

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

| | |
|-------------------------|-----------------|
| 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | KK7補足-024-3 改11 |
| 提出年月日 | 2020年7月22日 |

下位クラス施設の波及的影響の検討について

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

| | |
|--------------------------------|-----|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 波及的影響に関する評価方針 | 2 |
| 2.1 基本方針 | 2 |
| 2.2 下位クラス施設の抽出方法 | 4 |
| 2.3 影響評価方法 | 4 |
| 2.4 プラント運転状態による評価対象の考え方 | 4 |
| 3. 事象検討 | 6 |
| 3.1 別記 2 に記載された事項に基づく事象検討 | 6 |
| 3.2 地震被害事例に基づく事象の検討 | 7 |
| 3.2.1 被害事例とその要因の整理 | 7 |
| 3.2.2 追加考慮すべき事象の検討 | 7 |
| 3.3 津波、火災、溢水による影響評価 | 9 |
| 3.4 周辺斜面の崩壊による影響評価 | 9 |
| 4. 上位クラス施設の確認 | 10 |
| 5. 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法 | 22 |
| 5.1 相対変位又は不等沈下による影響 | 22 |
| 5.2 接続部における相互影響 | 26 |
| 5.3 建屋内における損傷、転倒及び落下等による影響 | 34 |
| 5.4 建屋外における損傷、転倒及び落下等による影響 | 36 |
| 6. 下位クラス施設の検討結果 | 38 |
| 6.1 相対変位又は不等沈下による影響検討結果 | 38 |
| 6.1.1 抽出手順 | 38 |
| 6.1.2 下位クラス施設の抽出結果 | 38 |
| 6.1.3 影響評価結果 | 38 |
| 6.2 接続部における相互影響検討結果 | 49 |
| 6.2.1 抽出手順 | 49 |
| 6.2.2 接続部の抽出及び影響評価対象の選定結果 | 49 |
| 6.2.3 影響評価結果 | 49 |
| 6.3 建屋内における損傷、転倒及び落下等による影響検討結果 | 85 |
| 6.3.1 抽出手順 | 85 |
| 6.3.2 下位クラス施設の抽出結果 | 85 |
| 6.3.3 影響評価結果 | 85 |
| 6.4 建屋外における損傷、転倒及び落下等による影響検討結果 | 144 |
| 6.4.1 抽出手順 | 144 |
| 6.4.2 下位クラス施設の抽出結果 | 144 |
| 6.4.3 影響評価結果 | 144 |

添 付 資 料

- 添付資料 1-1 波及的影響評価に係る現地調査の実施要領
 - 添付資料 1-2 波及的影響評価に係る現地調査記録
 - 添付資料 2 海水ポンプ用天井クレーンの上位クラス施設への波及的影響評価について
 - 添付資料 3-1 原子力発電所における地震被害事例の要因整理
 - 添付資料 3-2 福島第二原子力発電所における地震被害事例の要因整理
 - 添付資料 4 周辺斜面の崩落等による施設への影響について
 - 添付資料 5 上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の支持地盤について
 - 添付資料 6 設置予定施設に対する波及的影響評価手法について
 - 添付資料 7 5号機主排気筒の波及的影響について
 - 添付資料 8 5号機タービン建屋の波及的影響について
 - 添付資料 9 緊急時対策所に対する周辺建屋の波及的影響について
 - 添付資料 10 下位クラス施設の損傷等による機械的荷重の影響について
 - 添付資料 11 制御棒貯蔵ハンガ及びびチャンネル着脱機の波及的影響について
 - 添付資料 12 6号機のSクラス施設等及び重要SA施設からの波及的影響について
-
- 参考資料 1-1 上位クラス電路に対する下位クラス施設からの波及的影響の検討について
 - 参考資料 1-2 上位クラス計装配管に対する下位クラス施設からの波及的影響（損傷・転倒・落下）の検討について
 - 参考資料 2 上位クラス施設と隔離されずに接続する下位クラスベント配管の閉塞影響について
 - 参考資料 3 設置変更許可時からの相違点について
 - 参考資料 4 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の抽出における先行BWRプラントとの差異について

今回提出範囲

1. 概要

柏崎刈羽原子力発電所7号機の設計基準対象施設のうち耐震重要度分類のSクラスに属する施設、その間接支持構造物及び屋外重要土木構造物（以下「Sクラス施設等」という。）が下位クラス施設の波及的影響によって、その安全機能を損なわないことについて、また、柏崎刈羽原子力発電所7号機の重大事故等対処施設のうち常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）並びにこれらが設置される常設重大事故等対処施設（以下「重要SA施設」という。）が、下位クラス施設の波及的影響によって、重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないことについて、設計図書類を用いた机上検討及び現地調査（プラントウォークダウン）による敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、評価を実施する。

