

柏崎刈羽原子力発電所 7 号機  
タービン建屋の地震応答解析における  
耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合  
に関する報告書

平成 21 年 4 月 9 日  
東京電力株式会社

## 目 次

1 . 件名 .....	1
2 . 経緯 .....	1
3 . 今回の不適合について .....	1
3 . 1 不適合の内容について .....	1
3 . 2 7号機への本不適合の影響範囲について .....	1
4 . 7号機の耐震安全性の再評価結果 .....	4
4 . 1 タービン建屋の耐震安全性の再評価結果 .....	4
4 . 2 タービン建屋関連設備の耐震安全性の再評価結果 .....	4
5 . 原因究明及び再発防止対策 .....	5
5 . 1 解析メーカーにおける調査結果 .....	5
5 . 2 当社における調査結果 .....	5
5 . 3 原因究明の結果 .....	7
5 . 4 再発防止対策 .....	9
6 . 他の地震応答解析結果の妥当性について .....	10
6 . 1 その他の建屋への本不適合の影響について .....	10
6 . 2 耐震安全性評価報告書を提出済みの 7号機設備への本不適合の影響について .....	11
6 . 3 耐震安全性評価報告書を提出済みの柏崎刈羽原子力発電所における 基準地震動 Ss の策定への本不適合の影響について ...	13
6 . 4 耐震安全性評価報告書を提出済みの 7号機屋外重要土木構造物 , 地震随件事象等への本不適合の影響について .	14
7 . まとめ .....	14

## 1. 件名

7号機 タービン建屋の地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合

## 2. 経緯

当社は、新潟県中越沖地震（以下、「中越沖地震」という）後の設備健全性評価と耐震安全性評価を進めている柏崎刈羽原子力発電所6号機の耐震安全性評価結果を精査する過程において、参考として同型の7号機の評価結果との比較を行っていたところ、平成21年1月9日に報告した「柏崎刈羽原子力発電所7号機 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果 報告書（改訂1）」（以下、「報告書（改訂1）」という）において、タービン建屋の地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いに不適合があることを確認した。

本報告書は、本不適合について、平成21年4月2日付け「柏崎刈羽原子力発電所7号機のタービン建屋の地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合について」（平成21・04・02 原院第3号）（以下、「指示文書」という）に基づき、タービン建屋及びタービン建屋内の耐震安全上重要な設備（機器・配管）の耐震安全性の再評価結果、原因及び再発防止対策について報告するものである。

## 3. 今回の不適合について

### 3.1 不適合の内容について

今回の不適合事象は、7号機タービン建屋の弾塑性解析で用いる、汎用の表計算ソフトにより算出した建屋の復元力特性（応力 - ひずみ関係）において、表計算ソフトの計算式が誤っていたため、本来耐震壁と補助壁を考慮するべきところを補助壁が一部考慮されていなかった。これにより、建屋の復元力特性の第一折れ点<sup>1</sup>以下は適正に評価されていたが第一折れ点以降の建屋の耐力を過小評価していたというものである。

不適合が確認された7号機タービン建屋の地震応答解析における補助壁の取扱いの概要を添付資料 - 1、耐震壁と補助壁の配置状況を添付資料 - 2に示す。

- 1 第一折れ点：原子力発電所耐震設計技術指針 追補版(JEAG4601-1991)（以下、「JEAG4601-1991」という）により定められている、鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性上で最初に剛性が変化するポイント

### 3.2 7号機への本不適合の影響範囲について

#### 3.2.1 建屋側への影響範囲

##### (1) 中越沖地震によるタービン建屋の健全性評価に対する影響

中越沖地震によるタービン建屋の健全性評価では、タービン建屋の地震応答解析を行った上でSクラス<sup>2</sup>機能維持部位の構造評価を実施している。

中越沖地震によるタービン建屋のせん断ひずみの応答結果が復元力特性の第一折れ点以下であることから、タービン建屋の健全性評価に関して影響を及ぼさない。

## 2 Sクラス：新耐震設計審査指針による耐震設計上の重要度分類

### (2) 基準地震動 $S_s$ によるタービン建屋の耐震安全性評価に対する影響

基準地震動  $S_s$  によるタービン建屋の耐震安全性評価では、中越沖地震によるタービン建屋の健全性評価と同様に、タービン建屋の地震応答解析を行った上でSクラス機能維持部位の構造評価を実施している。

タービン建屋のせん断ひずみの応答結果が第一折れ点以下であれば耐震安全性評価への影響はないが、報告書(改訂1)によると、部材によっては第一折れ点を超える場合があることからタービン建屋の耐震安全性の再評価が必要となる。

## 3.2.2 設備(機器・配管)への影響範囲

### (1) 中越沖地震による設備の健全性評価に対する影響

中越沖地震による設備の健全性評価では、耐震安全上重要な設備の地震応答解析を実施し、設備への影響を評価する。すなわち、建屋の地震応答解析において設備設置箇所の揺れが得られるため、これに基づき設備の地震応答解析を行う。

本不適合は、前項(3.2.1(1))に示した通り、タービン建屋の地震応答解析結果に対して影響がないことから、設備の健全性評価に関しても影響を及ぼさない。

### (2) 基準地震動 $S_s$ による設備の耐震安全性評価に対する影響

基準地震動  $S_s$  による設備の耐震安全性評価では、中越沖地震による設備の健全性評価と同様に、耐震安全上重要な設備について地震応答解析を実施し、プラントの安全機能が維持できることを評価する。

本不適合は、前項(3.2.1(2))に示した通り、タービン建屋の地震応答解析結果に影響があるため、タービン建屋の地震応答解析結果を用いて評価を実施する耐震安全上重要な設備(以下、「タービン建屋関連設備」という)の地震応答解析結果に対しても影響を与える。

評価を実施する耐震安全上重要な設備は、報告書(改訂1)に記載の通り全101設備であり、原子炉建屋、タービン建屋、コントロール建屋に設置されている。このうち、タービン建屋関連設備は11設備である(表-1参照)。

表 - 1 本不適合により地震応答解析結果に影響が及ぶ設備  
(タービン建屋関連設備)

分類		設備 <sup>1</sup>	評価項目
原子炉冷却系統設備	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系熱交換器	構造強度評価
		原子炉補機冷却水系ポンプ	構造強度評価 動的機能維持評価
	原子炉補機冷却海水系	原子炉補機冷却海水系ポンプ	構造強度評価 動的機能維持評価
		原子炉補機冷却海水系ストレーナ	構造強度評価
配管	給水系	配管本体、配管サポート	構造強度評価
	原子炉補機冷却水系	配管本体、配管サポート	構造強度評価
	原子炉補機冷却海水系	配管本体、配管サポート	構造強度評価
弁	残留熱除去系	RHR 注入弁(A) <sup>2</sup>	動的機能維持評価
	給水系	FDW 原子炉給水ライン外側隔離弁(A)	動的機能維持評価
	原子炉補機冷却水系	RCW ポンプ(A)吐出逆止弁	動的機能維持評価
	原子炉補機冷却海水系	RSW 海水ストレーナ(C)ブロー弁	動的機能維持評価

1 影響が及ぶ 11 設備のうち、構造強度評価を実施するものは 7 設備、動的機能維持評価を実施するものは 6 設備。

2 残留熱除去系の弁は原子炉建屋内に設置されているが、タービン建屋内から原子炉建屋内に渡って設置されている給水系配管の地震応答解析モデルと一体化してモデル化されており、今回見直しの対象となった。

(略語の説明) R H R : 残留熱除去系

F D W : 給水系

R C W : 原子炉補機冷却水系

R S W : 原子炉補機冷却海水系

#### 4.7号機の耐震安全性の再評価結果

##### 4.1 タービン建屋の耐震安全性の再評価結果

当社は、耐震安全性の再評価にあたり、「許認可解析の検証マニュアル」(当社策定の社内マニュアル)に基づき、以下の調査を実施した。なお、地震応答解析等のプログラムについては、平成17年に発生した許認可申請に係る解析の不適合の後に実施した当社の調査により、その妥当性について検証を終えている。

- ・解析に用いる耐震壁、補助壁のデータ(寸法、鉄筋比等)、断面積、重量及び地盤物性等が工事計画認可申請図書や構造計算書などから正確に転記され、計算されていること。
- ・耐力を算出する際に、耐震壁に加え、補助壁が足しあわされていること。
- ・計算の過程で表計算ソフトを使用している場合は、別途検算を行い、計算過程も含め誤りがないこと。
- ・計算の結果算出された各入力データが既に検証している解析プログラム等に正確に入力されていること。
- ・解析プログラムからのアウトプットが次の解析プログラムのインプットとして正確に入力されていること。
- ・解析プログラムのアウトプットが適切に報告書に記載されていること。
- ・解析メーカによる品質保証が計画通りに適切に実施されていること。

上記により再評価結果の妥当性を確認した上で耐震安全性への影響評価を行った。

再評価での条件は以下の通り。

- ・入力地震動 : 基準地震動 Ss-1 ~ Ss-5
- ・評価基準値 : 最大せん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  (「JEAG4601-1991」に準拠)

タービン建屋の耐震安全性の再評価結果を添付資料 - 3 に示す。なお、復元力特性の見直し前にせん断ひずみが第一折れ点を越えていたものについては、参考として見直し前の評価結果も同資料に示している。再評価されたせん断ひずみは、最大で  $0.19 \times 10^{-3}$  (Ss-1、NS 方向、B2F) であり、いずれも評価基準値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を下回っていることから耐震安全性が確保されていることを確認した。

##### 4.2 タービン建屋関連設備の耐震安全性の再評価結果

再評価されたタービン建屋の地震応答解析結果を用いて実施した、タービン建屋関連設備の耐震安全性再評価結果を添付資料 - 4 に示す。再評価結果は、いずれも評価基準値を下回っていることから、再評価対象設備の耐震安全性が確保されていることを確認した。

## 5 . 原因究明及び再発防止対策

### 5 . 1 解析メーカーにおける調査結果

#### ( 1 ) 解析プログラムの状況

- ・ 解析メーカーでは、地震応答解析を実施するにあたり、地震応答解析プログラム、地盤ばね算定プログラム、1次元波動解析プログラム、汎用の表計算ソフトを用いている。地盤ばね算定プログラム、1次元波動解析プログラムについては、設定された地盤物性を入力し、それぞれ地震応答解析に用いる入力地震動及び地盤ばねが算出され、テキストデータとして出力される。一方、建屋の構造計算書等をもとに、表計算ソフトに建物の諸元を入力・編集することで、耐力や断面積等を算出している。以上の手順で求めた入力地震動・地盤ばね・耐力や断面積等を地震応答解析プログラムに入力することにより、建屋時刻歴応答や発生応力などが出力される流れとなっている。建屋の地震応答解析フローを添付資料 - 5 に示す。

#### ( 2 ) 7号機タービン建屋解析メーカーが入力データを誤った背景

- ・ 当社は、従来考慮していなかった補助壁を考慮するよう解析メーカーに文書で指示した。解析メーカーの解析担当者は、その指示により補助壁の諸元を表計算ソフトに入力したものの、表計算ソフトの加算範囲を変更しなかった。また、解析担当者はその計算式の検証を行っていなかったため、地震応答解析プログラムへの入力データ作成時に補助壁の耐力が加算されていないことに気づかなかつた。(添付資料 - 6 参照)
- ・ その結果、設備の耐震安全性評価に用いる建屋時刻歴応答データは、補助壁の耐力が考慮されていないものとなった。また、当社はそのデータを設備解析メーカーに受け渡した。

#### ( 3 ) 7号機タービン建屋解析メーカーにおける問題点

- ・ 解析担当者は、地震応答解析プログラムへの入力データとなる耐力及び断面積等を算出するにあたり表計算ソフトを用いているが、表の計算式の作成等は解析担当者個人に委ねられており、検算等による計算式の検証を行っていなかった。確認者・実施責任者も解析担当者が表計算ソフトの計算式について検証したか否か確認せず、またその計算式の内容について確認を行っていなかった。

### 5 . 2 当社における調査結果

#### ( 1 ) 過去の解析業務での不適合への対応状況

当社は、解析業務に関わる過去の不適合を踏まえ、以下の対策を実施している。

- ・ 平成 17 年に発生した許認可申請に係る解析の不適合を受けて、「許認可解

析の検証マニュアル」を制定し、解析メーカーに対し、以下の要求事項を明確にした。

解析実施前に設計・検証計画を立案し提出すること

解析作業手順書に基づいて解析を行うこと

解析プログラムへの入力値について入力根拠書を作成すること

許認可解析に新規性がある場合にはデザインレビュー会議にて解析の妥当性を確認すること

解析業務の記録を適正に保管すること

また、当社が解析実施状況調査により確認することで、許認可解析の信頼性向上を図った。

- ・平成 20 年に発生した中越沖地震の健全性評価に係る配管応力解析の不備を受けて、「許認可解析の検証マニュアル」を改訂し、解析メーカーが以下の二点を実施することを要求・確認事項として明確にした。

解析に使用するプログラムについて、過去の実績以外の方法（簡易モデル・標準問題を用いた解析結果との比較、手計算・理論解による検証等）で、妥当性の検証を行うこと

データの授受を行う解析プログラムがある場合に、データ間のインターフェース仕様を確認した上でプログラム検証が行われていること

この際、当社設備の許認可申請等に係る解析プログラムについて点検を実施し、その結果、現在使用されている許認可申請に係る解析プログラムについて、解析メーカー各々の管理により適切に検証が行われていることを確認した。（今回の解析に使用しているプログラムは全て適切に検証が行われているものであった。）

## （２）今回の不適合箇所に関する解析実施状況調査の状況

- ・解析実施状況調査では、解析実施状況調査チェックシートに基づき 2 回の調査（平成 20 年 6 月 25 日、平成 20 年 11 月 21 日）を実施した。解析実施状況調査チェックシートを添付資料 - 7 に、「解析実施状況調査チェックシート」による確認実施方法の例を添付資料 - 8 に示す。
- ・平成 20 年 6 月 25 日には、中越沖地震による 7 号機のタービン建屋健全性評価結果に対して、解析実施状況調査を実施した。解析メーカーが作成した入力根拠書が工事計画認可申請のデータ等を用いて適正に作成されており、かつこのことが解析メーカー社内でチェックされていることを確認することにより入力値の妥当性を確認した。また、入力根拠書に記載されている数値が適切に解析プログラムに入力されていることを確認している。当社は、入力根拠書の数値の妥当性の確認において、解析メーカーが表計算ソフトを使用していることは認識していた。但し、計算結果のみを出力した紙で確認しており、表計算ソフトの検証は行っていなかった。なお、当社



の工事計画認可申請においては、補助壁を考慮せず、耐震壁は「JEAG4601-1991」の方法に従い適切に評価している。また重量等の算定に用いた計算式については検証を行っている。さらに、解析結果が妥当であることの確認として、過去の類似解析結果と固有値や応答の傾向が整合していることを確認している。また、解析プログラムのアウトプットが適切に報告書に記載されていることを確認している。

