

**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
に関する中間報告書**

**平成 21 年 4 月 6 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について	1
3 . 3 その他の建屋への本不適合の影響について	4
3 . 4 7号機設備への本不適合の影響について	5
4 . 耐震安全性の再評価結果	6
4 . 1 タービン建屋の耐震安全性の再評価結果	6
4 . 2 タービン建屋内の設備の耐震安全性の再評価結果	6
5 . 原因究明	6
5 . 1 解析メーカーにおける調査結果	6
5 . 2 当社における調査結果	7
5 . 3 原因究明の結果	9
6 . まとめ	10

1. 件名

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機器・配管の耐震安全性の再評価結果及び原因について報告するものである。なお、再発防止対策については別途報告する。

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、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。

第一折れ点：「JEAG4601-1991」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適切に評価されていた復元力特性の第一折れ点以下であることから、建屋の健全性評価に関して影響を及ぼさない。

(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。

タービン建屋の応答が第一折れ点以下であれば結果への影響はないが、現在の報告書(改訂1)によると、部位によっては第一折れ点を超える場合があることから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を与えるものではないことから、設備の健全性評価に関しても影響は無い。

(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、前項と同様な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、タービン建屋の地震応答解析結果に影響するため、タービン建屋に設置されている耐震安全上重要な設備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、タービン建屋に設置されている設備は 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

分類		設備 ¹	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) ²	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。

3.3 その他の建屋への本不適合の影響について

本不適合は7号機のタービン建屋に関するものであるが、既に報告書提出済みの施設である7号機原子炉建屋、6号機原子炉建屋、6号機タービン建屋及び6/7号機コントロール建屋の計4建屋について、建屋の地震応答解析結果が妥当であることを以下の調査により確認した。

3.3.1 確認対象範囲の選定および確認方法

(1) 確認対象範囲の選定

既に報告書提出済みの6号機原子炉建屋、6号機タービン建屋、7号機原子炉建屋、6/7号機コントロール建屋の計4建屋についての確認。

(2) 確認方法

以下の2点についての確認を実施。

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。

各層の耐力以外を入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。

3.3.2 確認結果

以下の調査を実施し、現在の解析結果が妥当であることを確認した。

(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、処理が妥当であること。
- ・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) 各層の耐力以外を入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

- ・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。
- ・各入力データが検証された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。

3.4 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）を提出している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の調査により確認した。

3.4.1 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）に記載した全101設備を対象とした。

（2）確認方法

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）により確認した。

3.4.2 確認結果

（1）解析実施状況調査

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-3参照）。

7号機の地震応答解析においては、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解析メーカーに要求しており（5.2参照）、報告書（改訂1）の提出にあたり「解析実施状況調査」を実施して、要求とおりの対応を行っているか確認した。

「解析実施状況調査」では入力から出力にいたる地震応答解析プロセス及び結果について、当社社員が関連資料を確認した。また、ここで、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。

（2）解析プログラムに関する検証

「許認可解析の検証マニュアル」では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おり、「解析実施状況調査」において、解析メーカーが、規定に従って、

- ・ 設計上、恒常的に利用される
- ・ 他のプログラムとリンクして使用される
- ・ 多数の設計者により利用される

など管理の必要なプログラムについて、各演算機能の妥当性を検証し、社内認証することにより確実に運用していることを確認した。なお、各プログラムの内容については、既に平成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、耐震、強度評価に関わる約100の解析プログラムの妥当性について検証を終えている。

(3) その他地震応答解析プログラムの検証

上記の管理された解析プログラムその他、設計担当者が、入力作成、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当社からの要求に従い、解析作業手順書や入力根拠書に基づき管理されていることを「解析実施状況調査」において確認した。これにより、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が確認できた。

4. 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

各層の耐力を算出する際に、耐震壁に加え補助壁を適切に考慮し計算されていること、また、耐力以外の解析に用いる断面積や重量、地盤物性等のデータが適切に計算され、その各入力データが検証された解析プログラムへ正確に入力されていることを確認した上で地震応答解析を行い、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 2.0×10^{-3} (「JEAG4601-1991」に準拠)

耐震安全性の再評価結果を添付資料-4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 0.19×10^{-3} (Ss-1、NS 方向、B2F) であり、いずれも評価基準値 (2.0×10^{-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 タービン建屋内の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、設備の耐震安全性の再評価結果を添付資料-5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、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

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、応答加速度や発生応力などが出力される流れとなっている。

(添付資料 6)

(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指示した。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。またその計算式の検証を行っていなかったため、入力データ作成時に補助壁の耐力が地震応答解析プログラムへの入力値として加算されていないことに気づけなかった。(添付資料 7)
- ・ その結果、設備の耐震安全性評価に用いる建屋応答データは補助壁の耐力が考慮されていないものが算出され、そのデータを機器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

- ・ 解析担当者は復元力特性を算出するに当たり、表計算ソフトを用いているが、表の計算の作成等は解析担当者個人に委ねられており、検算等による表計算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（添付資料- 8 ）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。
- ・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、入力値の妥当性については、解析メーカが作成した入力根拠書が工事計画認可申請時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社内でチェックされていることを確認している。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。入力根拠書の数値の妥当性の確認として、入力データを表計算プログラム等で算定しているものに関しては、各々の計算式の検証を行っていたが、耐震壁と補助壁の耐力算定及びそれを加算する計算式の検証が不足していた。なお、工事計画においては、補助壁は考慮されず、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、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、入力値の妥当性につい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確認をしている。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、入力根拠書は表計算ソフトの算出結果について第三者的にたどっていける内容となっておらず、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十分な注意喚起ができていなかった。

5.3 原因究明の結果

タ - ビン建屋の地震応答解析において補助壁の耐力が足されていなかった原因を究明するために、5.1項、5.2項における調査において摘出した次の問題点に対し背後要因の分析を実施した。

- ・解析担当者は、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(案)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、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、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、当社から明確に要求していなかった。

当社として確認が不十分だったこと

当社は、安全解析コードの入力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、入力値は確認したが、入力値及び最終結果が妥当な範囲に入っており、表計算ソフトで算出した入力値に異常があるとは考えなかったという背景があり、以下のような問題があった。

)解析メーカーが、入力データを作成する為に表計算ソフトを使った場合、その変更に対して検証を行ったか否かまで、分かるようになっていなかった。

)また上記変更のあった入力データの詳細まで確認することとなっていなかった。

また当社は、解析メーカーの解析業務が適切に実施されたかどうかを確認する為、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明確にしていなかったため、この調査において本不適合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、品質向上に努める努力が足りなかった点も一つの大きな教訓である。

6. 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る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根本的な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、タービン建屋および設備の耐震安全性が確保されていることを確認した。

