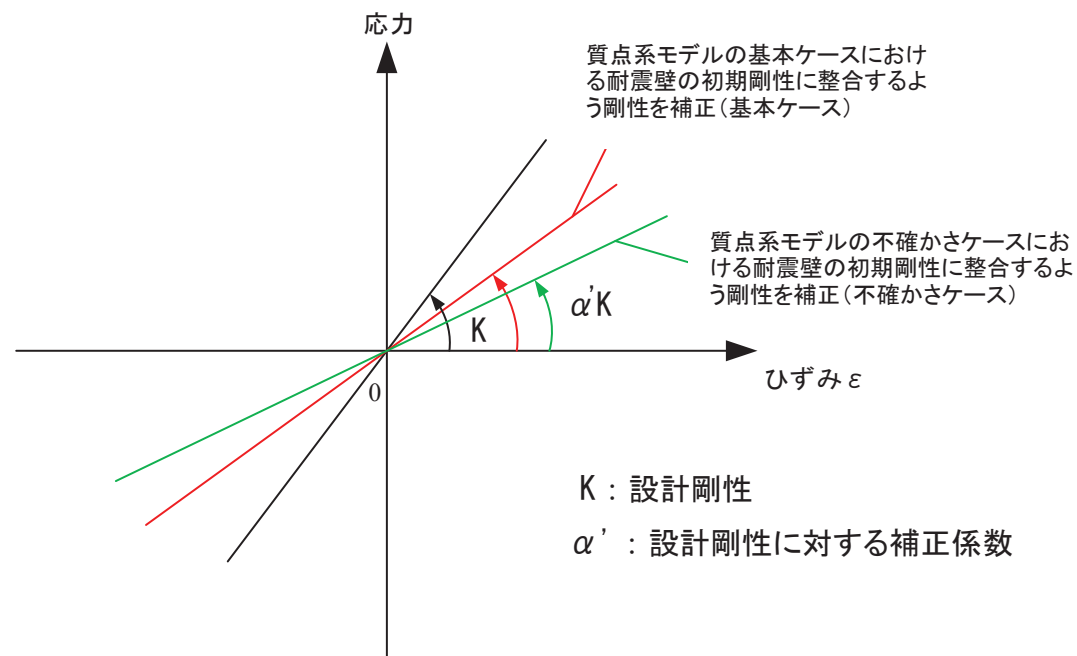
弾塑性解析を採用するに当たっての初期剛性の低下②

耐震壁の剛性補正

- 壁部分については、質点系モデルの基本ケースにおける耐震壁の初期剛性に整合するよう剛性を補正したものを基本ケースとし、質点系モデルの不確かさケースにおける耐震壁の初期剛性に整合するよう剛性を補正したものを不確かさケースとして扱う。
- シェル要素についてはコンクリートの材料構成則の初期剛性を低下させることとし、圧縮側も引張側も質点系モデルと整合する値で低下させることとする。
- 梁要素については上部耐震壁の質点系モデルの初期剛性低下に整合するように補正する。



(シェル要素)



(梁要素)

耐震壁の剛性補正の考え方

弾塑性解析を採用するに当たっての初期剛性の低下③

基礎版と耐震壁の剛性の組合せの考え方

- **基礎版の評価を主体**として考えた場合、定性的には基礎版の剛性が低くかつ耐震壁の剛性が低い場合が基礎版の変形が大きく評価される。従って基礎版の評価を主体とする検討においては、**基礎版の剛性低下を考慮する不確かさケースと組み合わせる耐震壁の剛性は、質点系モデルの不確かさケースに合わせ低下させた値を採用する。**
- **耐震壁の評価を主体**として考えた場合、定性的には基礎版の剛性が低くかつ耐震壁の剛性が高い方が、耐震壁が負担する応力は大きく評価される。しかし、剛性低下の傾向は耐震壁は顕著であるものの基礎版は小さいもしくは認めにくいこと、また、もともと耐震壁の設計は保守性を有していることから、耐震壁の評価を主体とする検討においては、**基礎版の剛性としては設計剛性を採用する基本ケースを用い、それと組み合わせる耐震壁の剛性は、質点系モデルの基本ケースに合わせ低下させた値を採用する。**検討の結果、耐震壁の拘束効果が耐震壁の評価に及ぼす影響が大きい場合は、基礎版の剛性を低下させたケースとの組み合わせについても検討する。