- ・平成20年11月21日には、当社は7号機のタービン建屋の基準地震動  $S_s$  による耐震安全性評価結果に対して、中越沖地震による健全性評価からの変更箇所を中心として入力根拠書により入力値の妥当性を確認している。また、ひずみの応答結果が評価基準値と比較して十分余裕があり、中越沖地震による健全性評価結果を含む過去の類似解析結果と応答の傾向等が整合していたことから、解析結果が妥当であると判断している。また、解析プログラムのアウトプットが適切に報告書に記載されていることを確認している。

### (3) 当社における問題点

- ・当時の当社の解析実施状況調査では、表計算ソフトの算出結果を、出力した紙の上でチェックし、またその算出過程を第三者的にたどって確認することをしておらず、当社の確認として、不十分な点があった。
- ・従来考慮していなかった補助壁を考慮するにあたり、解析メーカーに対して文書により指示はしていたが、十分に注意喚起を促すには至っていなかった。

## 5.3 原因究明の結果

平成17年の許認可申請に係る解析の不適合では、コードに入力するデータを間違えるというヒューマンエラーに対する対策として、入力根拠書でこのようなミスを確認するよう改善した。一方、平成20年の配管設計の応力評価における不備では、解析コードの中のデータ授受のプロセスが不適切だったことを受け、使われているコードの全数を再検証すると共に必要な対策を実施した。解析メーカーはこれらの対策を遵守していた。

しかし、今回の不適合は、解析プログラムに入力するデータを作り込むプロセス、即ち、タービン建屋の地震応答解析において、その入力データである耐力を計算する際に耐震壁に補助壁を加算することになっていたにもかかわらず、これが加算されていなかったという事象であり、5.1項と5.2項の調査結果から、以下の問題があることを確認した。

- ・解析担当者は、入力データを作成する表計算ソフトの計算式について、自ら検証を行っていなかったこと。

- ・また、確認者・実施責任者も解析担当者が入力データを作成する表計算ソフトの計算式について検証したか否か確認せず、また計算式の内容について確認を行っていないかったこと。
- ・さらに、当社においてもこのことを確認出来ていなかったこと。

以上の問題点に対して、背後要因の分析を行った結果、下記の点が明らかとなった。背後要因図を添付資料 - 9 に示す。

#### (1) 入力データを確実にする点に関する問題

組織として表計算ソフトを管理していなかったこと

表計算ソフトは、一般的に簡易計算を行う上では便利なソフトウェアであるが、7号機タービン建屋解析メーカーでは、解析担当者の個人管理になっており、組織としてそのリスクを認識していなかったため、表計算ソフトの検証及びその使用を組織的に管理していなかった。

また、当社は入力根拠書を確認すれば入力データの適切性が確認できると考えていたため、解析メーカーが入力データを作りこむプロセスに表計算ソフトを使用する場合の、表計算ソフトに対する検証の実施や組織的管理の実施について、明確に要求をしていなかった。

当社として確認が不十分だったこと

当社は、平成 17 年に発生した許認可申請に係る解析の不適合に対する対策の一つとして、「許認可解析の検証マニュアル」を平成 18 年に制定し、入力根拠書を解析メーカーに作成させ、これを確認する事としている。今回、当社は、入力根拠書において、解析メーカーにより耐力や断面積の算定箇所に妥当であることのチェックマークが付けられていたことと、入力値及び最終結果が妥当な範囲に入っていたことから、表計算ソフトの算出プロセスに異常があるとは考えなかった。

更に背景として、補助壁を追加する解析ということで、関係メーカーとの会議の都度、注意喚起してきたため、きちんと反映されていると考えていたことも挙げられる。

また、当社は、解析メーカーの解析業務が適切に実施されていることを確認するため、解析業務状況調査を行っていたが、当社として表計算ソフトの検証や組織的管理の要求を解析メーカーに対して明確にしていなかったこと及び当社として確認することもマニュアルに明確にしていなかったことから、この調査において今回の表計算ソフトの計算式の誤りを確認できなかった。

#### (2) 解析業務の不適合に対するこれまでの対策の評価

当社は、過去の不適合に対し、種々の対策を実施してきており、許認可解析に用いる解析プログラムについては検証を行ってきたが、入力データを作りこ

むプロセスに表計算ソフトを使用する場合のリスクを認識し、検証の実施や、組織的管理の実施について、明確に要求をしていなかった。

また、普段から、解析業務にかかわるメーカーと、ヒヤリ・ハット情報や良好事例などを共有し、品質向上に努める取り組みが足りなかった点も一つの大きな教訓である。

#### 5.4 再発防止対策

7号機タービン建屋の地震応答解析業務において、耐震壁に加えて補助壁も考慮すべきところ、一部で補助壁を考慮せずに解析を行ったことに鑑み、5.3項の背後要因分析に基づき、次の再発防止対策を講じる。

##### (1) 解析メーカーにおける対策

今回の不適合の大きな要因である表計算ソフトの管理の明確化として、当社は解析メーカーに対して、解析業務において表計算ソフトを含む入出力データを作りこむプロセスについて検証を行い、標準化を図る等、組織としてこのプロセスを管理することを要求する。

なお、当社は今回の不適合を発生させた解析メーカー以外の、許認可解析業務を行っている全ての解析メーカーに対して表計算ソフトの管理状況を調査した結果、表計算ソフトは検証されていることを確認し、過去の許認可申請に係る解析業務における管理は適切に行われていたと判断するが、これらの解析メーカーに対しても上記管理を要求する。

##### (2) 当社における対策

解析業務における当社の管理プロセス、特にその確認プロセスの改善として以下の対策を実施する。

今後の解析実施状況調査において、解析メーカーが表計算ソフトを含む入出力データを作り込むプロセスについて検証を行い、標準化を図る等、組織としてこのプロセスを管理していることを確認する。また、当社は自らサンプリングでそのプロセスが適切であることを確認する。なお新規に行う解析や解析条件に変更等を伴う解析の場合には、必ずその対象とする。

解析業務において表計算ソフトを含む入出力データを作り込むプロセスの検証結果を入力根拠書の中に明記し、追跡できるようにすることを解析メーカーに要求するとともに、実施方法・範囲を定めこれを確認する。

新規に行う解析や、解析条件等に変更を伴う解析の場合には、特に不適合が生じやすいことを認識して解析メーカーとの打合せの場等で注意を喚起するとともに、解析メーカーに受託業務実施計画書等に具体的な取り組み事項を明記させ、実施方法・範囲を定めこれを確認する。

### (3) 今後解析業務の品質を向上させるための対策

平成 17 年の許認可申請に係る解析の不適合と、平成 20 年の配管設計の応力評価における不備の対策は解析コードについての検証や入出力データ管理の上では現在も有力な対策であり、今後も継続して取り組む。しかしながら、入出力データを作り込むプロセスの検証及び表計算ソフトの組織的管理の明確化をしていなかったことに鑑み、また、入出力データ作成における表計算ソフトを使用するリスクを解析メーカーと共有できなかったという反省にたち、今後解析業務に係わるヒヤリ・ハットを収集したり、良好事例を紹介したりして、不適合の発生を未然に防止することを目的として当社関連部門を含め事業者及び解析メーカーで情報を共有する場を設ける。

## 6. 他の地震応答解析結果の妥当性について

当社は、今回の不適合が地震応答解析における建物の耐震壁の取り扱いに起因していたことに鑑み、既に設備健全性に係る点検・評価報告書または耐震安全性評価報告書を提出済みの 4 建屋(7号機原子炉建屋(屋根トラス,排気筒を含む),6号機原子炉建屋,6号機タービン建屋,6/7号機コントロール建屋)について地震応答解析結果が妥当であることの確認を行った。(6.1項)

また、今回の不適合の原因が地震応答解析における一部解析条件の誤りであったことに鑑み、既に提出済みの7号機耐震安全性評価報告書の中の地震応答解析結果(設備,基準地震動  $S_s$  の策定,屋外重要土木構造物,地震随件事象等)についてその妥当性の確認を行った。(6.2項,6.3項,6.4項)

### 6.1 その他の建屋への本不適合の影響について

#### 6.1.1 確認対象範囲及び確認方法

##### (1) 確認対象範囲

既に報告書を提出済みの7号機原子炉建屋(屋根トラス,排気筒を含む),6号機原子炉建屋,6号機タービン建屋,6/7号機コントロール建屋の計4建屋を対象とした。

##### (2) 確認方法

以下の2点についての確認。

各層の耐力を算出する際に、耐震壁に加え補助壁が適切に考慮されていること。

以外の入出力データについても、その計算過程も含め誤りがないこと。

#### 6.1.2 確認結果

以下の調査を実施し、地震応答解析結果が妥当であることを確認した。なお、地震応答解析等のプログラムについては、平成 17 年に発生した許認可申請に係る解析の不適合の後に実施した当社の調査により、その妥当性について検証

を終えている。

- (1) 各層の耐力を算出する際に、耐震壁に加え補助壁が適切に考慮されていることの確認
  - ・解析に用いる耐震壁、補助壁のデータ(寸法, 鉄筋比)が構造計算書, 施工図などから正確に転記され、計算されていること。
  - ・耐力を算出する際に、耐震壁に加え、補助壁が足しあわされていること。
  - ・計算の過程で表計算ソフトを使用している場合は、別途検算を行い、計算過程も含め誤りがないこと。
  - ・計算の結果算出されたデータが地震応答解析モデルに正確に入力されていること。
  
- (2) 確認方法の 以外の入出力データについても、その計算過程も含め誤りがないことの確認(添付資料 - 10, 11 参照)
  - ・解析に用いる断面積や重量、地盤物性等のデータが工事計画認可申請時のデータや構造計算書などから正確に転記され、計算されていること。
  - ・各入力データが既に検証している解析プログラム等に正確に入力されていること。
  - ・解析プログラムからのアウトプットが次の解析プログラムのインプットとして正確に入力されていること。
  - ・解析プログラムのアウトプットが適切に報告書に記載されていること。
  - ・解析メーカによる品質保証が計画通りに適切に実施されていること。

## 6.2 耐震安全性評価報告書を提出済みの7号機設備への本不適合の影響について

既に報告書(改訂1)を提出済みの7号機設備について地震応答解析結果が妥当であることを以下により確認した。

### 6.2.1 確認対象範囲及び確認方法

#### (1) 確認対象範囲

7号機の報告書(改訂1)に記載した全101設備を対象とした。

#### (2) 確認方法

上記101設備について、地震応答解析が適切に実施されていることを、入出力データ等を作り込むプロセスを含めて解析実施状況調査(5.2項参照)により確認。

また、このうち、耐震強化工事を実施した12設備(原子炉建屋クレーン、原子炉補機冷却水系熱交換器、燃料取替機、配管系(9設備))については、工事計画認可申請からの変更点に着目して、適切に地震応答解析が実施されていることを確認。

## 6.2.2 確認結果

### (1) 当社マニュアルに基づく確認

設備の地震応答解析においては、建屋の地震応答解析結果により得られた建屋時刻歴応答等を入力とし、種々の解析プログラムを用いて、応答加速度、発生応力等を算出する（添付資料 - 12 参照）。

これら地震応答解析の実施にあたっては、当社は、平成 17 年に発生した許認可申請に係る解析の不適合を受けて制定した「許認可解析の検証マニュアル」に則り、解析作業手順書や入力根拠書の整備を行うよう解析メーカーに要求している（5.2 項参照）。7号機については、報告書（改訂1）の提出にあたり、同マニュアルに従って解析メーカーに対する解析実施状況調査を既に行い、入力から出力に至る地震応答解析プロセス及び結果について、当社が関連資料を確認することで、解析メーカーが当社の要求通りの対応を行っていることを確認した。

なお、地震応答解析プロセス及び結果の調査は地震応答解析を実施する設備の機種、担当する解析メーカーの設計部門を網羅するように実施した。

#### 管理された解析プログラムに関する検証

当社は、「許認可解析の検証マニュアル」に基づき、解析メーカーに対し、解析プログラムの妥当性を確認することを要求している。当社は、解析プログラムのうち、設計上、恒常的に利用されるもの、他のプログラムとリンクして使用されるもの、多数の設計者により利用されるものなど管理の必要なプログラムについて、解析メーカーがメーカー内の規定に従って各演算機能の妥当性を検証し登録することにより、当社の要求に従って運用していることを、解析実施状況調査において確認した。

なお、地震応答解析等のプログラムについては、平成 17 年に発生した許認可申請に係る解析の不適合の後に実施した当社の調査により、その妥当性について検証を終えている。

#### その他の解析プログラムに関する検証

上記の管理された解析プログラムの他、設計担当者が、入力の作成、出力の加工作業等にあたり、表計算ソフト等の簡易なプログラムを用いている場合があるが、この場合においても、解析作業手順書や入力根拠書に基づき解析メーカーが管理していることを解析実施状況調査において確認した。これにより、7号機設備の地震応答解析を実施している解析メーカーにおいては、作成された入力データおよび加工された出力データが、複数の設計者により検証されていることを確認した。

### (2) 耐震強化工事に関する確認

耐震強化工事を実施した後の 12 設備を含む全 101 設備について、上記(1)の確認を行い、入出力を含む解析プロセスに問題が無いことを確認している。この中で、耐震強化工事を実施した設備では、仕様の変更が生じているが、

以下の理由により本不適合と同様の誤りは生じていない。

配管系のサポート追加または変更については、管理された解析プログラムへのサポートデータの変更入力を生じるが、入力作業はコンピュータキーボードへの直接入力であり、管理されない表計算ソフト等を使用していないこと。(添付資料 - 13 参照)

原子炉建屋クレーン脱線防止ラグ及び原子炉補機冷却水系熱交換器基礎の構造変更については、原子炉建屋クレーン及び原子炉補機冷却水系熱交換器そのものの、地震応答解析プロセス(入力条件、解析プログラム、出力)に変更がなく、管理されない表計算ソフト等を使用していないこと。燃料取替機の構造変更においては、モデルをすべて改めて作成しているため、モデル作成から解析の実施までの一連のプロセスについて前項(1)に示す検証が行われており、その中で管理されない表計算ソフト等を使用していないこと。

### 6.3 耐震安全性評価報告書を提出済みの柏崎刈羽原子力発電所における基準地震動 $S_s$ の策定への本不適合の影響について

既に報告書(改訂1)を提出済みの基準地震動  $S_s$  の策定について、地震動評価結果等が妥当であることを以下の調査により確認した。

#### 6.3.1 確認対象範囲及び確認方法

##### (1) 確認対象範囲

7号機の報告書(改訂1)に記載した基準地震動を対象とした。

##### (2) 確認方法

入力データを作成する過程も含め、検証済みの解析プログラムに入力されたデータに誤りがないこと等を確認することにより、地震動評価等が適切に実施されていることを確認。

#### 6.3.2 確認結果

以下の調査を実施し、地震動評価の結果が妥当であることを確認した。なお、地震動評価等のプログラムについては、平成17年に発生した許認可申請に係る解析の不適合の後に実施した当社の調査により、その妥当性について検証を終えている。