また、7号機原子炉建屋、6号機原子炉建屋、6号機タービン建屋及び6/7号機コントロール建屋の計4建屋について、建屋の地震応答解析結果が妥当であることを確認した。

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 S_s を想定した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。
なお、再発防止対策については別途報告する。

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 設備の標準的な解析フロー
- 添付資料 - 4 タービン建屋の耐震安全性の再評価結果
- 添付資料 - 5 設備の耐震安全性再評価結果
- 添付資料 - 6 建屋の地震応答解析フロー
- 添付資料 - 7 表計算ソフトの計算式
- 添付資料 - 8 解析実施状況調査チェックシート
- 添付資料 - 9 背後要因図（案）

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

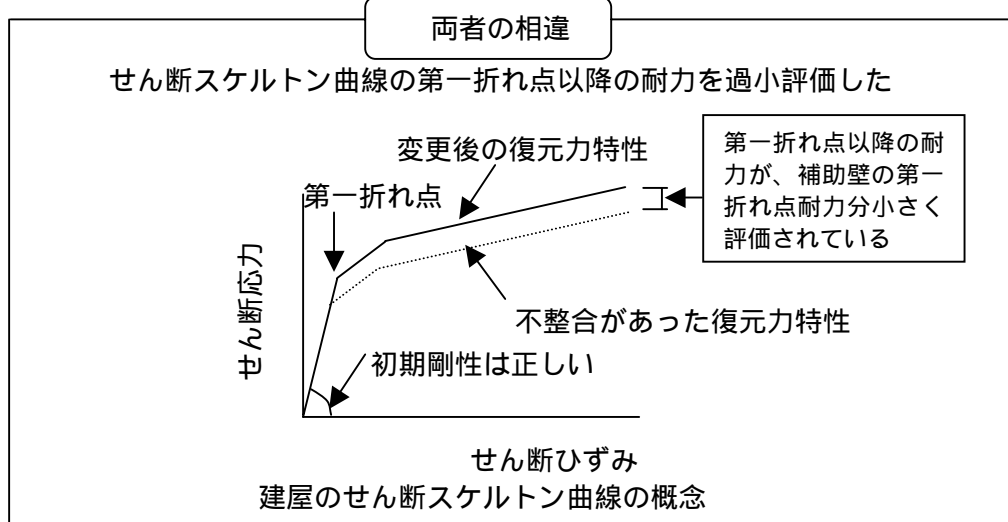
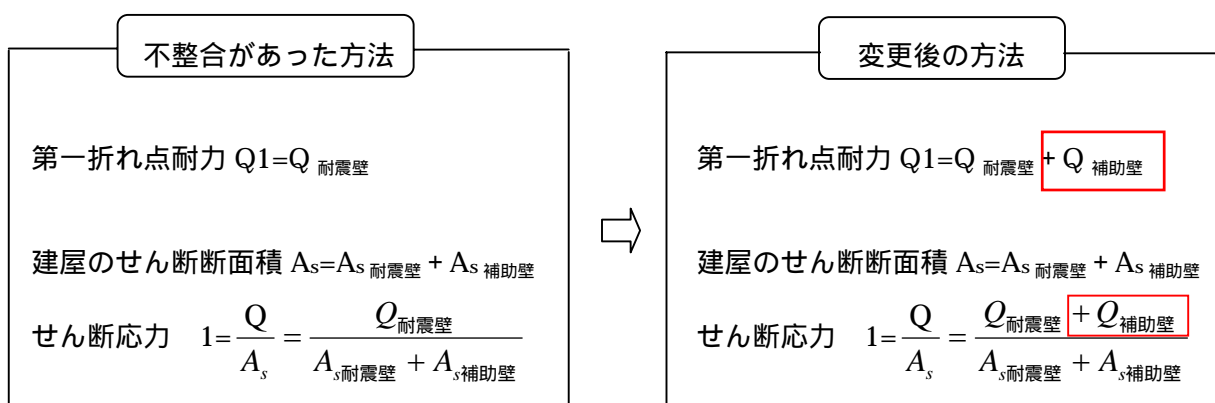
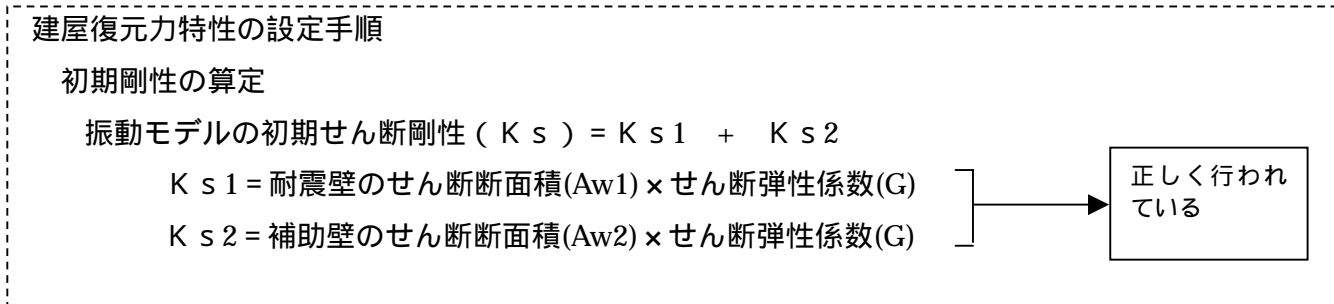


図-1 建屋復元力特性の算定時における見直しの状況



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 (1 / 3)



地下中 2 階 (T.M.S.L.-1.1m)



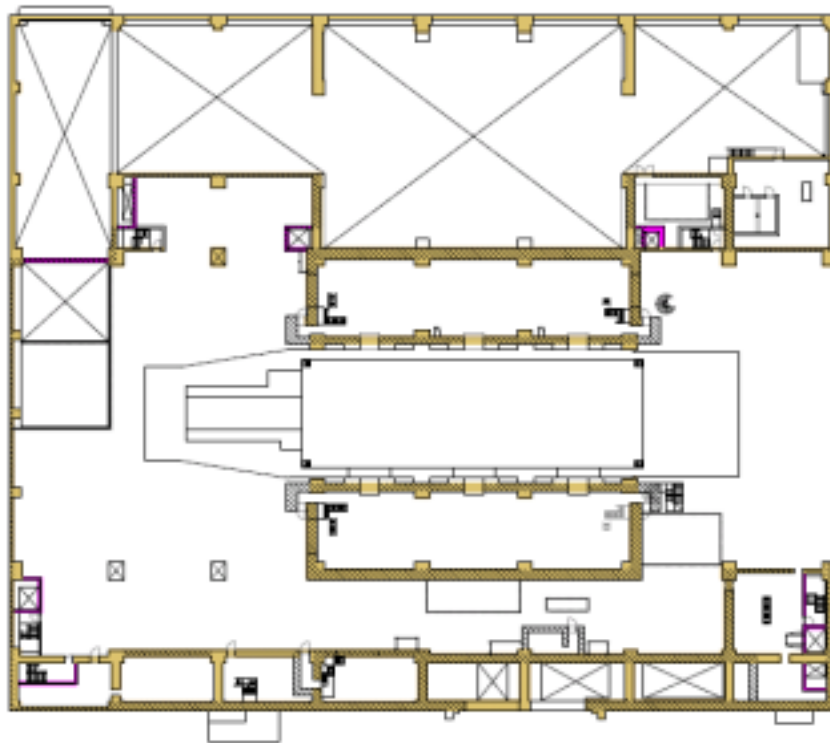
地下 1 階 (T.M.S.L. 4.9m)