基礎版と耐震壁の剛性の組合せの考え方

		耐震壁	
		【基本ケース】 質点系モデルの基本ケースにおける耐震壁の初期剛性に整合	【不確かさケース】 質点系モデルの不確かさケースにおける耐震壁の初期剛性に整合
基礎版	【基本ケース】 設計基準強度による剛性	○	—
	【不確かさケース】 地震観測記録の分析等を踏まえ初期剛性を低下	—※1	○

※1 検討の結果、耐震壁の拘束効果が耐震壁の評価に及ぼす影響が大きい場合は、基礎版の剛性を低下させたケースとの組み合わせについても検討する。

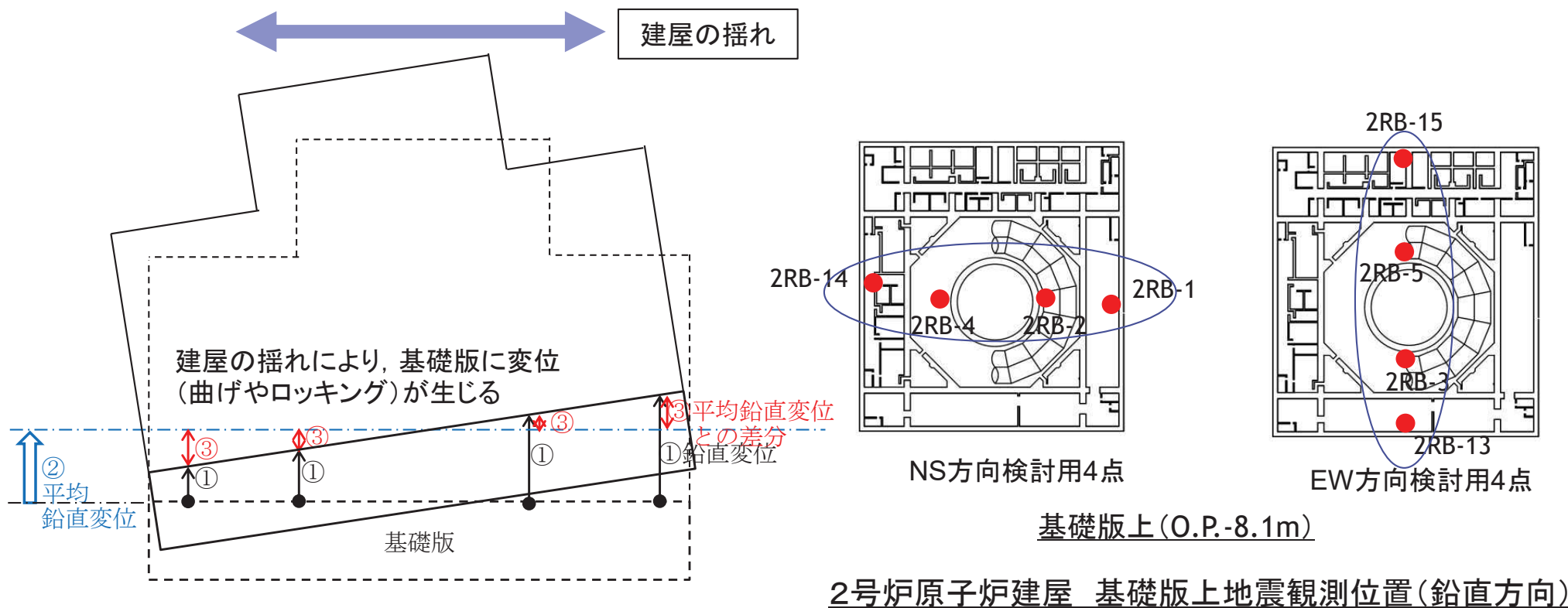
No	審査会合日	項目
113	平成30年11月29日	過去の地震記録に基づく基礎版上端のベースシア係数と平均鉛直変位の比較において、3.11地震後の観測記録の追加及び基礎版の剛性低下に関する考察を検討し提示すること。