- ・入力データを作成する過程で表計算ソフトを使用している場合は、別途検証等を行い、計算過程も含め誤りがないこと。
- ・解析に用いる諸元(地震規模、断層パラメータ等)については、許認可申請等のデータをもとに、既に検証している解析プログラム等に適切に入力され、計算されていること。
- ・解析プログラムからのアウトプットが次の解析プログラムのインプットと

して正確に入力されていること。

- ・解析プログラムのアウトプットが適切に報告書に記載されていること。
- ・解析メーカーによる品質保証が計画通りに適切に実施されていること。

#### 6.4 耐震安全性評価報告書を提出済みの7号機屋外重要土木構造物，地震随伴事象等への本不適合の影響について

既に報告書（改訂1）を提出済みの7号機屋外重要土木構造物，地震随伴事象等について、地震応答解析結果等が妥当であることを以下の調査により確認した。

##### 6.4.1 確認対象範囲及び確認方法

###### (1) 確認対象範囲

7号機の報告書(改訂1)に記載した屋外重要土木構造物の耐震安全性評価，建屋基礎地盤の安定性評価，地震随伴事象に対する考慮(津波に対する安全性)，地震随伴事象に対する考慮(活断層の変位に伴う建屋基礎地盤の変形評価)を対象とした。

###### (2) 確認方法

入力データを作成する過程も含め、検証済みの解析プログラムに入力されたデータに誤りがないこと等を確認することにより、地震応答解析等が適切に実施されていることを確認。

##### 6.4.2 確認結果

当社は、以下の調査を実施し、地震応答解析等の結果が妥当であることを確認した。なお、地震応答解析等のプログラムについては、平成17年に発生した許認可申請に係る解析の不適合の後に実施した当社の調査により、その妥当性について検証を終えている。

- ・入力データを作成する過程で表計算ソフトを使用している場合は、別途検算等を行い、計算過程も含め誤りがないこと。
- ・解析に用いる構造物の諸元(断面寸法，重量，鉄筋比等)，地盤物性等については、許認可申請等のデータをもとに、既に検証している解析プログラム等に適切に入力され、計算されていること。
- ・解析プログラムからのアウトプットが次の解析プログラムのインプットとして正確に入力されていること。
- ・解析プログラムのアウトプットが適切に報告書に記載されていること。
- ・解析メーカーによる品質保証が計画通りに適切に実施されていること。

#### 7.まとめ

今回確認された7号機タービン建屋の地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合は、7号機タービン建屋の弾塑性解析で用いる、汎用の



表計算ソフトにより算出した建屋の復元力特性(応力 - ひずみ関係)において、本来耐震壁と補助壁を考慮すべきところを補助壁が一部考慮されていなかったため、建屋の復元力特性の第一折れ点以下は適正に評価されていたが、第一折れ点以降の耐力を過小評価していたというものである。

当社は、平成 17 年に発生した許認可申請に係る解析の不適合を受けて、「許認可解析の検証マニュアル」を制定し、許認可解析の信頼性の向上に努めてきたが、解析メーカーにおける組織としての表計算の管理や当社における確認が不十分であったことが今回の不適合の原因としてあげられる。

今回の不適合を受け、補助壁を適切に評価した復元力特性を設定した上で地震応答解析を行い、耐震安全性の再評価を実施した結果、タービン建屋及び設備の耐震安全性が確保されていることを確認した。

今回の不適合は、地震応答解析における一部の解析条件の誤りであるが、その影響は地震応答解析全体の余裕度の中に包含されることから、7号機の建物・構築物及び設備に関わる中越沖地震による健全性評価結果並びに基準地震動 Ss による耐震安全性評価結果に影響を及ぼすものではないと判断する。

また、7号機原子炉建屋(屋根トラス,排気筒を含む),6号機原子炉建屋,6号機タービン建屋,6/7号機コントロール建屋の計4建屋及び、既に耐震安全性評価報告書を提出している7号機の設備,基準地震動 Ss の策定,屋外重要土木構造物,地震随件事象等について、地震応答解析結果等が妥当であることを確認した。

当社は、今回の反省を踏まえ、再発防止対策を確実に実施するとともに、他事業者,解析メーカーと情報共有し検討を行う場を設け、積極的に水平展開を行っていく。

以上

## 【添 付 資 料】

- 添付資料 - 1 不適合が確認された7号機タービン建屋の地震応答解析における補助壁の取扱いの概要
- 添付資料 - 2 耐震壁と補助壁の配置状況
- 添付資料 - 3 タービン建屋の耐震安全性の再評価結果
- 添付資料 - 4 タービン建屋関連設備の耐震安全性再評価結果
- 添付資料 - 5 建屋の地震応答解析フロー
- 添付資料 - 6 表計算ソフトの計算式
- 添付資料 - 7 解析実施状況調査チェックシート
- 添付資料 - 8 「解析実施状況調査チェックシート」による確認実施方法の例
- 添付資料 - 9 背後要因図
- 添付資料 - 10 屋根トラスの地震応答解析フロー
- 添付資料 - 11 排気筒の地震応答解析フロー
- 添付資料 - 12 設備の標準的な地震応答解析フロー（例）
- 添付資料 - 13 配管系の地震応答解析フロー

不適合が確認された7号機タービン建屋の地震応答解析における補助壁の取扱いの概要

建屋復元力特性の設定手順

初期剛性の算定

振動モデルの初期せん断剛性 (  $K_s$  ) =  $K_{s1}$  +  $K_{s2}$

$K_{s1}$  = 耐震壁のせん断断面積( $A_{w1}$ ) × せん断弾性係数( $G$ )

$K_{s2}$  = 補助壁のせん断断面積( $A_{w2}$ ) × せん断弾性係数( $G$ )

正しく行われている

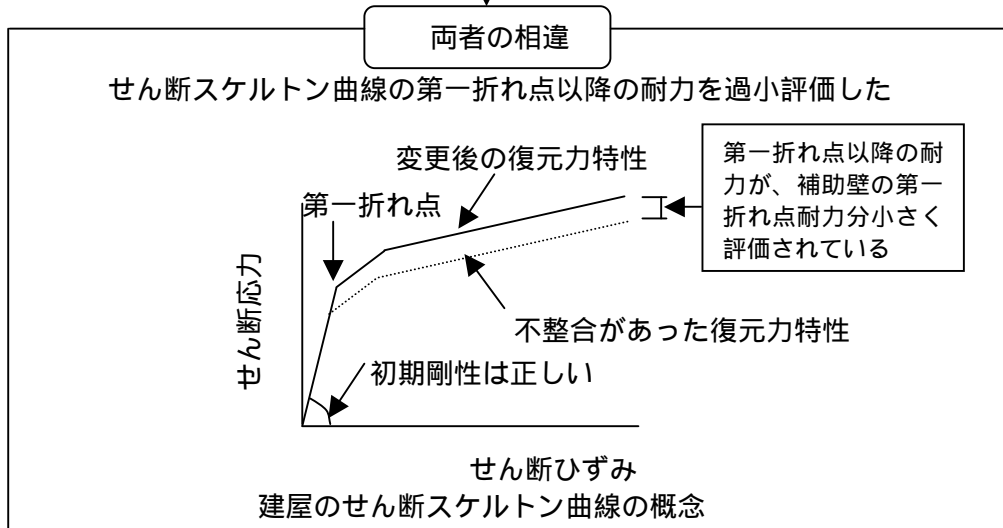
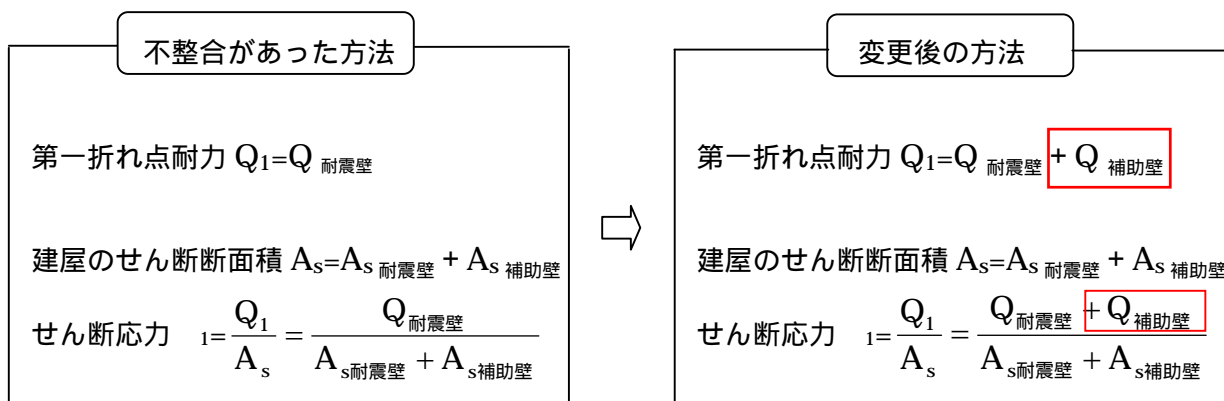


図-1 建屋復元力特性の算定時における見直しの状況

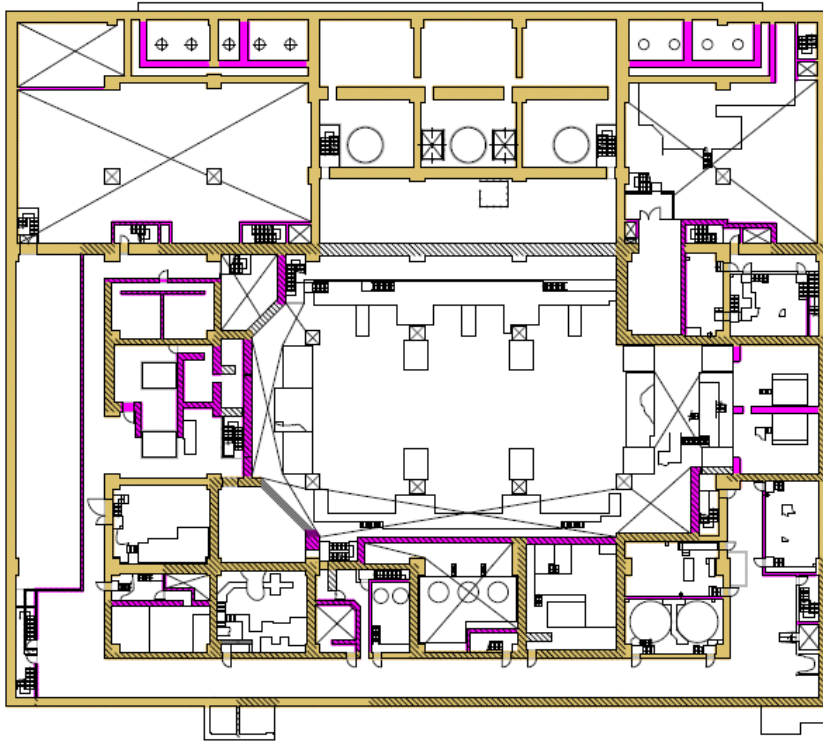
耐震壁と補助壁の配置状況 ( 1 / 3 )



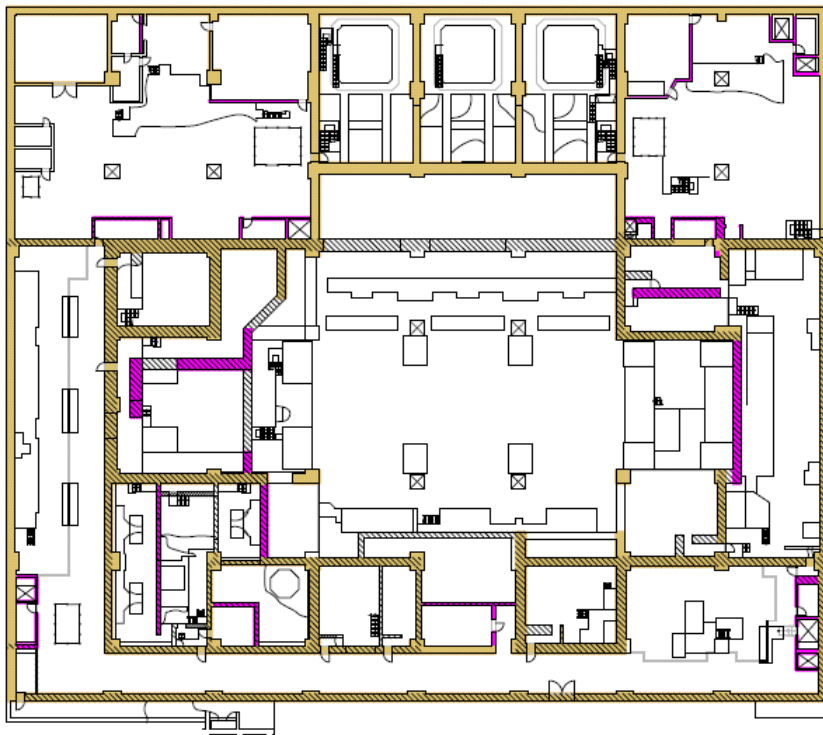
地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)

- 耐震壁として剛性を評価する範囲(設計時と同じ)
- 補助壁として剛性を評価する範囲
- 遮蔽壁

耐震壁と補助壁の配置状況 ( 2 / 3 )



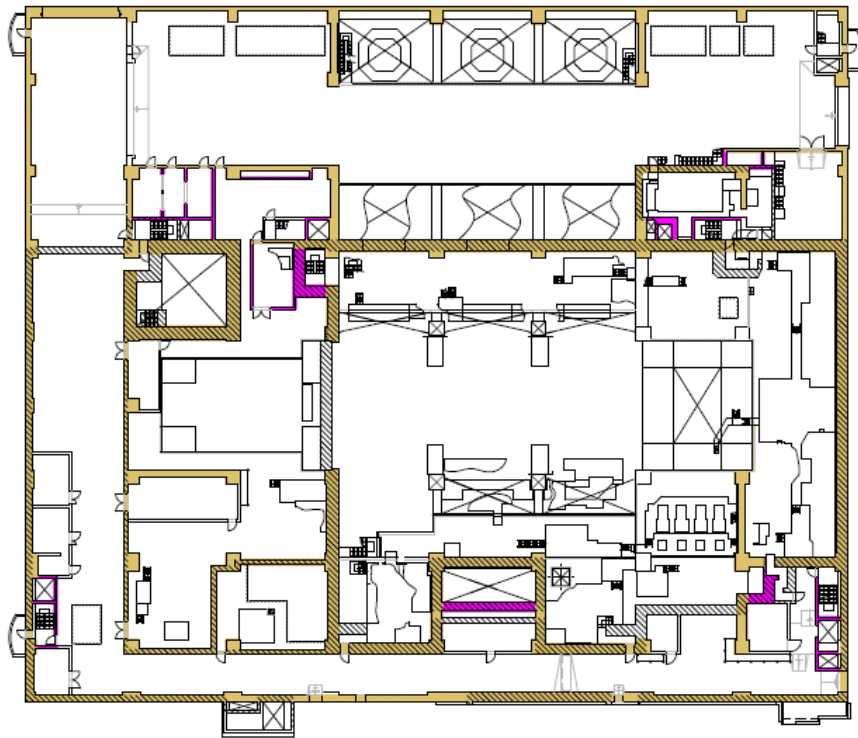
地下中2階 (T.M.S.L.-1.1m)