- 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 (2 / 3)



1階 (T.M.S.L. 12.3m)



2階 (T.M.S.L. 20.4m)

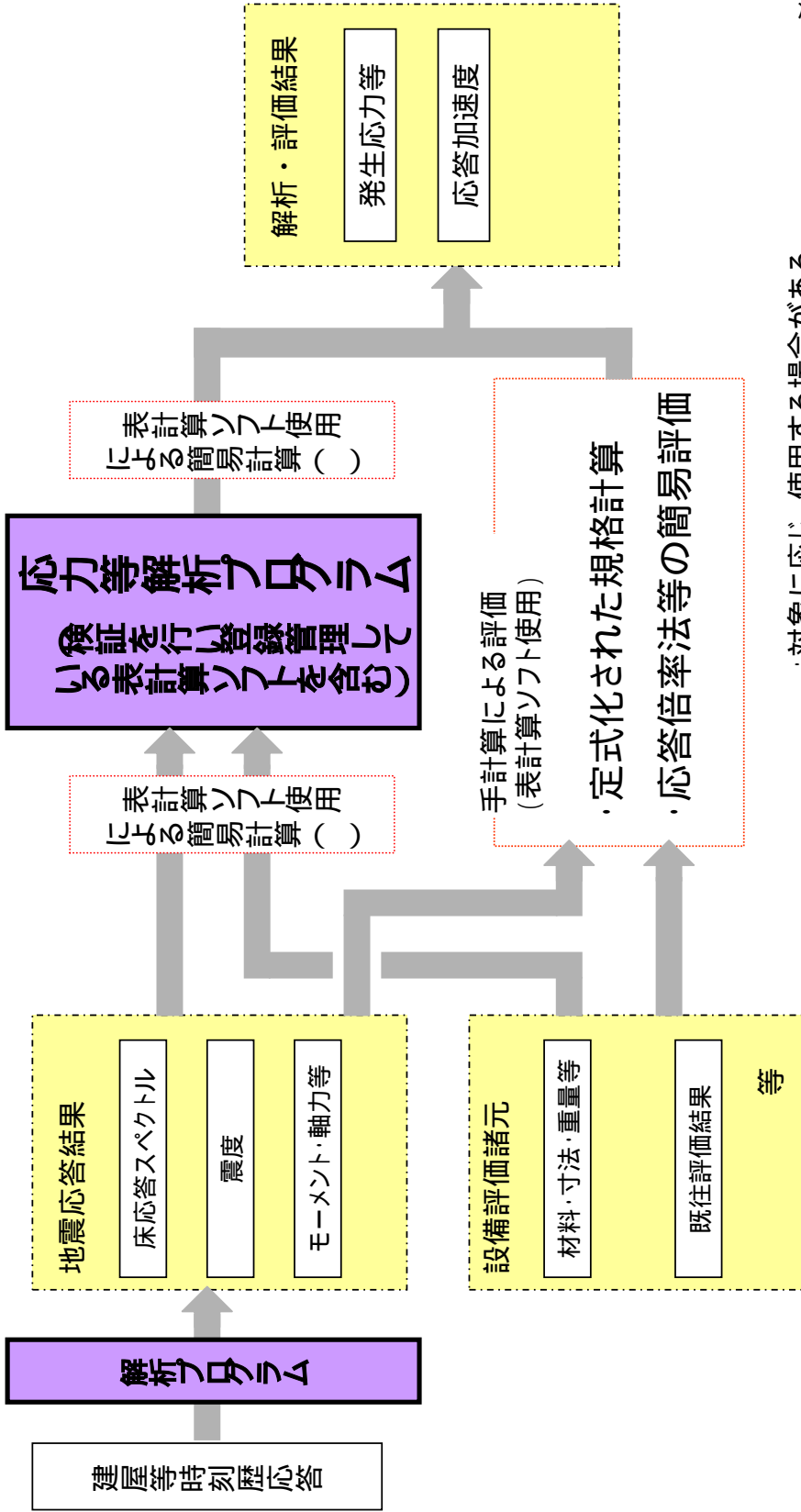
耐震壁として剛性を評価する範囲(設計時と同じ)