ここで、Sクラス施設等と重要SA施設を合わせて「上位クラス施設」と定義し、Sクラス施設等の安全機能と重要SA施設の重大事故等に対処するために必要な機能を合わせて「上位クラス施設の有する機能」と定義する。また、上位クラス施設に対する波及的影響の検討対象とする「下位クラス施設」とは、上位クラス施設以外の発電所内にある施設（資機材等含む）をいう。

なお、7号機の工事計画認可申請対象ではない6号機のSクラス施設等及び重要SA施設については、添付資料12に示す通り、7号機の上位クラス施設と耐震設計方針が同一であること及び構造計画に類似性があること等により、波及的影響の設計対象としない。

4. 上位クラス施設の確認

波及的影響評価を実施するに当たって、防護対象となる上位クラス施設は以下のとおりとする。

- (1) 設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類のSクラスに属する施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む。）
- (2) (1)の間接支持構造物である建物・構築物
- (3) 屋外重要土木構造物
- (4) 重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備，常設重大事故緩和設備，常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がSクラスのもの）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）
- (5) (4)が設置される常設重大事故等対処施設（間接支持構造物である建物・構築物）

なお，(2)及び(5)に示した建物・構築物においては，基準地震動 S_s により生じる地震力に対して，必要な機能が維持されることについて，工事計画認可申請書に計算書を添付する。

建屋外の上位クラス施設一覧を表4-1-1，表4-1-2に建屋内の上位クラス施設一覧を表4-2-1，表4-2-2に示す。表中では，原子炉建屋をR/B，タービン建屋をT/B，コントロール建屋をC/B，及び廃棄物処理建屋をRw/Bと表記する。

表 4-2-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設一覽表(4/8)

| 整理番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置建屋 | 配置図番号* |
|---------|----------------------------|--------------|------|--------|
| K7-V001 | 主蒸気逃がし安全弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 4 |
| K7-V002 | 主蒸気内側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V003 | 主蒸気外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V004 | 主蒸気ドレンライン内側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V005 | 主蒸気ドレンライン外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V006 | 原子炉給水ライン外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V007 | 原子炉給水ライン内側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V008 | 原子炉給水ライン逆止弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V009 | スクラム弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 1 |
| K7-V010 | ほう酸水注入系原子炉格納容器外側逆止弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V011 | ほう酸水注入系原子炉格納容器内側逆止弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V012 | 残留熱除去系ポンプサプレッションプール水吸込隔離弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V013 | 残留熱除去系ポンプ吐出逆止弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V014 | 残留熱除去系熱交換器出口弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V015 | 残留熱除去系注入弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V016 | 残留熱除去系低圧注水試験可能逆止弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V017 | | Sクラス | R/B | 2 |
| K7-V018 | 残留熱除去系停止時冷却内側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V019 | 残留熱除去系停止時冷却外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V020 | 残留熱除去系ポンプ炉水吸込弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V021 | 残留熱除去系熱交換器バイパス弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V022 | 残留熱除去系燃料プール側第一出口弁 | Sクラス | R/B | 3 |
| K7-V023 | 残留熱除去系燃料プール側第二出口弁 | Sクラス | R/B | 5 |
| K7-V024 | 残留熱除去系格納容器冷却流量調節弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V025 | 残留熱除去系格納容器冷却ライン隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V026 | 残留熱除去系サプレッションプールのスプレイ注入隔離弁 | Sクラス | R/B | 3 |
| K7-V027 | 残留熱除去系ポンプ最小流量ライン逆止弁 | Sクラス | R/B | 1, 2 |
| K7-V028 | | Sクラス | R/B | 2 |
| K7-V029 | 残留熱除去系サプレッションプール排水系第一止め弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V030 | 高圧炉心注水系復水貯蔵槽側吸込弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V031 | 高圧炉心注水系復水貯蔵槽側吸込試験可能逆止弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V032 | 高圧炉心注水系注入隔離弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 4 |
| K7-V033 | 高圧炉心注水系試験可能逆止弁 | Sクラス | R/B | 4 |