不確かさケースに用いる初期剛性の低下量については、基礎版上に設置されている地震観測記録の分析を踏まえ設定するが、具体的検討は以下のとおり実施する。

- ・基礎版上には鉛直動用の地震計がNS方向, EW方向に各4箇所配置されており, 3.11地震を含めた複数地震に対して, 鉛直方向の平均変位に対する相対変位量と, 基礎版に作用した地震力の大きさの相関性について検討する。

【具体的検討例】

- ① 鉛直方向の加速度記録を積分して変位波形を算定する。
- ② 直線上に並ぶ4点の変位波形から平均変位波形を時刻歴上で算定する。
- ③ 平均変位波形と各観測点の変位波形の差分の最大値(絶対値)を算定する。
- ④ 算定した各観測点の変位差分の最大値と建屋への入力地震動の大きさ(例えば質点系モデルを用いたシミュレーション解析より算定されるベースシャー係数)の関係をプロットする。
- ⑤ プロットしたベースシャー係数と鉛直変位の関係より基礎版の剛性を分析する。
(おおむね比例関係であれば, 特に大きな剛性低下はないと考えられる)

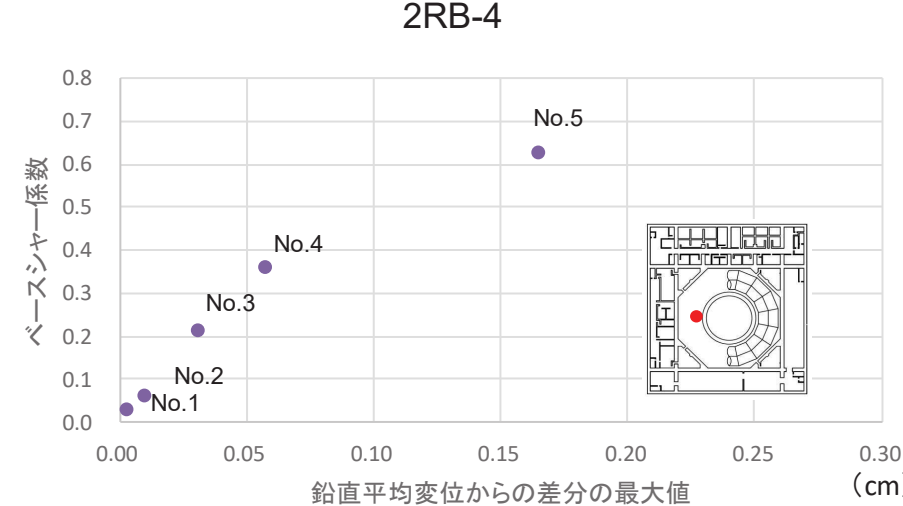
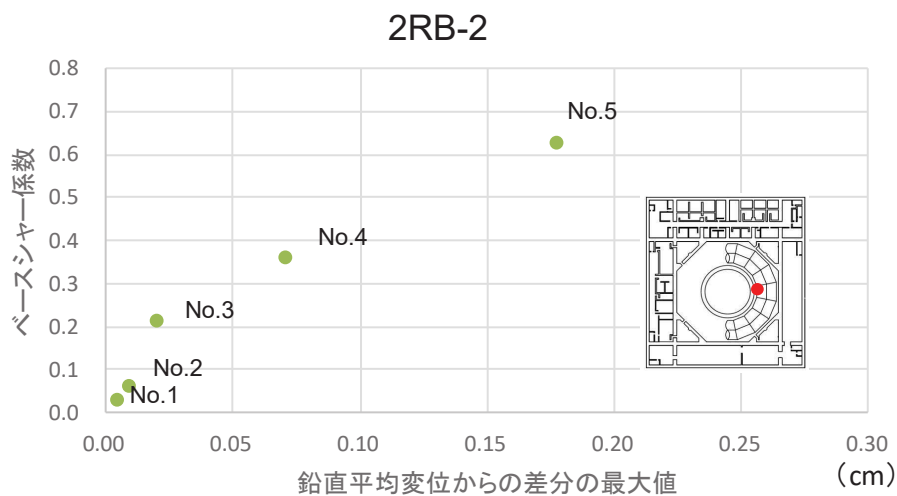
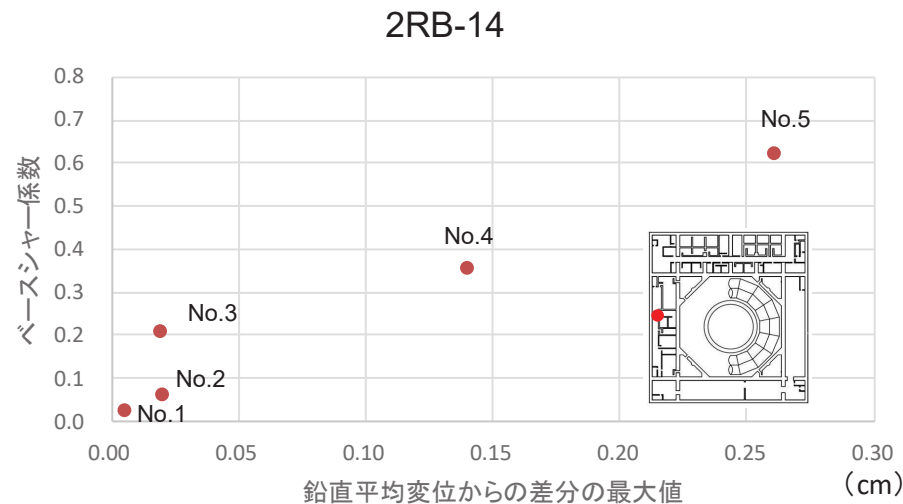