 補助壁として剛性を評価する範囲

 遮蔽壁

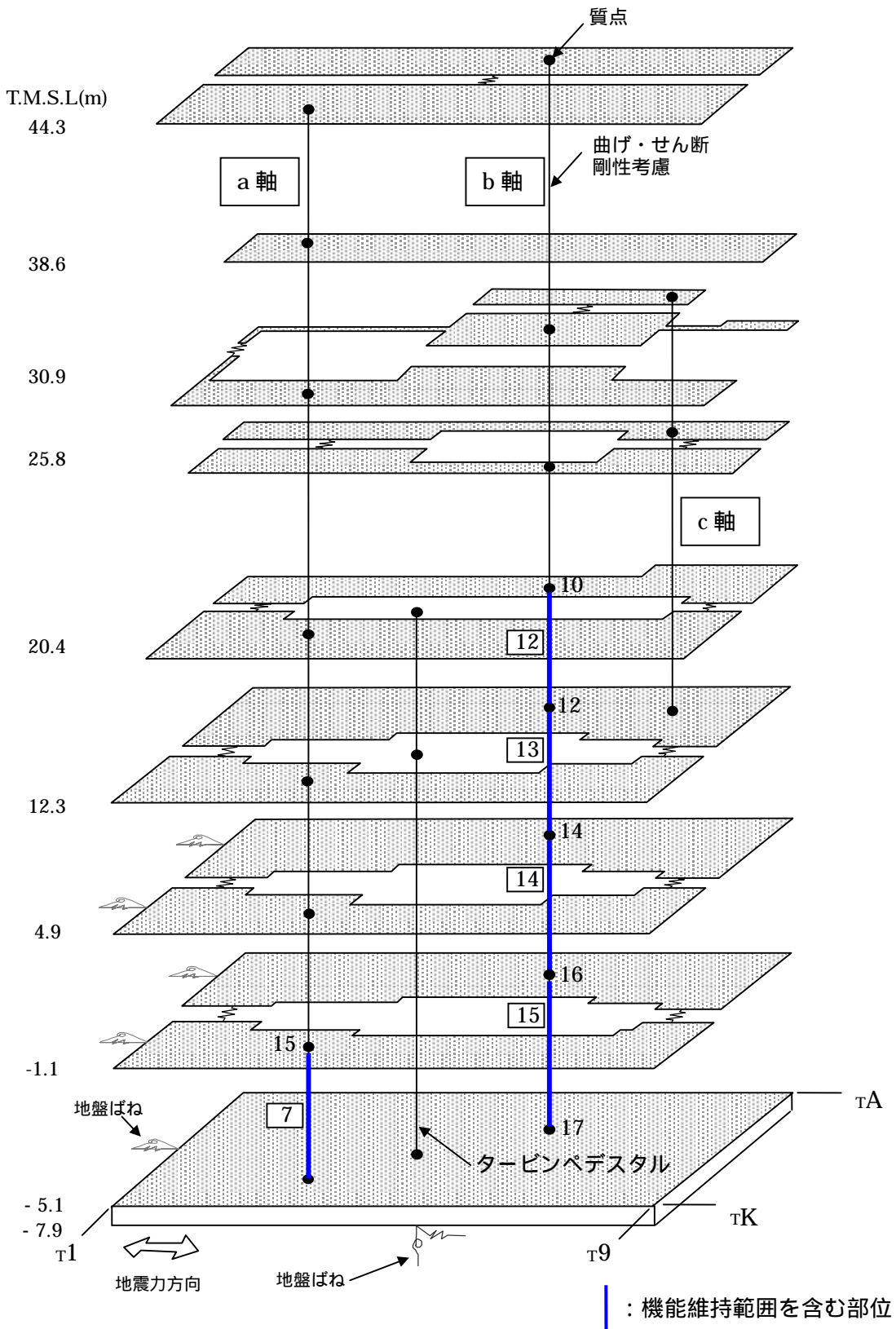
耐震壁と補助壁の配置状況 (3 / 3)

設備の標準的な解析フロー (例)



:対象に応じ、使用する場合があります。

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



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、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)

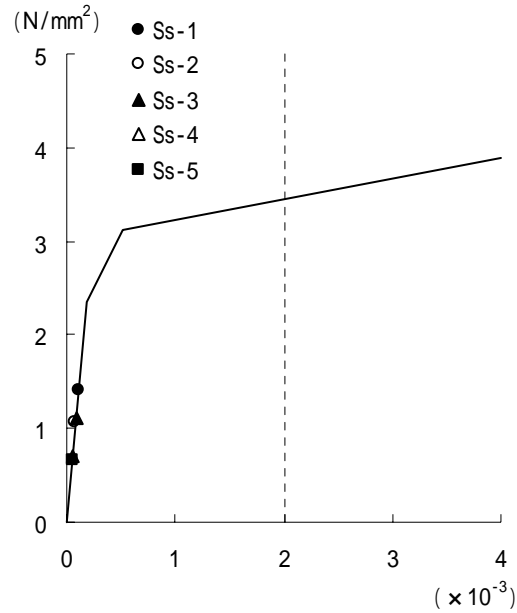


図-1 部材 No.12 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.12.3m ~ 20.4m)

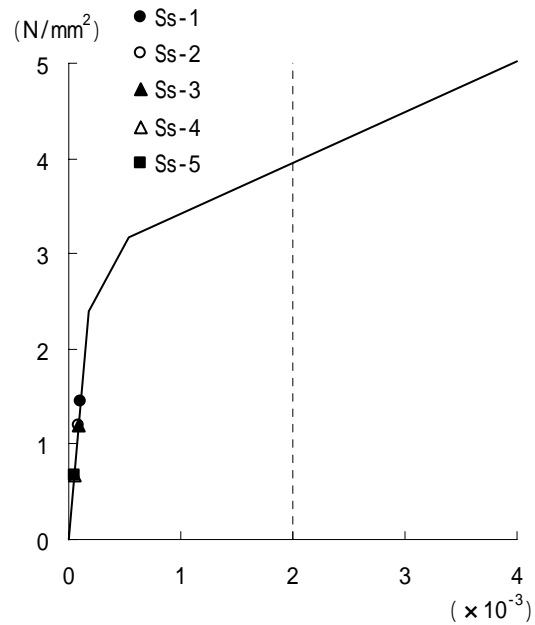


図-2 部材 No.13 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.4.9m ~ 12.3m)

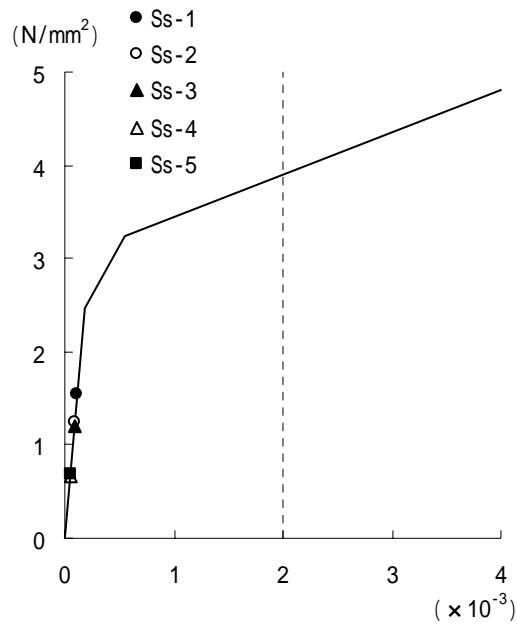


図-3 部材 No.14 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-1.1m ~ 4.9m)

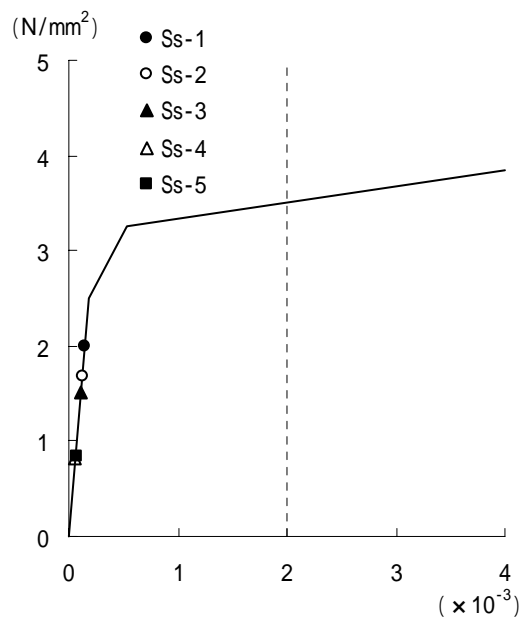


図-4 部材 No.15 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-5.1m ~ -1.1m)