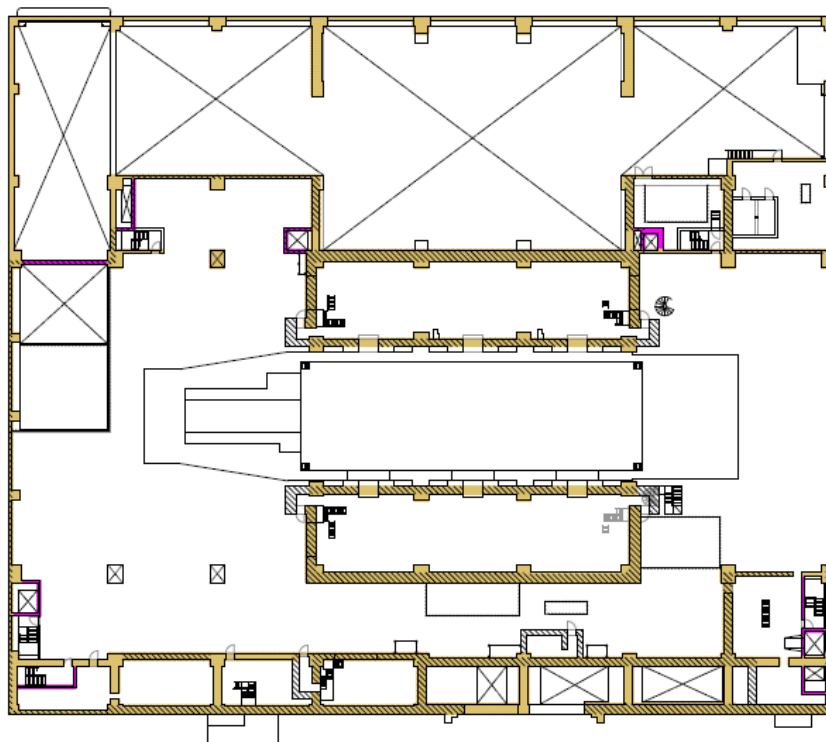
地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)

■ 耐震壁として剛性を評価する範囲(設計時と同じ) ■ 補助壁として剛性を評価する範囲  
▨ 遮蔽壁

耐震壁と補助壁の配置状況 ( 3 / 3 )



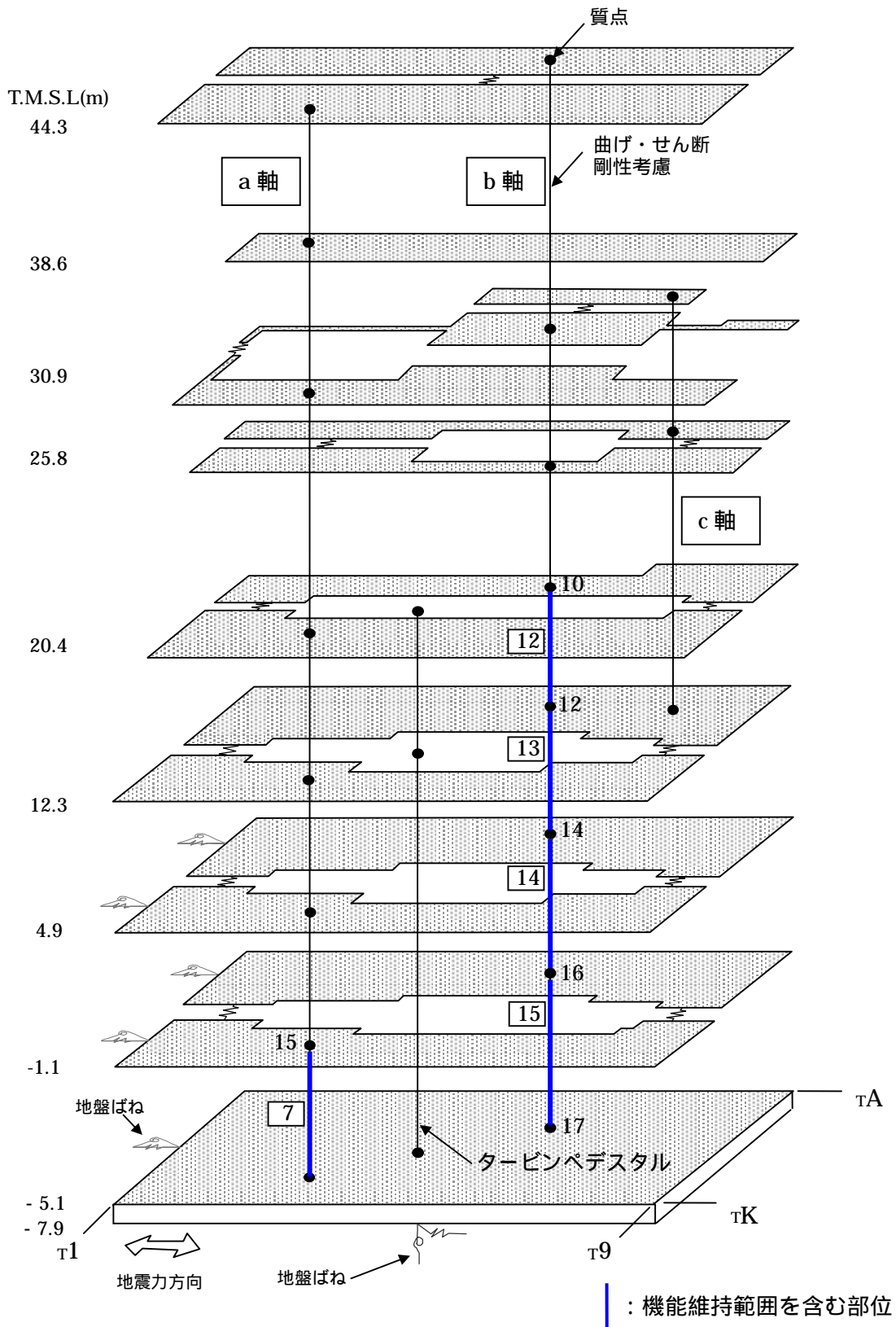
1階 (T.M.S.L. 12.3m)



2階 (T.M.S.L. 20.4m)

■ 耐震壁として剛性を評価する範囲(設計時と同じ) ■ 補助壁として剛性を評価する範囲  
▨ 遮蔽壁

タービン建屋の耐震安全性の再評価結果  
NS 方向 解析モデル



Sクラス機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧（NS方向）

a軸						( $\times 10^{-3}$ )
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B2F	0.19	0.16	0.15	0.09	0.09	2.0
	0.19	0.16	0.15	0.09	0.09	

b軸						( $\times 10^{-3}$ )
階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
1F	0.11	0.08	0.09	0.05	0.05	2.0
	0.11	0.08	0.09	0.05	0.05	
B1F	0.11	0.09	0.09	0.05	0.05	
	0.11	0.09	0.09	0.05	0.05	
MB2F	0.12	0.10	0.09	0.05	0.05	
	0.12	0.10	0.09	0.05	0.05	
B2F	0.15	0.13	0.12	0.06	0.07	
	0.15	0.13	0.12	0.06	0.07	

上段がタービン建屋応答解析結果の見直し前で下段が見直し後の値



復元力特性上の応答値の比較 (NS 方向)

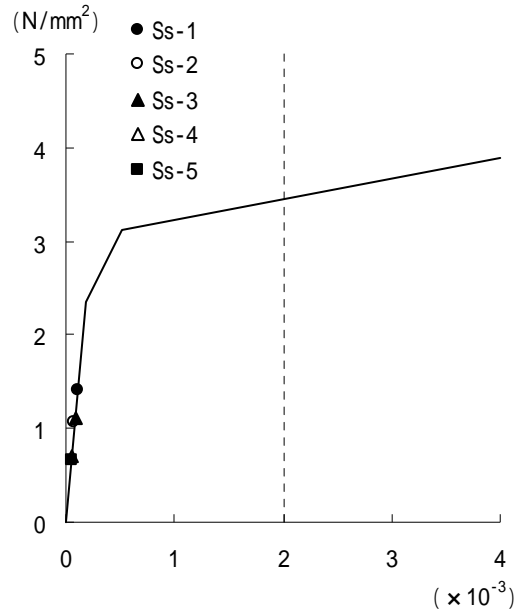


図-1 部材 No.12 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.12.3m ~ 20.4m)

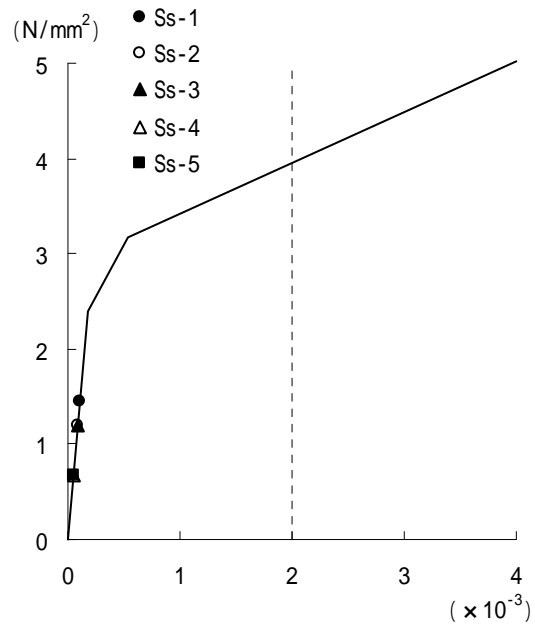


図-2 部材 No.13 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.4.9m ~ 12.3m)

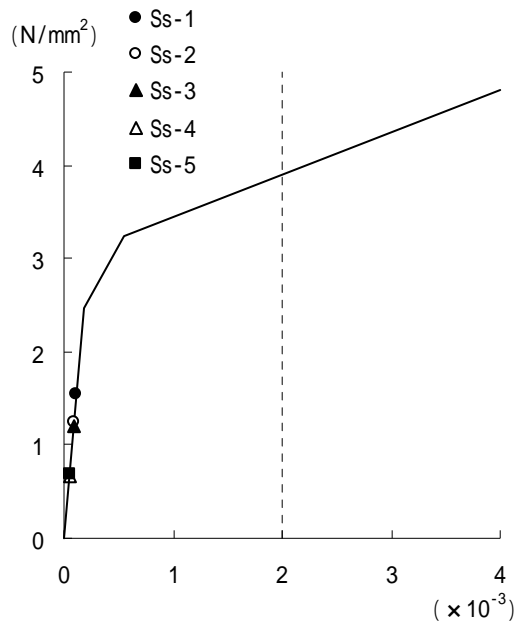


図-3 部材 No.14 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-1.1m ~ 4.9m)

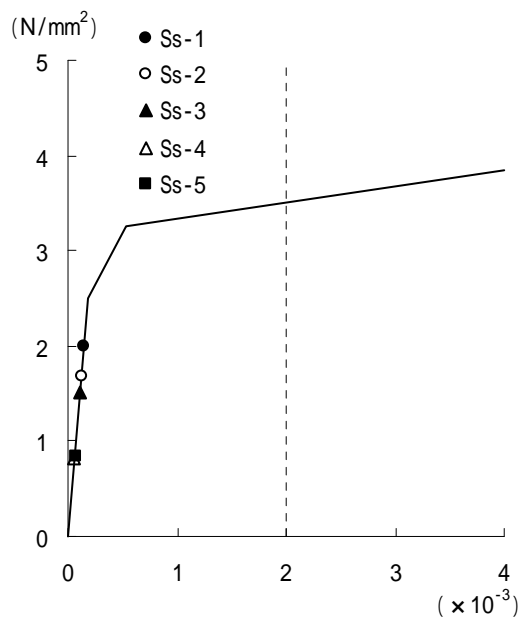


図-4 部材 No.15 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-5.1m ~ -1.1m)