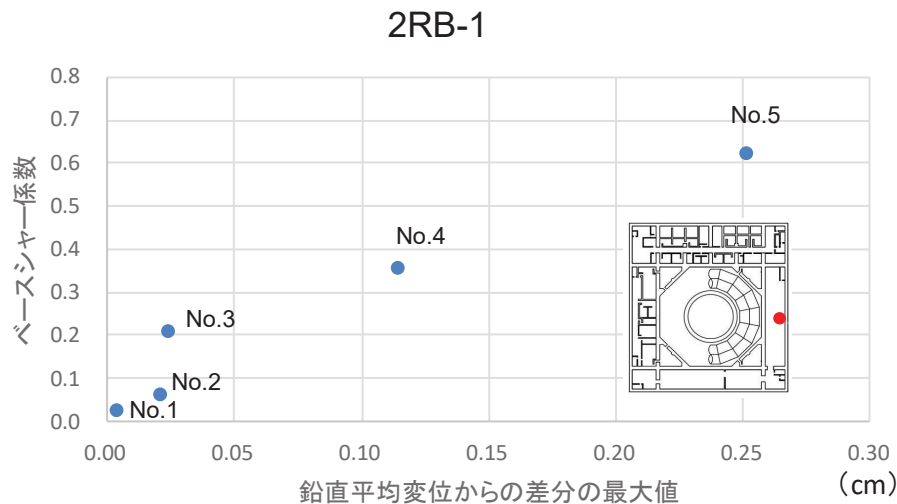


検討方法の概念図

①比較的大きな地震の観測記録による検討

・鉛直変位とベースシャー係数の関係はおおむね比例関係となっている。

検討用地震は、比較的大きな地震観測記録として、基礎版上の最大加速度を更新した地震を選定。
 【凡例】
 No.1: 1994/10/4 22:22北海道東方沖の地震
 No.2: 1996/2/17 0:22福島県沖の地震
 No.3: 2003/5/26 18:24宮城県沖の地震
 No.4: 2005/8/16 11:46宮城県沖の地震
 No.5: 2011/3/11 14:463.11地震



NS方向 ベースシャー係数と鉛直変位の比較(代表地震)

②3.11地震前後の中小地震の観測記録による検討

- ・3.11地震の前後で大きな傾向の違いは認められない。
- ・他の地震記録を含めた影響等については、詳細設計段階において検討する。

検討用地震は、3.11地震前については、2005年8月16日宮城県沖の地震以降の地震のうち、M5以上かつ基礎版上で20cm/s²以上の観測記録を条件に、7地震を選定。3.11地震後については、4.7地震以降の地震のうち同条件の観測記録から、発生順に7地震を選定。