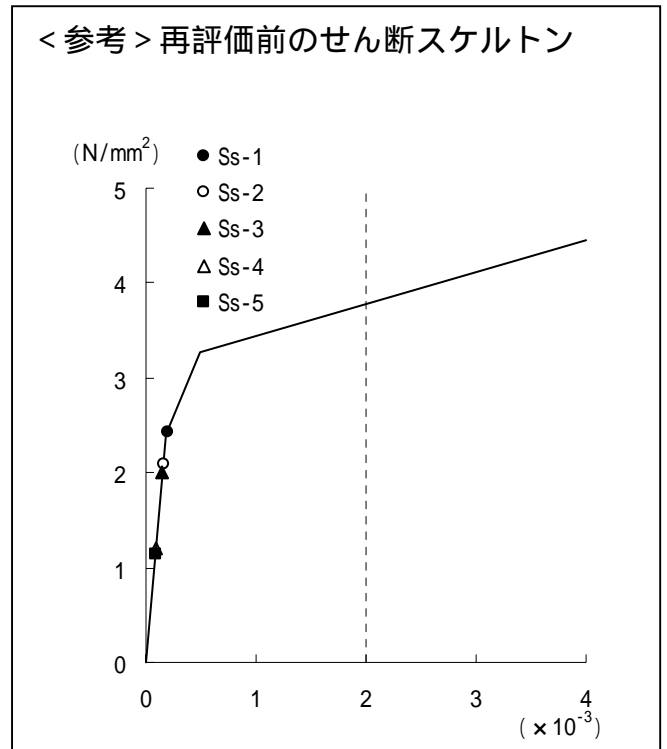
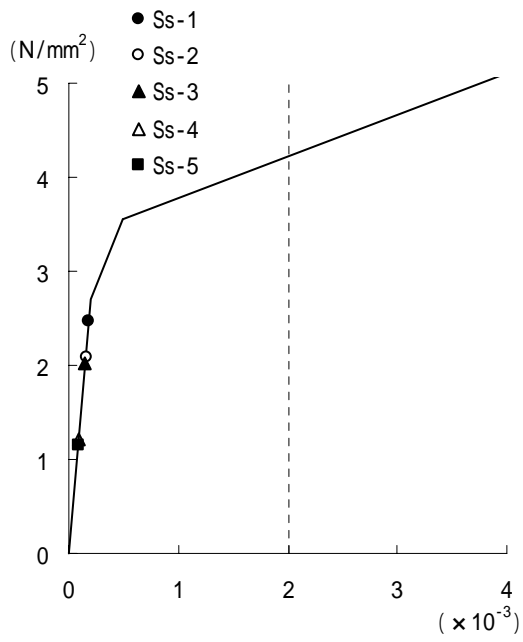
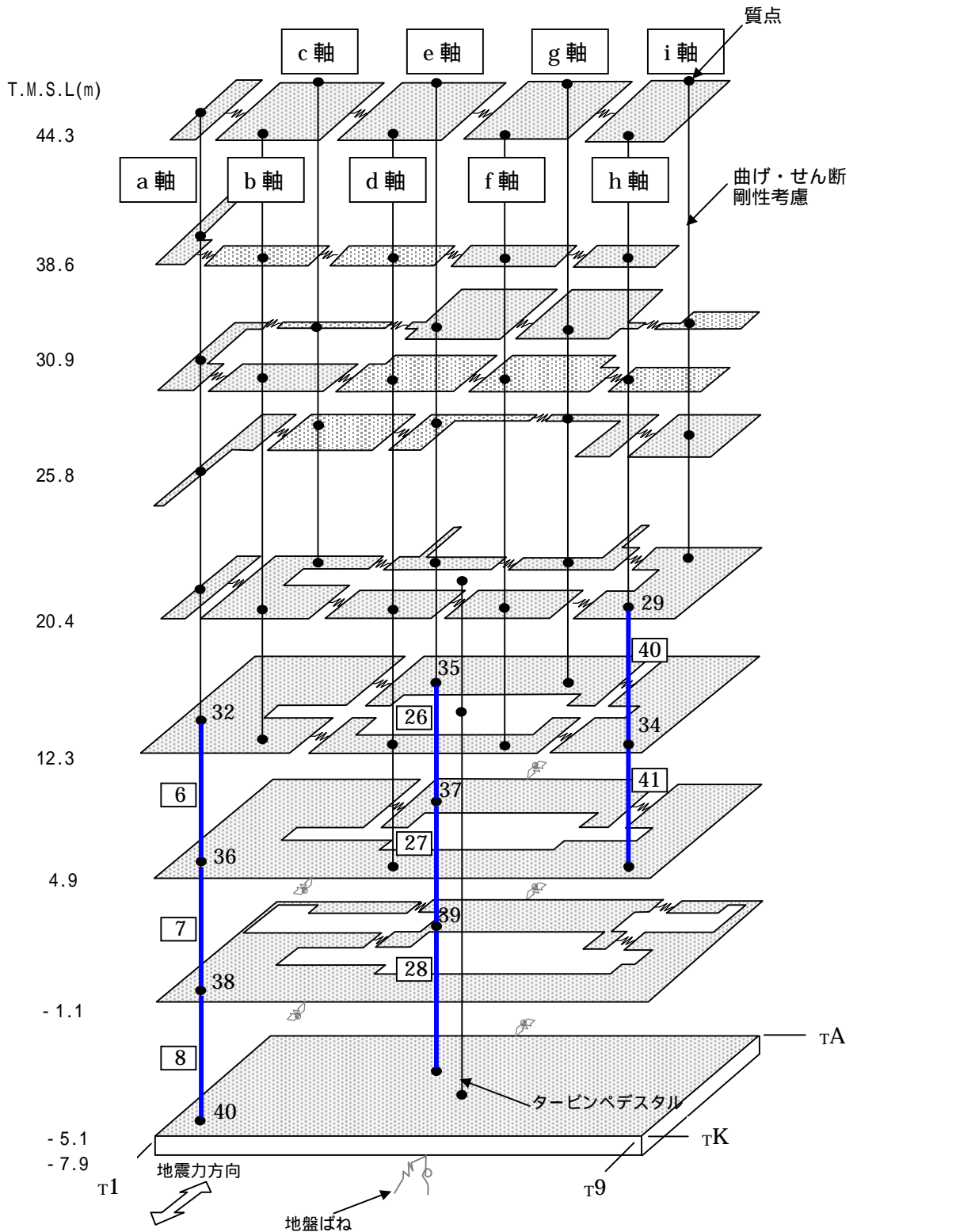