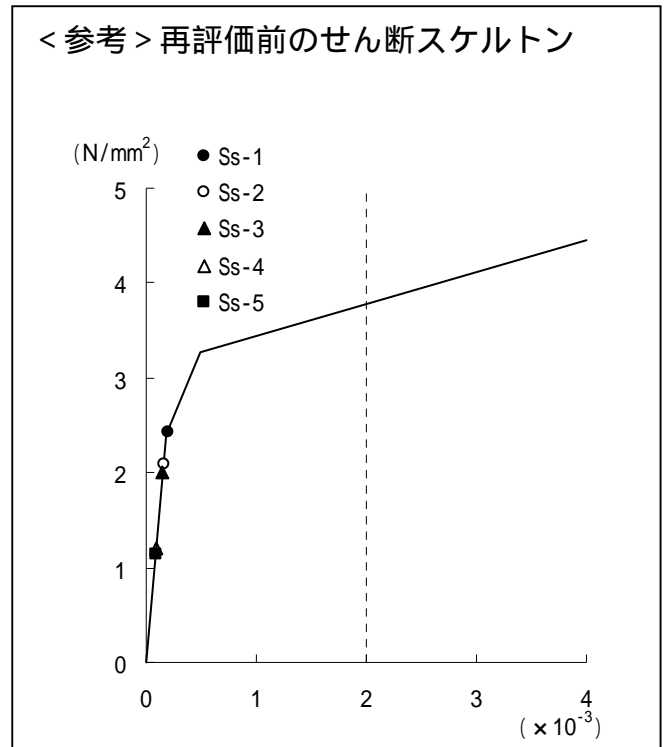
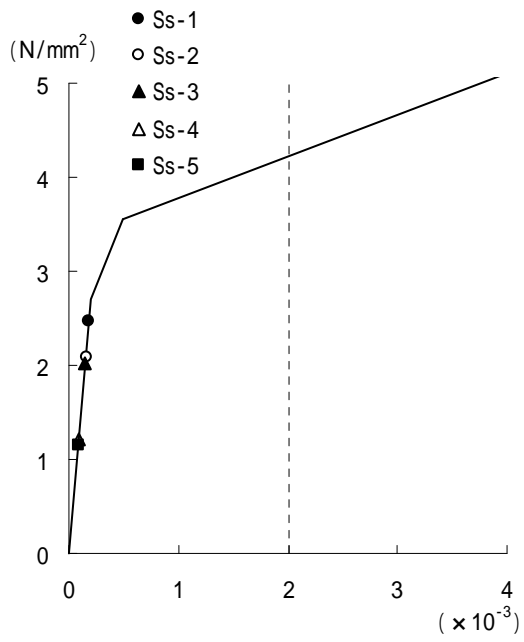
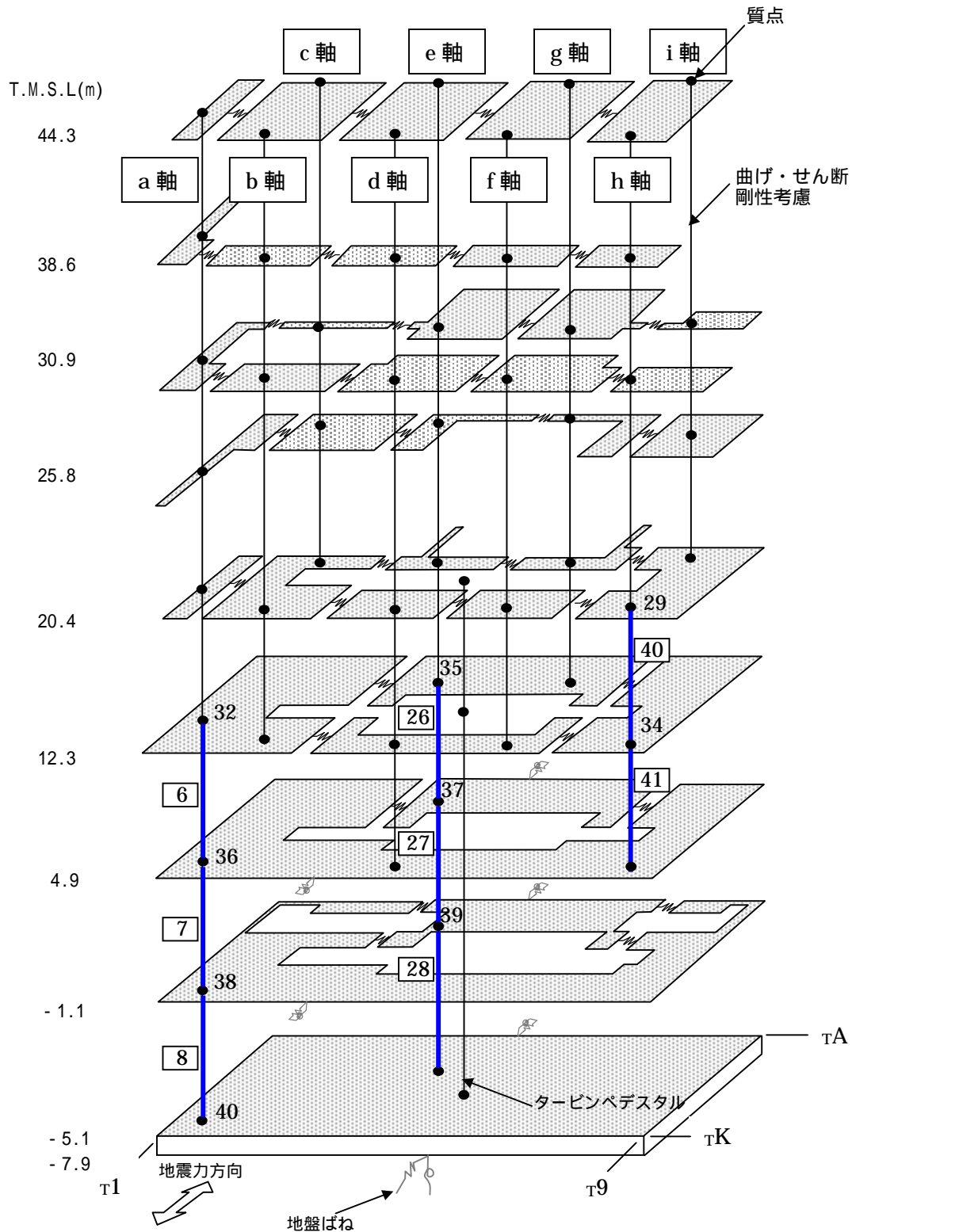


図-5 部材 No.7 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-5.1m ~ -1.1m)

# EW 方向 解析モデル



：機能維持範囲を含む部位

Sクラス機能維持部位における耐震壁のせん断ひずみ一覧（EW方向）

a軸 ( $\times 10^{-3}$ )

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B1F	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	2.0
	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	
MB2F	0.16	0.16	0.12	0.13	0.14	
	0.16	0.16	0.12	0.13	0.14	
B2F	0.17	0.17	0.12	0.14	0.14	
	0.17	0.17	0.12	0.14	0.14	

e軸 ( $\times 10^{-3}$ )

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
B1F	0.09	0.08	0.07	0.06	0.07	2.0
	0.08	0.08	0.07	0.06	0.07	
MB2F	0.13	0.12	0.09	0.09	0.10	
	0.12	0.12	0.09	0.09	0.10	
B2F	0.15	0.14	0.11	0.11	0.12	
	0.14	0.14	0.11	0.11	0.12	

h軸 ( $\times 10^{-3}$ )

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	評価基準値
1F	0.13	0.13	0.11	0.12	0.12	2.0
	0.14	0.14	0.11	0.12	0.12	
B1F	0.22	0.22	0.13	0.14	0.15	
	0.17	0.17	0.13	0.14	0.15	

上段がタービン建屋応答解析結果の見直し前で下段が見直し後の値

復元力特性上の応答値の比較 (EW 方向)

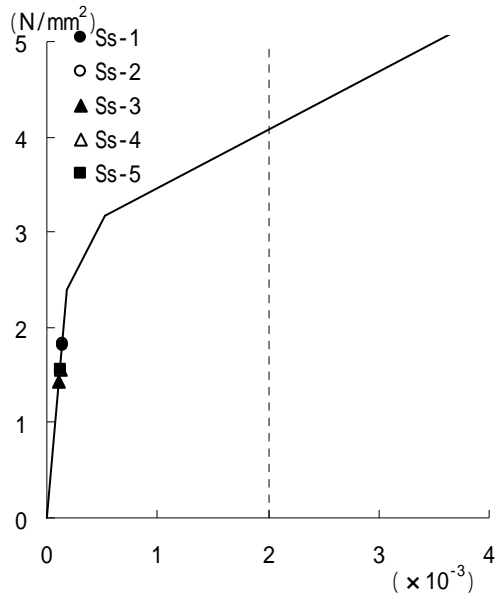


図-6 部材 No.40 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.12.3m ~ 20.4m)

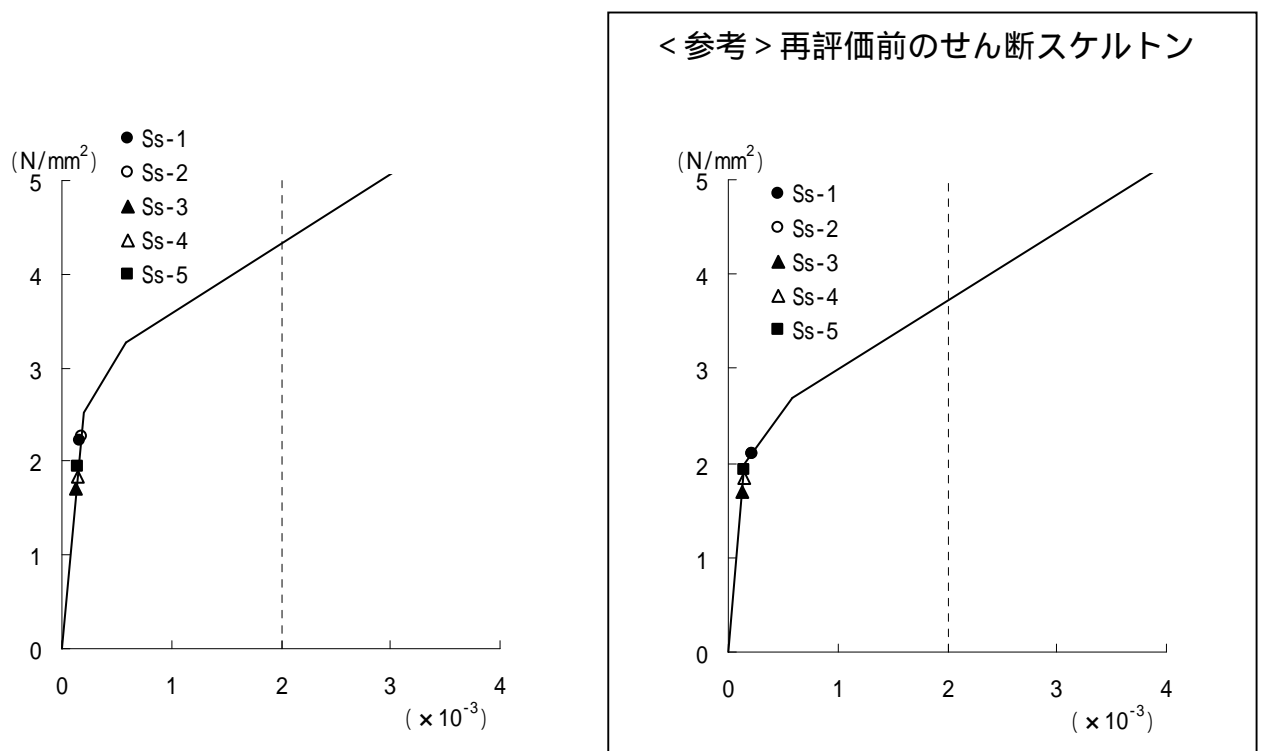


図-7 部材 No.41 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.4.9m ~ 12.3m)

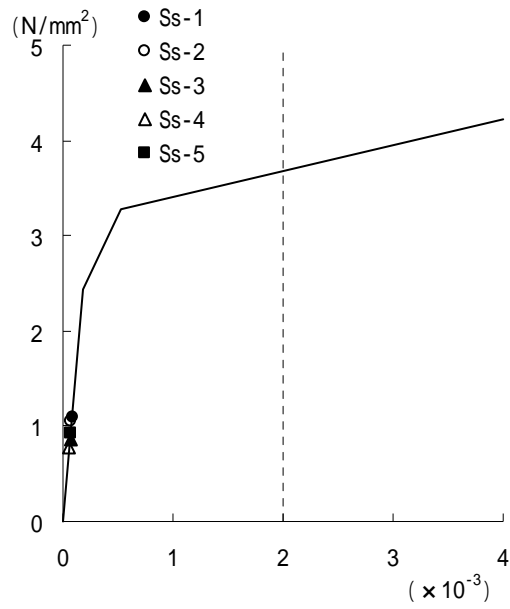


図-8 部材 No.26 のせん断スケルトン上の応答値 ( T.M.S.L.4.9m ~ 12.3m )

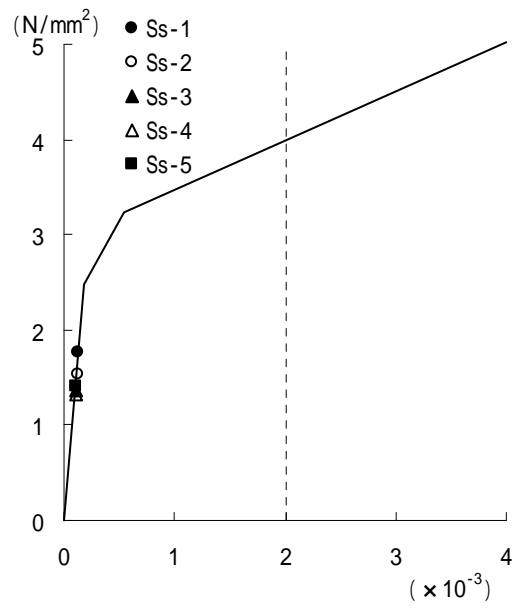


図-9 部材 No.6 のせん断スケルトン上の応答値 ( T.M.S.L.4.9m ~ 12.3m )

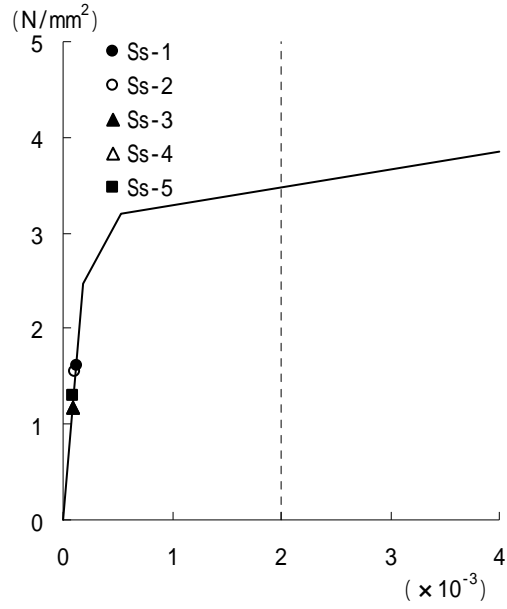


図-10 部材 No.27 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-1.1m ~ 4.9m)

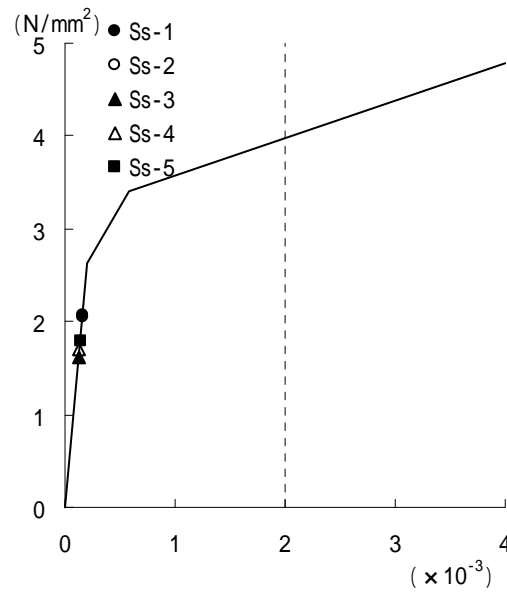


図-11 部材 No.7 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-1.1m ~ 4.9m)



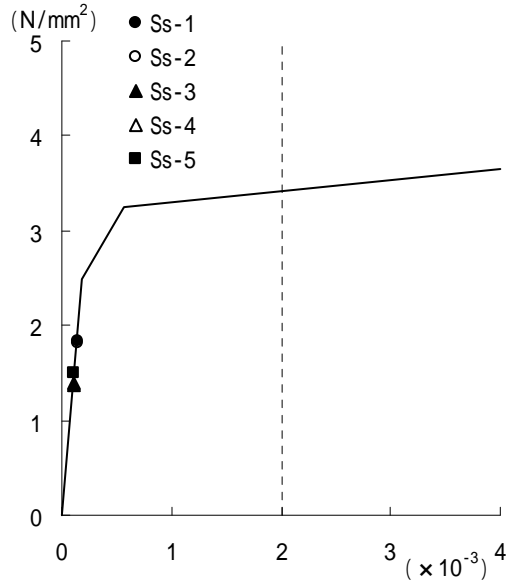


図-12 部材 No.28 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-5.1m ~ -1.1m)