図-5 部材 No.7 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-5.1m ~ -1.1m)

EW 方向 解析モデル



：機能維持範囲を含む部位

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、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)

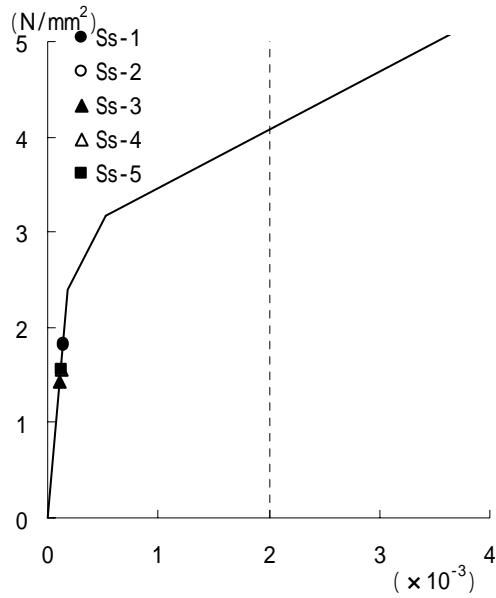


図-6 部材 No.40 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.12.3m ~ 20.4m)

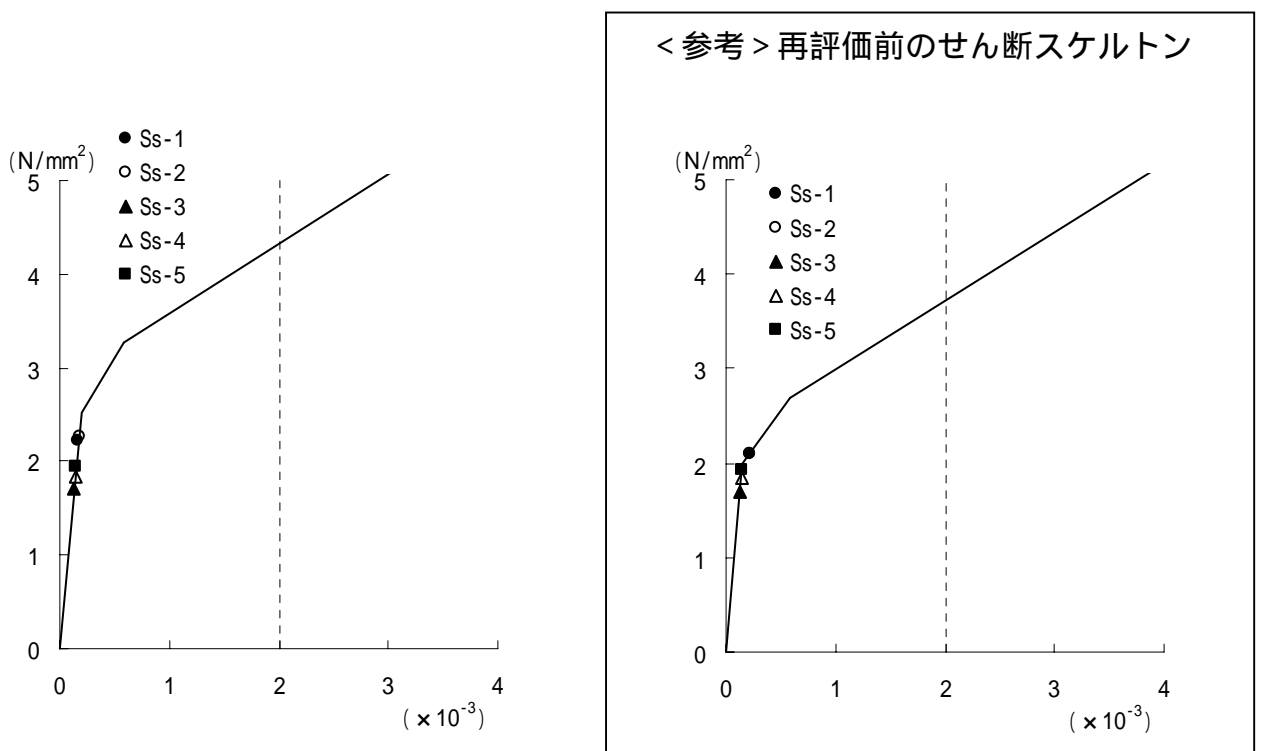


図-7 部材 No.41 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.4.9m ~ 12.3m)

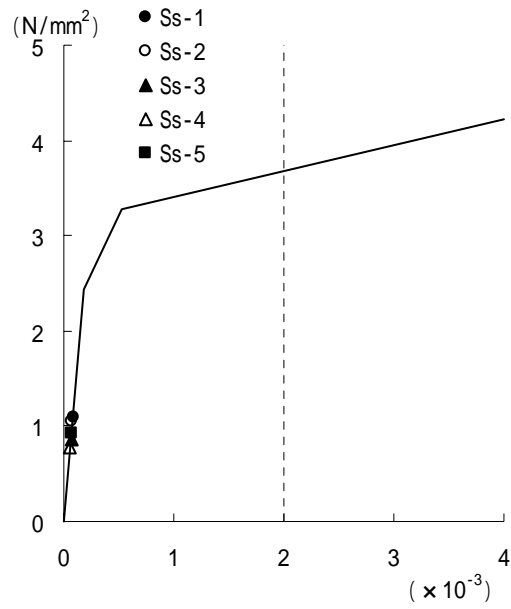


図-8 部材 No.26 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.4.9m ~ 12.3m)

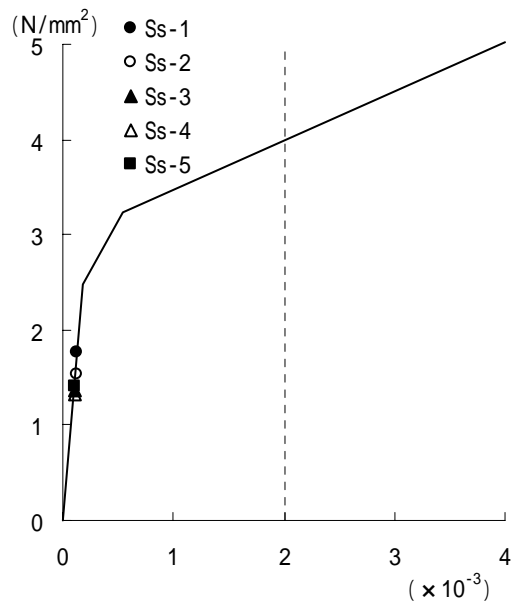


図-9 部材 No.6 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.4.9m ~ 12.3m)

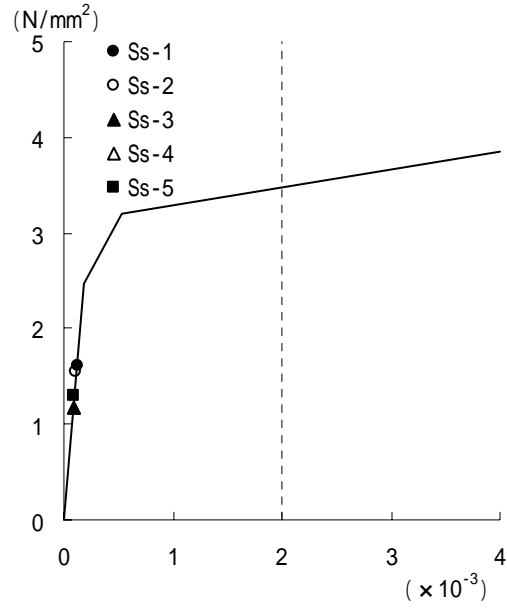


図-10 部材 No.27 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-1.1m ~ 4.9m)

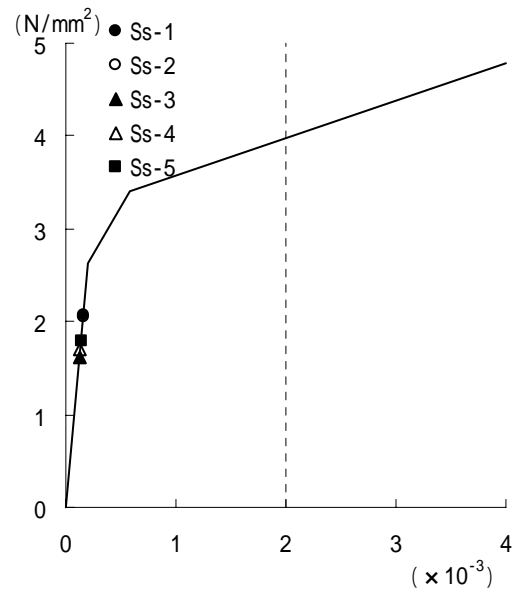


図-11 部材 No.7 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-1.1m ~ 4.9m)

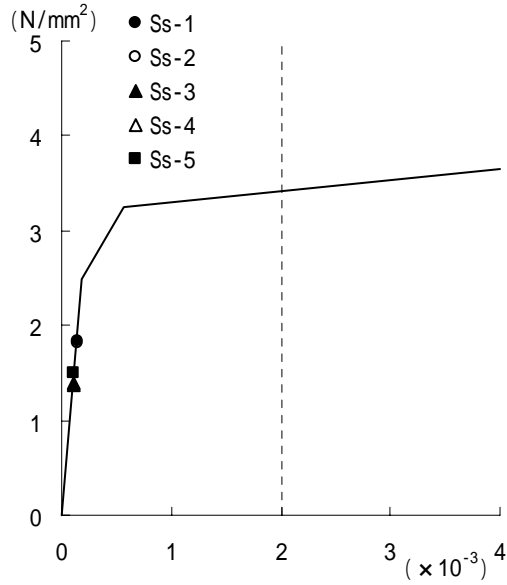


図-12 部材 No.28 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-5.1m ~ -1.1m)

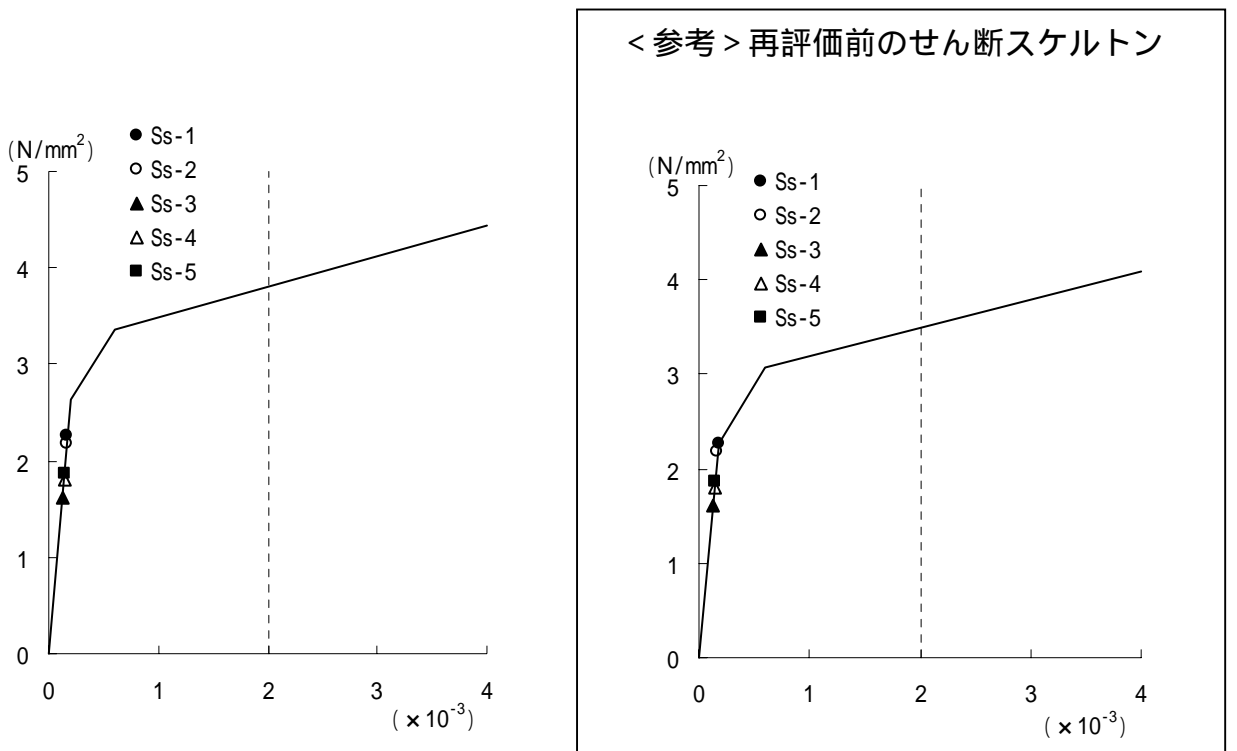


図-13 部材 No.8 のせん断スケルトン上の応答値 (T.M.S.L.-5.1m ~ -1.1m)