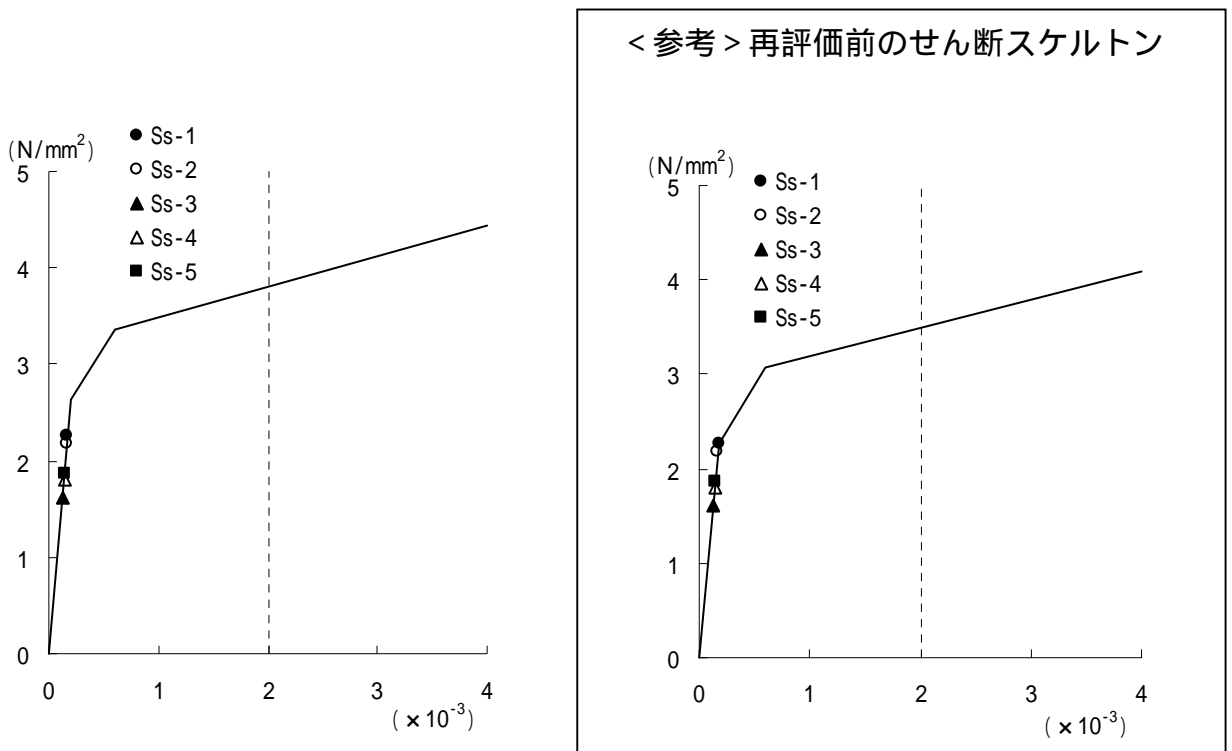


図-13 部材 No.8 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-5.1m ~ -1.1m)

## タービン建屋関連設備の耐震安全性再評価結果

表 A 構造強度評価結果

評価対象設備		評価部位	応力分類	発生値	評価基準値	評価方法 2	備考	
				1 MPa	MPa			
原子炉冷却系統設備	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系熱交換器	サポート アンカボルト	せん断 応力	76	159	B	3
					77			
	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系ポンプ	原動機取付 ボルト	せん断 応力	13	146	A	
					13			
	原子炉補機冷却海水系	原子炉補機冷却海水系ポンプ	原動機取付 ボルト	せん断 応力	70	118	A	
					70			
原子炉補機冷却海水系	原子炉補機冷却海水系ストレナー	基礎ボルト	せん断 応力	7	366	A		
				7				
配管	給水系	給水系配管本体	配管本体	一次 応力	195	380	B	3
					201			
	給水系	給水系配管サポート	サポート 部材	組合せ 応力	247	280	B	3
					247			
	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系配管本体	配管本体	一次 応力	156	344	B	3
					161			
	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却水系配管サポート	サポート 部材	組合せ 応力	0.91	1.0	B	3 4
					0.91			
	原子炉補機冷却海水系	原子炉補機冷却海水系配管本体	配管本体	一次 応力	66	354	B	3
					66			
原子炉補機冷却海水系	原子炉補機冷却海水系配管サポート	サポート 部材	組合せ 応力	189	280	B	3	
				190				

1 上段がタービン建屋応答解析結果の見直し前で下段が見直し後の値

2 「評価方法」の欄に記載されている[A], [B]の凡例は、以下のとおり。

A：応答倍率法において、基準地震動  $S_s$  による床応答スペクトル等と、既往評価で用いた床応答スペクトル等から水平加速度と鉛直加速度の比をそれぞれ求め、大きい方の値を用いた評価方法

B：詳細評価（スペクトルモーダル解析法等による評価）

3 耐震強化工事実施

4 圧縮力と曲げ応力を受ける部材の組合せ応力は次式を満足しなければならない  
 $(\text{圧縮応力}/\text{許容圧縮応力}) + (\text{曲げ応力}/\text{許容曲げ応力}) \leq 1$

表 B 動的機能維持評価結果（床置き設備）

評価対象設備	機能確認済加速度との比較					詳細評価 <sup>2</sup>
	加速度 確認部位	水平加速度 (G <sup>1</sup> )		上下加速度 (G <sup>1</sup> )		
		応答 加速度 <sup>3</sup>	機能確認済 加速度	応答 加速度 <sup>3</sup>	機能確認済 加速度	
原子炉補機冷却水系ポンプ	軸位置	0.86	1.4	0.74	1.0	-
		0.87		0.74		
原子炉補機冷却海水系ポンプ	コラム 先端部	0.86	10.0	0.74	1.0	-
		0.87		0.74		

表 C 動的機能維持評価結果（弁）

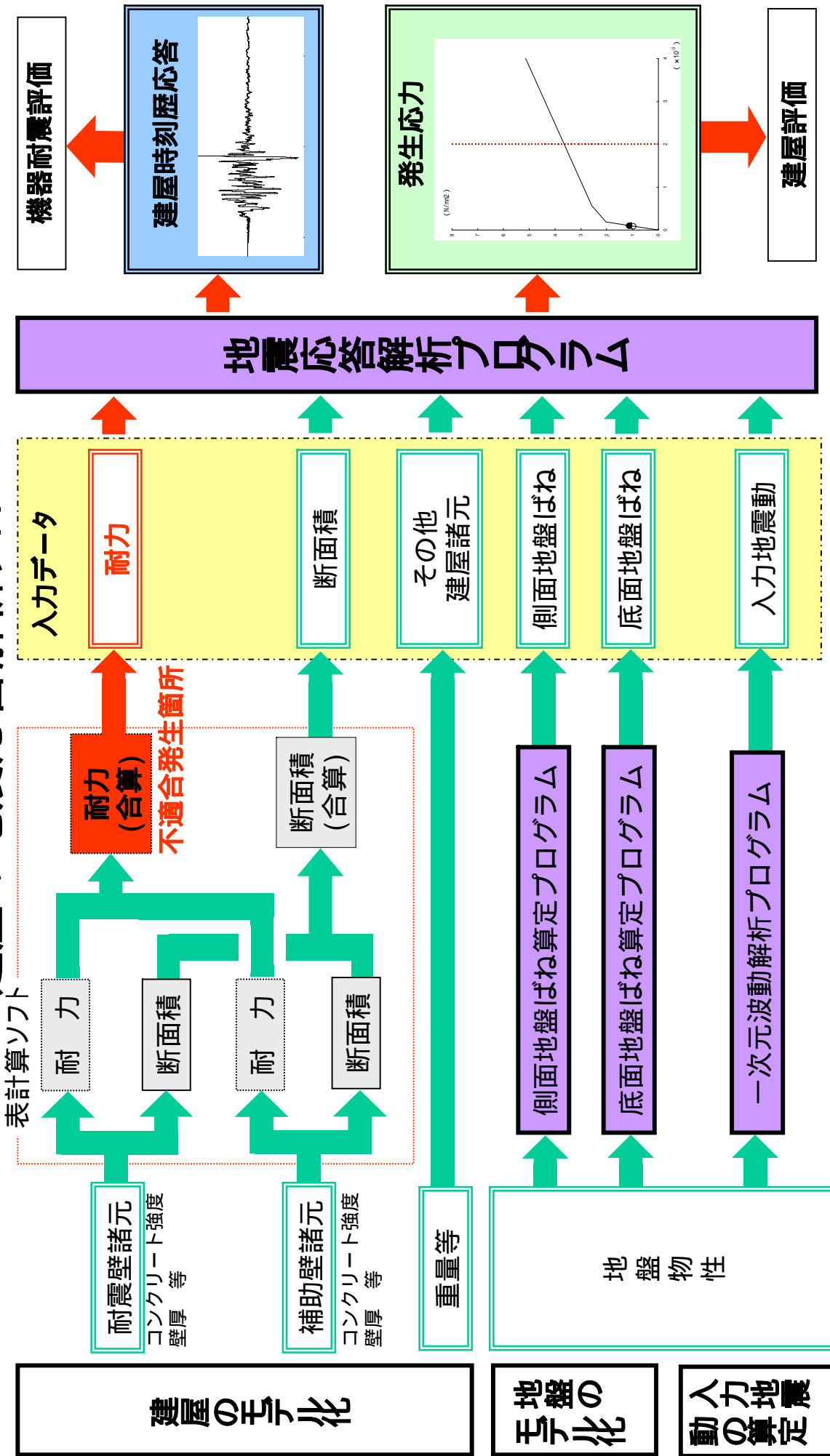
評価対象設備	機能確認済加速度との比較					詳細評価 <sup>2</sup>	
	加速度 確認部位	水平加速度 (G <sup>1</sup> )		上下加速度 (G <sup>1</sup> )			
		応答 加速度 <sup>3</sup>	機能確認済 加速度	応答 加速度 <sup>3</sup>	機能確認済 加速度		
弁	残留熱除去系 (RHR 注入弁 (A))	弁駆動部	4.0	6.0	1.0	6.0	-
			5.2		1.0		
	給水系 (FDW 原子炉給水ライン 外側隔離弁 (A))	弁駆動部	1.5	6.0	1.0	6.0	-
			1.5		1.0		
	原子炉補機冷却水系 (RCW ポンプ (A) 吐出逆止弁)	弁駆動部	1.1	6.0	1.0	6.0	-
			1.2		1.0		
	原子炉補機冷却海水系 (RSW 海水ストレーナ (C) ブロー弁)	弁駆動部	1.1	6.0	0.9	6.0	-
			1.1		0.9		

1 G=9.80665 (m/s<sup>2</sup>)

2 応答加速度が機能確認済加速度を上回る場合に実施する。

3 上段がタービン建屋応答解析結果の見直し前で下段が見直し後の値

# 建屋の地震応答解析フロー



< 凡例 >

- ↑ : 正確なデータの流れ
- ↑ : 不正確なデータの流れ

- : 「解析実施状況調査」により当社が確認を実施した箇所を示す
- : 「許認可解析の検証マニュアル」に基づき妥当性が確認された解析コード

# 表計算ソフトの計算式

**耐震壁の第一折れ点の耐力の合計 (A)**

**補助壁の第一折れ点の耐力 (B×C) が算入されていない**

**耐震壁の第一折れ点の耐力 [BL5] ~ [BL9]**

**耐震壁の第一折れ点の耐力の合計 [BO181]**

**補助壁の第一折れ点の応力 [BP185]**

**耐震壁 + 補助壁の第一折れ点の耐力 (表示数式により算出)**

要素番号	壁番号	位置	D(m)	T(m)	Q1	γ1	Q2	γ2	Q3	γ3
342	C2*4		13.40	0.30	1.665E+07	1.749E-04	2.248E+07	5.247E-04	3.0.E+07	4.000E-03
	C7*9		25.00	0.40	2.254E+07	1.800E-04	3.043E+07	5.401E-04	4.3.E+07	4.000E-03
	D2*4	D2*9	25.40	1.10	7.470E+07	1.828E-04	1.008E+08	5.483E-04	8.7.E+07	4.000E-03
	D7*9		25.00	1.40	9.147E+07	1.883E-04	1.235E+08	5.650E-04	1.0.E+08	4.000E-03
	E2*3		13.70	1.60	4.836E+07	1.714E-04	6.610E+07	5.143E-04	7.4.E+07	4.000E-03

γ1	γ2	γ3
Q1	Q2	Q3
2.543E+08	3.438E+08	3.347E+08

γ1	γ2	γ3
Q1(N)	Q2(N)	Q3(N)
=BO181	3.344E+08	3.344E+08

**補助壁の断面積 C**

	壁厚 m	壁長さ m	せん断断面積m²
TC~TDの合計			12.13
T2~T3	0.3	10.4	3.12
T3~T4Ⓞ	0.3	8.45	2.54
T3~T4Ⓞ	0.3	4	1.20
T7~T8Ⓞ	0.3	2.6	0.78
T7~T8Ⓞ	0.7	2.6	1.82
T7~T8Ⓞ	0.3	6.3	1.89
T8~T9	0.3	2.6	0.78
TD~TEの合計			9.18
T3~T4Ⓞ	1.4	5.4	7.56
T3~T4Ⓞ	0.3	5.4	1.62
間仕切り壁のせん断断面積の合計は			
合計 m²			21.31 m²
間仕切り壁のせん断断面積は開口低減率0.6を考慮して			
			12.9 m²

承認	審査	作成
H20.6.25	H20.6.25	H20.6.25

解析実施状況調査チェックシート

解析件名: 新潟県中越沖地震による既設プラント建物・構築物の耐震安全性評価業務(K7-T/B)

調査項目	調査観点	確認した資料名称等	調査結果	確認者 (確認年月日)	備考
解析作業手順書の整備状況	入力の作成, 出力の加工作業などのサブプロセスも含め, 手順が文書化されているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書	合 否		
解析作業手順書の遵守状況	解析作業手順書に従って, 解析業務を実施しているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・地震応答解析に関するチェックリスト	合 否		
入力根拠書の作成状況	入力値毎に入力根拠書を作成しているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・入力根拠所	合 否		
実質的な審査の実施状況	入力値の妥当性を確認しているか(設備図書との整合性, 保守性の取り方, メーカー間取合箇所のデータ管理等)	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・入力根拠所	合 否		
	解析コードが適正であることを確認しているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・入力根拠所	合 否		使用している解析コードは過去原子力発電所での使用実績があり, 解析コードの適性は認められている。
	入力値が正確に入力されていることを確認しているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・地震応答解析に関するチェックリスト	合 否		
	解析結果が妥当であることを確認しているか(傾向分析等を実施しているか)	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・地震応答解析に関するチェックリスト	合 否		
	最終的な解析結果が報告書に適切に転記されていることを確認しているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・地震応答解析に関するチェックリスト	合 否		
デザインレビューの実施状況	許認可解析に新規性が認められる場合, デザインレビューを実施しているか	DR実施日 ( ) ( )	合 否		特に新規性は認められない