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	備考
					1 MPa	2 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ーナ	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 ²
	加速度 確認部位	水平加速度 (G ¹)		上下加速度 (G ¹)		
		応答 加速度 ³	機能確認済 加速度	応答 加速度 ³	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）

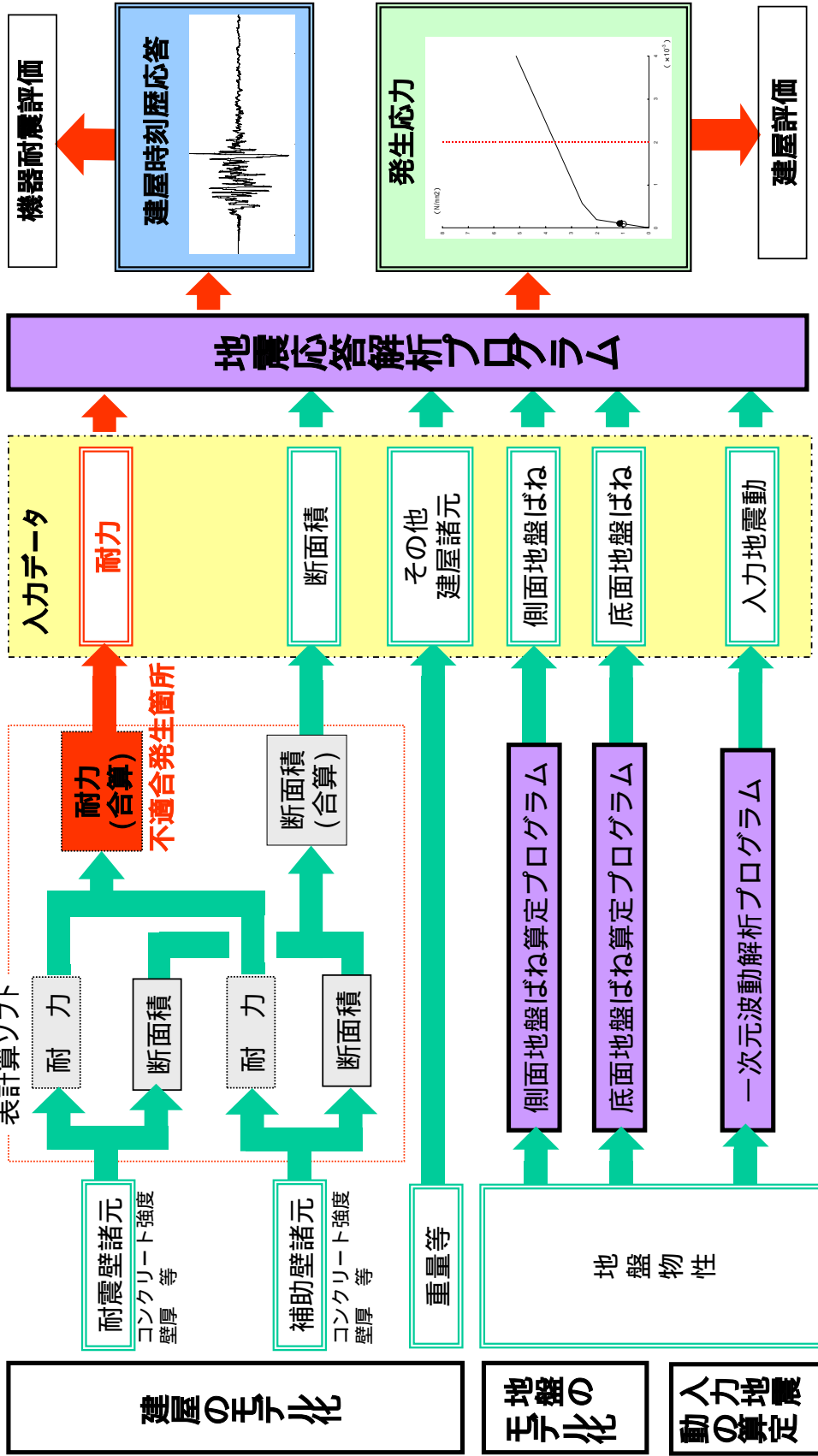
評価対象設備	機能確認済加速度との比較					詳細評価 ²	
	加速度 確認部位	水平加速度 (G ¹)		上下加速度 (G ¹)			
		応答 加速度 ³	機能確認済 加速度	応答 加速度 ³	機能確認済 加速度		
弁	残留熱除去系 (RHR 注入弁 (A))	弁駆動部	4.0	6.0	1.0	6.0	-
			5.2		1.0		
	給水系 (FDW 原子炉給水ライン 外側隔離弁 (A))	弁駆動部	1.5	6.0	1.0	6.0	-
			1.5		1.0		
	原子炉補機冷却水系 (RCW ポンプ (A) 吐出逆止弁)	弁駆動部	1.1	6.0	1.0	6.0	-
			1.2		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/s²)

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」に基づき妥当性を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]

Q	γ ₀	Q1	γ ₁	Q2	γ ₂	Q3	γ ₀
0		1.665E+07	1.749E-04	2.248E+07	5.247E-04	3.0.E+07	4.000E-03
0		2.254E+07	1.800E-04	3.043E+07	5.401E-04	4.3.E+07	4.000E-03
0		7.470E+07	1.828E-04	1.008E+08	5.489E-04	8.7.E+07	4.000E-03
0		9.147E+07	1.883E-04	1.235E+08	5.650E-04	1.0.E+08	4.000E-03
0		4.896E+07	1.714E-04	6.610E+07	5.143E-04	7.4.E+07	4.000E-03

耐震壁の第一折れ点の耐力の合計 ..A [BO181]

補助壁の第一折れ点の耐力 ..B [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)

γ 1	γ 2	γ 3
Q1	Q2	Q3
2.543E+08	3.438E+08	3.347E+08

補助壁の断面積 ..C

A	B	C	D	E
	壁厚 m	壁長さ m	せん断断面積m ²	
30			12.13	
31	TC~TDの合計		12.13	
32	T2~T3	0.3	10.4	3.12
33	T3~T4①	0.3	8.45	2.54
34	T3~T4②	0.3	4	1.20
35	T7~T8①	0.3	2.6	0.78
36	T7~T8②	0.7	2.6	1.82
37	T7~T8③	0.3	6.3	1.89
38	T8~T9	0.3	2.6	0.78
39	TD~TEの合計		9.18	
40	T3~T4①	1.4	5.4	7.56
41	T3~T4②	0.3	5.4	1.62
42	間仕切り壁のせん断断面積の合計は			
43	合計 m ²	21.31	m ²	
44	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			
45			12.9	m ²

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	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等のデータ管理等)	・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 ・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 ・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		

背後要因図(案)