承認	審査	作成
H20.11.21	H20.11.21	H20.11.21

解析実施状況調査チェックシート

K-7T/B\_Ss\_耐震壁

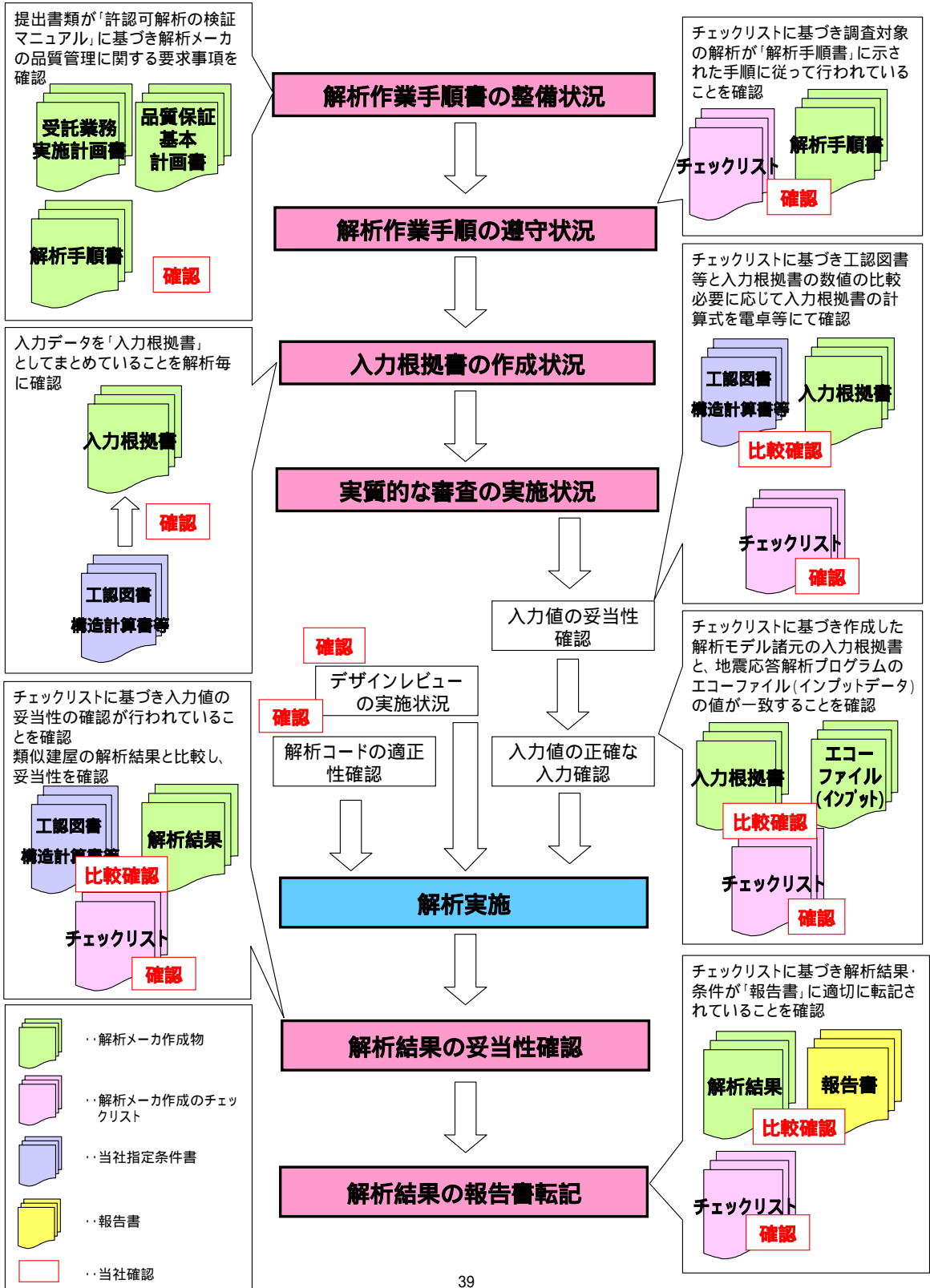
解析件名：新潟県中越沖地震による既設プラント建物・構築物の耐震安全性評価業務

調査項目	調査観点	確認した資料名称等	調査結果	確認者 (確認年月日)	備考
解析作業手順書の整備状況	入力作成、出力加工作業などのサブプロセスも含め、手順が文書化されているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・許認可解析業務解析手順書	合 否		健全性評価と同様
解析作業手順書の遵守状況	解析作業手順書に従って、解析業務を実施しているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・許認可解析業務解析手順書	合 否		
入力根拠書の作成状況	入力値毎に入力根拠書を作成しているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・許認可解析業務解析手順書 ・入力根拠書「NS方向」、「EW方向」、「UD方向」 ・エコーファイル	合 否		
実質的な審査の実施状況	入力値の妥当性を確認しているか(設備図書との整合性、保守性の取り方、メーカー間取合箇所データの管理等)	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・許認可解析業務解析手順書 ・入力根拠書「NS方向」、「EW方向」、「UD方向」 ・地震応答解析に関する作業チェックリスト(波、方向別)「TDAS」「SHAKE」 ・エコーファイル ・工認図書 ・設計検証記録書	合 否		UD方向地盤ばね算定時の採用振動数にミスがあることが発覚した件について、別途修正等の対応を実施済みである ✓
	解析コードが適正であることを確認しているか	・業務実施計画書 ・品質保証計画書 ・許認可解析に係る計算機プログラムの点検記録	合 否		使用している解析コードは、過去に原子力発電所での使用実績があり、マニュアルも確立されており、十分に検証済みである
	入力値が正確に入力されていることを確認しているか	・受託業務実施計画書 ・品質保証基本計画書 ・許認可解析業務解析手順書 ・入力根拠書「NS方向」、「EW方向」、「UD方向」 ・地震応答解析に関する作業チェックリスト(波、方向別)「TDAS」「SHAKE」 ・エコーファイル ・工認図書 ・設計検証記録書	合 否		

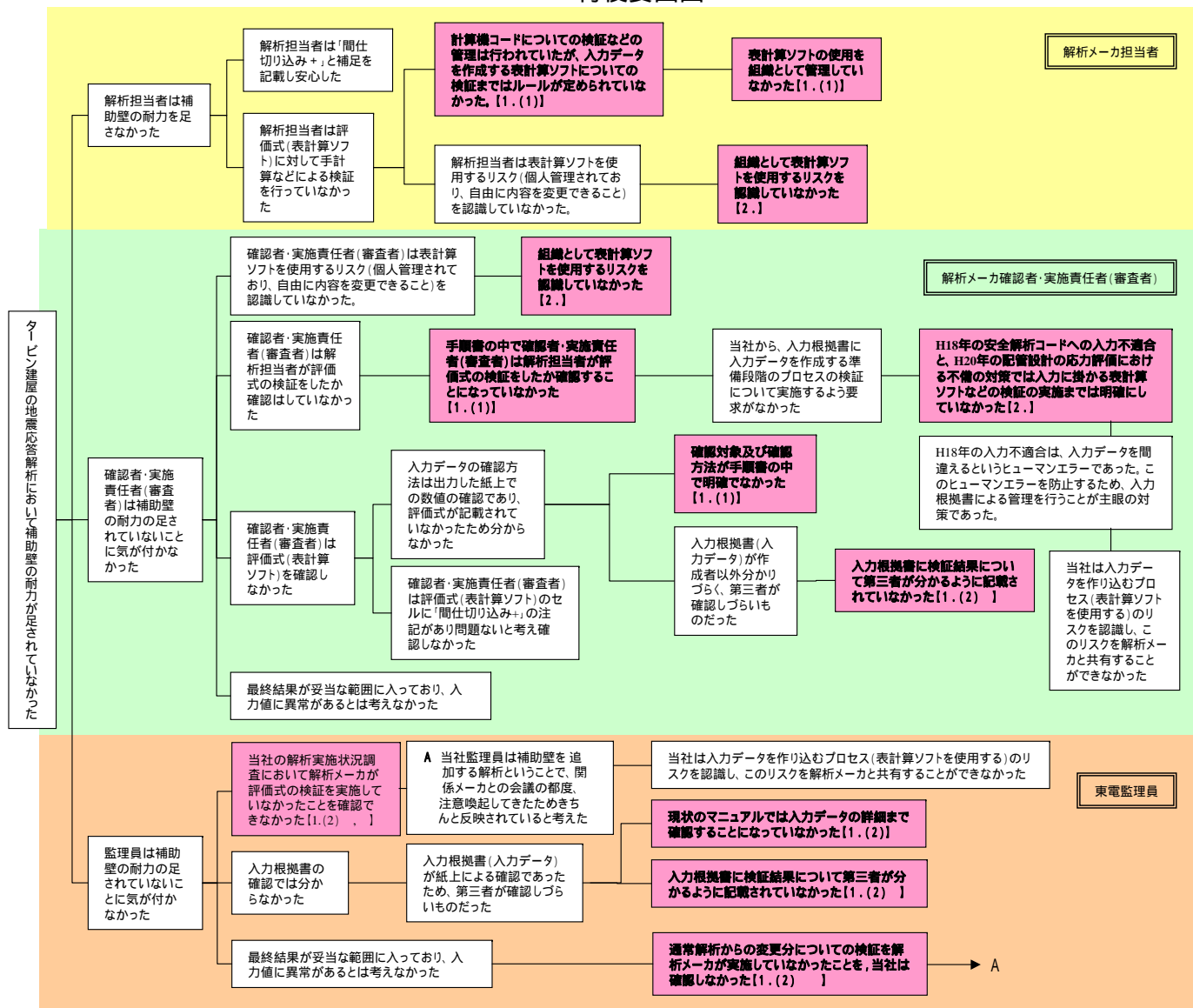
	解析結果が妥当であることを確認しているか(傾向分析等を実施しているか)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受託業務実施計画書</li> <li>・品質保証基本計画書</li> <li>・許認可解析業務解析手順書</li> <li>・入力根拠書「NS方向」、「EW方向」、「UD方向」</li> <li>・地震応答解析に関する作業チェックリスト(波、方向別)「TDAS」「SHAKE」</li> <li>・エコーファイル</li> <li>・工認図書</li> <li>・設計検証記録書</li> <li>・K-TT/B健全性評価報告書</li> </ul>	<input checked="" type="radio"/> 合 <input type="radio"/> 否		
	最終的な解析結果が報告書に適切に転記されていることを確認しているか	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受託業務実施計画書</li> <li>・品質保証基本計画書</li> <li>・許認可解析業務解析手順書</li> <li>・入力根拠書「NS方向」、「EW方向」、「UD方向」</li> <li>・地震応答解析に関する作業チェックリスト(波、方向別)「TDAS」「SHAKE」</li> <li>・エコーファイル</li> <li>・工認図書</li> <li>・設計検証記録書</li> <li>・K-TT/B健全性評価報告書</li> </ul>	<input checked="" type="radio"/> 合 <input type="radio"/> 否		
デザインレビューの実施状況	許認可解析に新規性が認められる場合、デザインレビューを実施しているか	DR実施日 ( ) ( )	<input checked="" type="radio"/> 合 <input type="radio"/> 否		解析自体に新規性は認められない



# 「解析実施状況調査チェックシート」による確認実施方法の例 添付資料-8



### 背後要因図



### 再発防止対策

1. 入力データをより確実にするための対策

(1) 解析メーカにおける対策  
今回の不適合の大きな要因である表計算ソフトの管理の明確化として、当社は解析メーカに対して、解析業務において表計算ソフトを含む入力データを作り込むプロセスについて検証を行い、標準化を図る等、組織としてこのプロセスを管理することを要求する。

(2) 当社における対策  
解析業務における当社の管理プロセス、特にその確認プロセスの改善として以下の対策を実施する。

今後の解析実施状況調査において、解析メーカが表計算ソフトを含む入力データを作り込むプロセスについて検証を行い、標準化を図る等、組織としてこのプロセスを管理していることを確認する。また、当社は自らサンプリングでそのプロセスが適切であることを確認する。なお新規に行う解析や解析条件に変更等を伴う解析の場合には、必ずその対象とする。

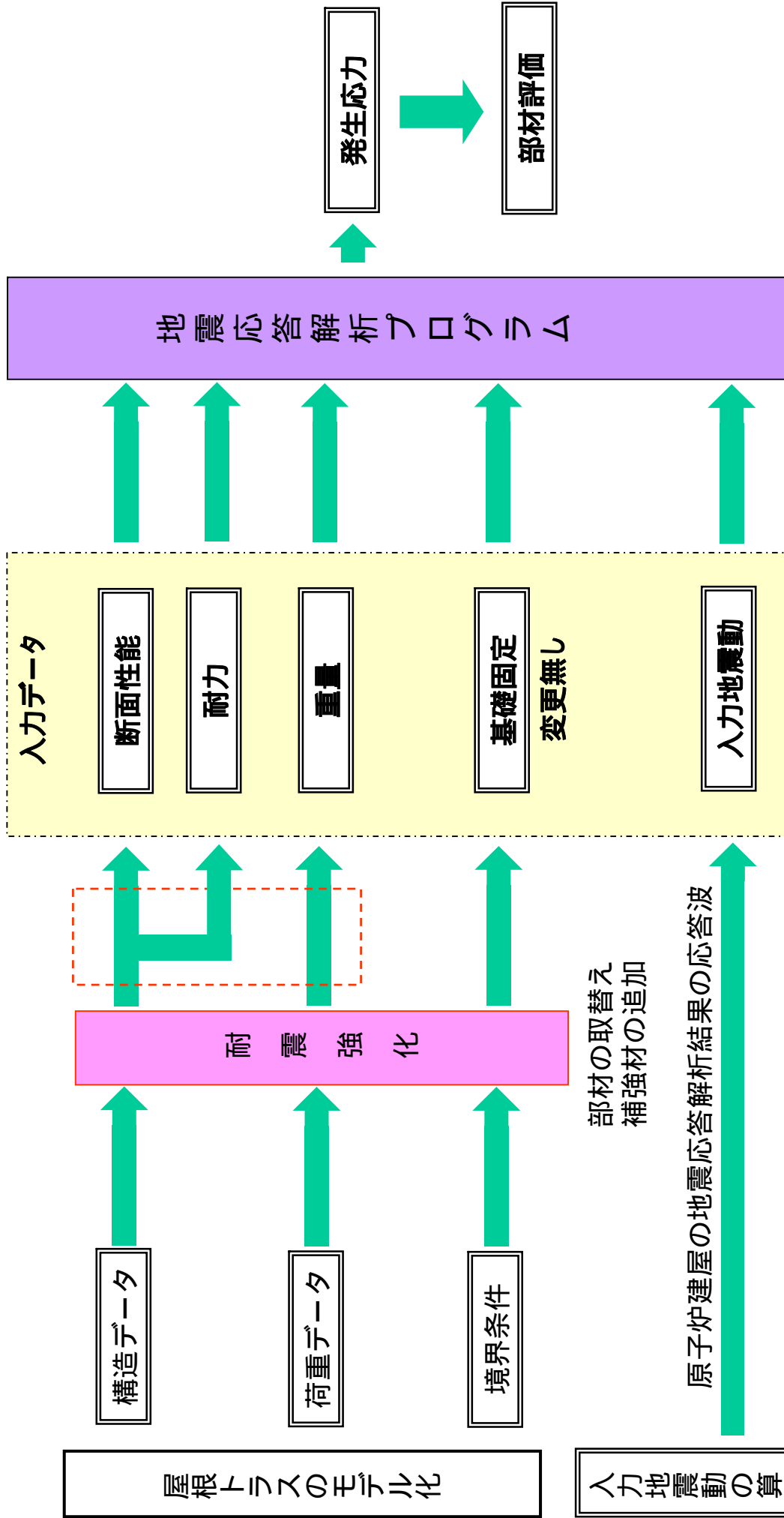
解析業務において表計算ソフトを含む入力データを作り込むプロセスの検証結果を入力根拠書の中に明記し、追跡できるようにすることを解析メーカに要求するとともに、実施方法・範囲を定めこれを確認する。

新規に行う解析や、解析条件等に変更を伴う解析の場合には、特に不適合が生じやすいことを認識して解析メーカとの打合せの場等で注意を喚起するとともに、解析メーカに受託業務実施計画書等に具体的な取り組み事項を明記させ、実施方法・範囲を定めこれを確認する。

2. 今後解析業務の品質を向上させるための対策

平成17年の許認可申請に係る解析の不適合と、平成20年の配管設計の応力評価における不備の対策は解析コードについての検証や入力データ管理の上では現在も有力な対策であり、今後も継続して取り組む。しかしながら、入力データを作り込むプロセスの検証及び表計算ソフトの組織的の管理の明確化をしていなかったことに鑑み、また、入力データ作成における表計算ソフトを使用するリスクを解析メーカと共有できなかったという反省にたち、今後解析業務に係わるヒヤリ・ハットを収集したり、良好事例を紹介したりして、不適合の発生を未然に防止することを目的として当社関連部門を含め事業者及び解析メーカで情報を共有する場を設ける。

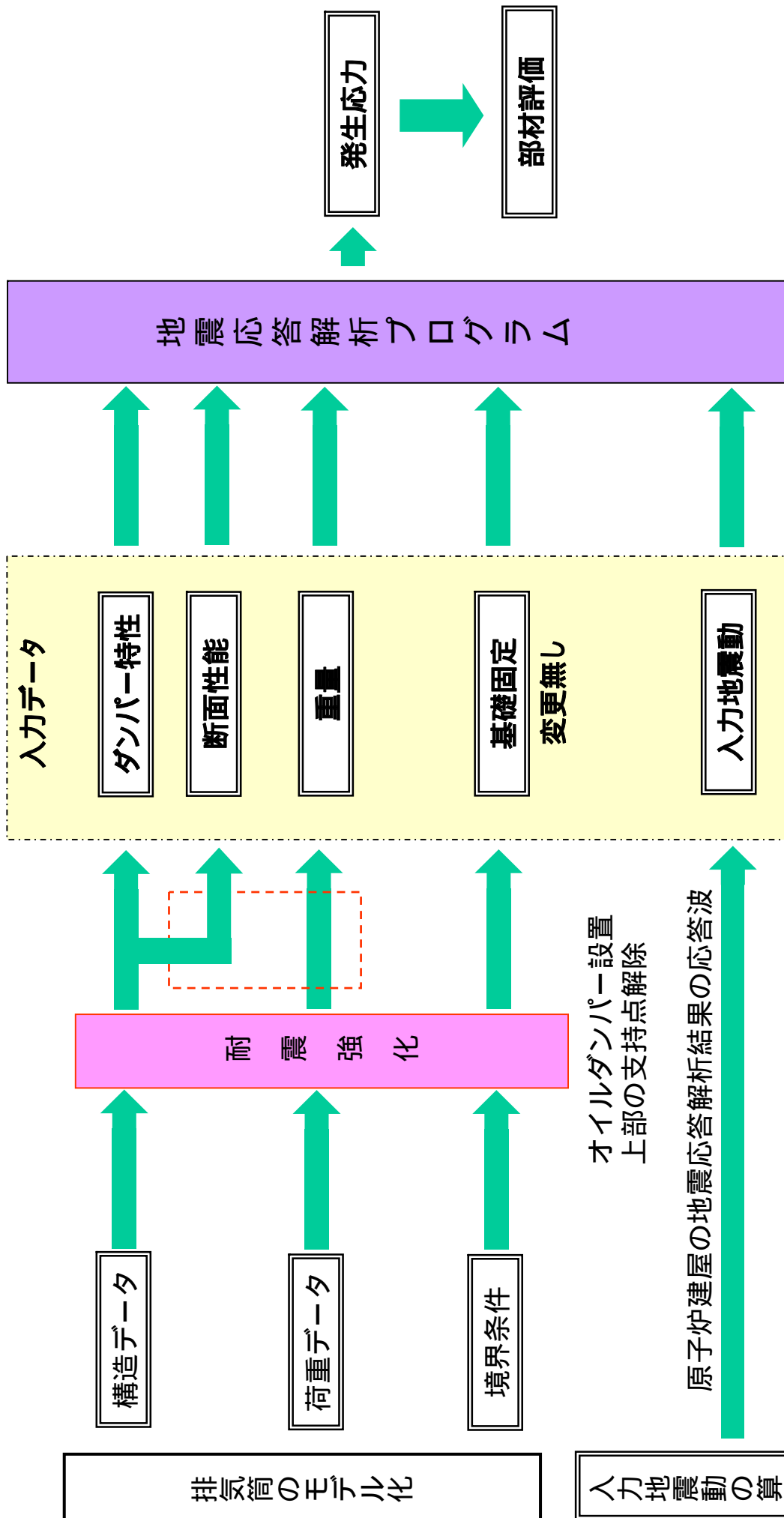
# 屋根トラスの地震応答解析フロー



< 凡例 >

- : 「解析実施状況調査」により当社が確認を実施した箇所を示す
- : 「許認可解析の検証マニュアル」に基づき妥当性が確認された解析コード
- : 表計算ソフトを用いてデータの集計を行っているが、別途検証を実施済み

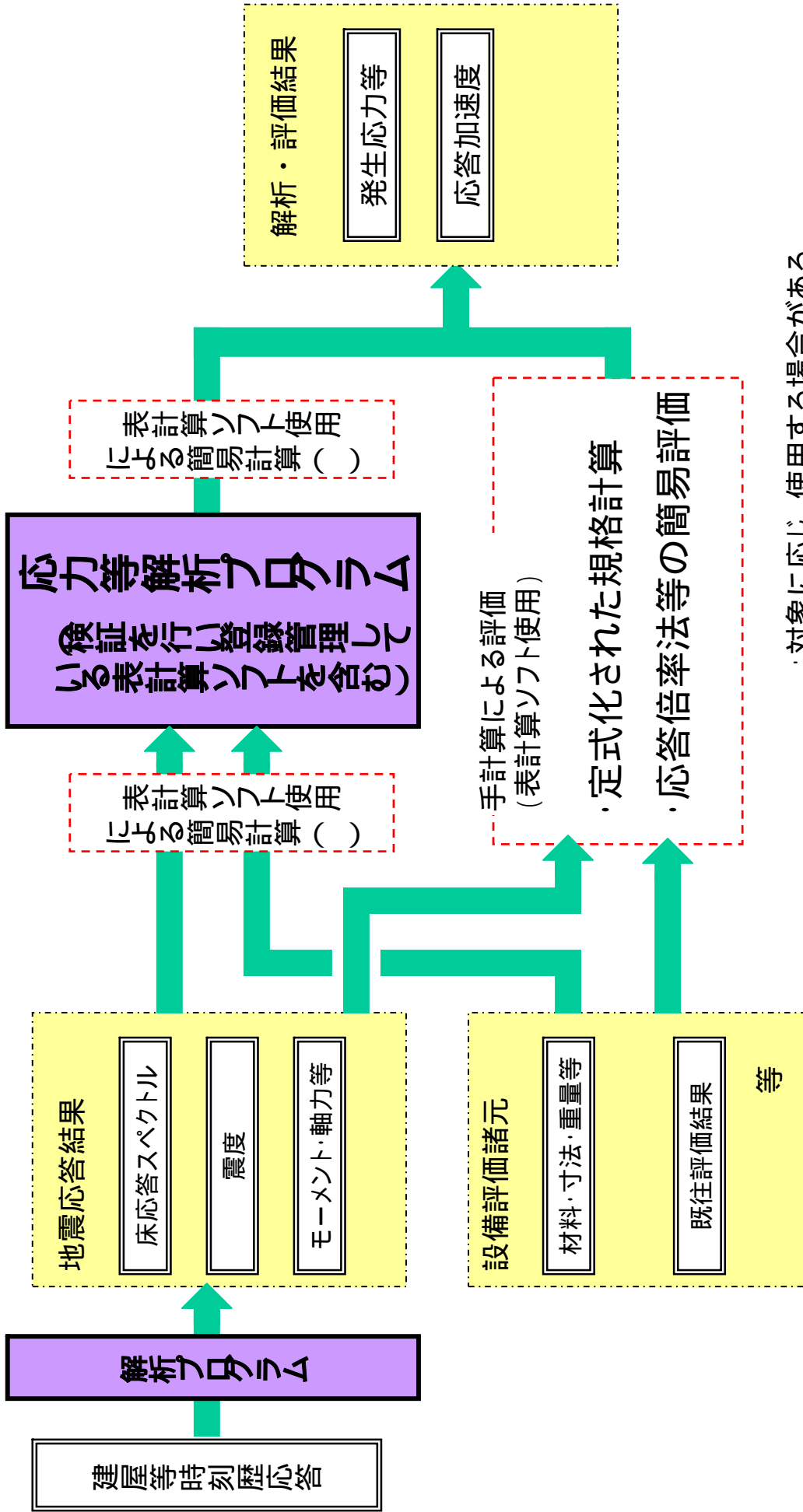
# 排気筒の地震応答解析フロー



< 凡例 >

- : 「解析実施状況調査」により当社が確認を実施した箇所を示す
- : 「許認可解析の検証マニュアル」に基づき妥当性が確認された解析コード
- : 表計算ソフトを用いてデータの集計を行っているが、別途検証を実施済み

# 設備の標準的な地震応答解析フロー (例)



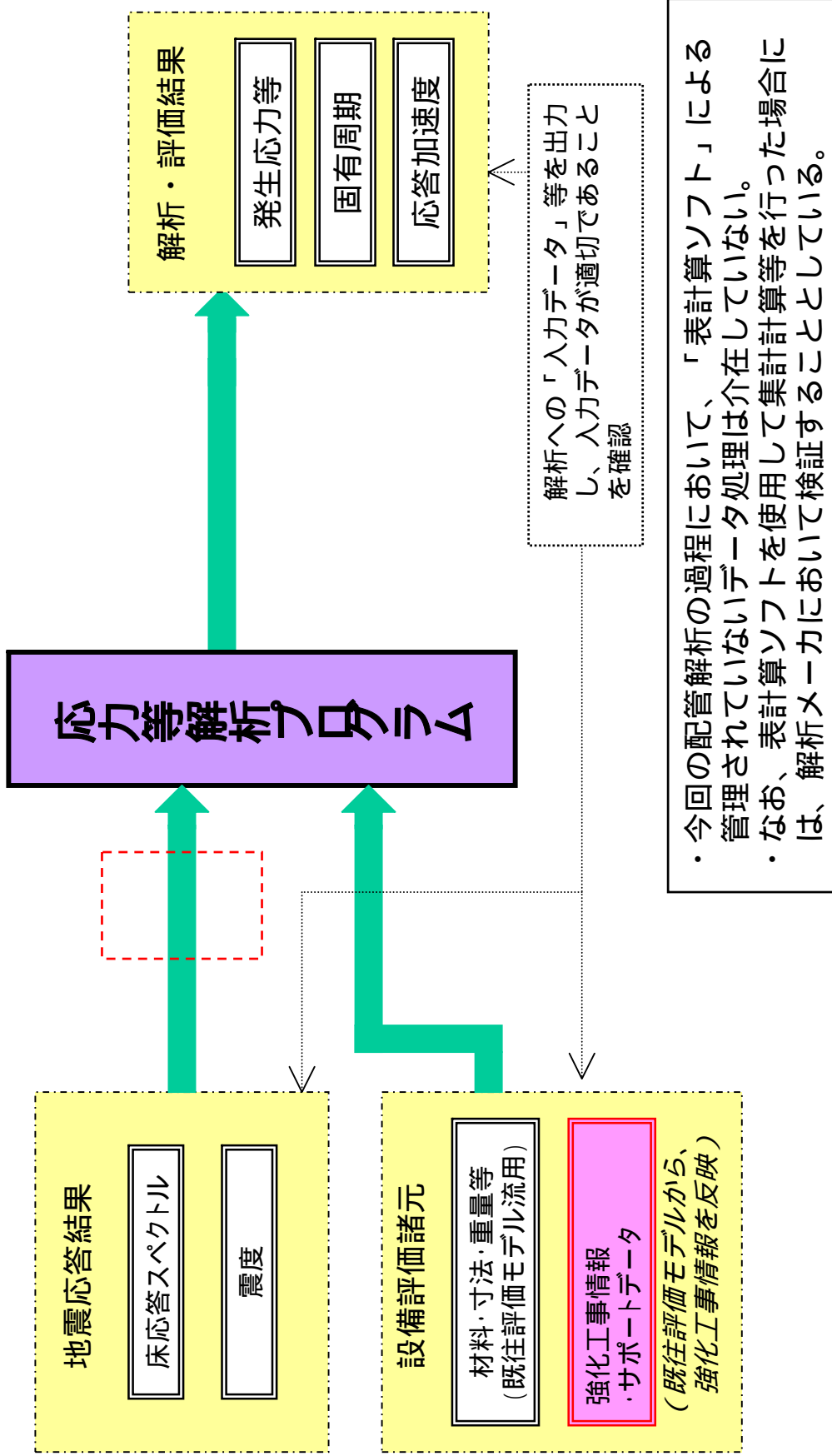
< 凡例 >

□ : 「解析実施状況調査」により当社が確認を実施した箇所を示す




■ : 「許認可解析の検証マニュアル」に基づき妥当性が確認された解析コード

□ (点線) : 表計算ソフトを用いてデータの集計を行っているが、別途検証を実施済み

# 配管系の地震応答解析フロー



< 凡例 >

-  : 「解析実施状況調査」により当社が確認を実施した箇所を示す
-  : 「許認可解析の検証マニュアル」に基づき妥当性が確認された解析コード
-  : 表計算ソフトを用いてデータの集計を行っているが、別途検証を実施済み