| 整理番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置建屋 | 配置図番号* |
|---------|---------------------------------|--------------|------|--------|
| K7-V034 | 高圧炉心注水系サプレッションプール側吸込隔離弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V035 | 高圧炉心注水系サプレッションプール側吸込逆止弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V036 | 高圧炉心注水系最小流量バイパス弁 | Sクラス | R/B | 2 |
| K7-V037 | 原子炉隔離時冷却系復水貯蔵槽側吸込弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V038 | 原子炉隔離時冷却系復水貯蔵槽側吸込試験可能逆止弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V039 | 原子炉隔離時冷却系注入逆止弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V040 | | Sクラス SA施設 | R/B | 3 |
| K7-V041 | 原子炉隔離時冷却系試験可能逆止弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V042 | 原子炉隔離時冷却系サプレッションプール側吸込隔離弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V043 | 原子炉隔離時冷却系サプレッションプール側吸込逆止弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V044 | | Sクラス | R/B | 2 |
| K7-V045 | 原子炉隔離時冷却系冷却水ライン止め弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 1 |
| K7-V046 | 原子炉隔離時冷却系冷却水ライン圧力制御弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V047 | 原子炉隔離時冷却系復水ポンプ吐出一次逆止弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V048 | 原子炉隔離時冷却系復水ポンプ吐出二次逆止弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V049 | 原子炉隔離時冷却系蒸気ライン内側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V050 | | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V051 | 原子炉隔離時冷却系タービン止め弁 | Sクラス | R/B | 1 |
| K7-V052 | 原子炉隔離時冷却系タービン排気ライン逆止弁 | Sクラス | R/B | 3 |
| K7-V053 | | Sクラス | R/B | 3 |
| K7-V054 | 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ吐出ライン逆止弁 | Sクラス | R/B | 2 |
| K7-V055 | | Sクラス | R/B | 2 |
| K7-V056 | 原子炉隔離時冷却系タービン排気ライン1次真空破壊弁 | Sクラス | R/B | 3 |
| K7-V057 | 原子炉隔離時冷却系タービン排気ライン2次真空破壊弁 | Sクラス | R/B | 3 |
| K7-V058 | 原子炉冷却材浄化系吸込ライン内側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V059 | 原子炉冷却材浄化系吸込ライン外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V060 | 原子炉冷却材浄化系原子炉压力容器ヘッドスプレイ隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V061 | 原子炉冷却材浄化系原子炉压力容器ヘッドスプレイ逆止弁 | Sクラス | R/B | 5 |
| K7-V062 | 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール入口逆止弁 | Sクラス | R/B | 5 |
| K7-V063 | 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管逆止弁 | Sクラス | R/B | 8 |
| K7-V064 | 燃料プール冷却浄化系残留熱除去系戻りライン逆止弁 | Sクラス | R/B | 5 |
| K7-V065 | 燃料プール冷却浄化系非常用補給水逆止弁 | Sクラス | R/B | 5 |
| K7-V066 | サプレッションプール浄化系サプレッションプール側吸込第一隔離弁 | Sクラス | R/B | 1 |

※ 図 6-3-1 で建屋内上位クラス施設が記載されている配置図の通し番号を示す。

表 4-2-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設一覧表(5/8)

| 整理番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置建屋 | 配置図番号* | 整理番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置建屋 | 配置図番号* |
|---------|-----------------------------------|--------------|------|--------|---------|-----------------------------|--------------|------|--------|
| K7-V067 | サブプレッションプール浄化系サブプレッションプール側吸込第二隔離弁 | Sクラス | R/B | 1 | K7-V100 | 非常用ガス処理系側原子炉格納容器ベント用隔離弁 | Sクラス | R/B | 6 |
| K7-V068 | ドライウェル低電導度廃液系サンプ内側隔離弁 | Sクラス | R/B | 2 | K7-V101 | 換気空調系側原子炉格納容器ベント用隔離弁 | Sクラス | R/B | 6 |
| K7-V069 | ドライウェル低電導度廃液系サンプ外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 2 | K7-V102 | サブプレッションチェンバベント用出口隔離弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 3 |
| K7-V070 | ドライウェル高電導度廃液系サンプ内側隔離弁 | Sクラス | R/B | 2 | K7-V103 | 可燃性ガス濃度制御系入口第一隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V071 | ドライウェル高電導度廃液系サンプ外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 2 | K7-V104 | 可燃性ガス濃度制御系入口流量調節弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V072 | 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁 | Sクラス | T/B | 9, 11 | K7-V105 | 可燃性ガス濃度制御系入口第二隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V073 | 原子炉補機冷却水系熱交換器冷却水出口弁 | Sクラス | T/B | 9, 11 | K7-V106 | 可燃性ガス濃度制御系再循環流量調節弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V074 | 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁 | Sクラス | T/B | 9, 11 | K7-V107 | 可燃性ガス濃度制御系出口逆止弁 | Sクラス | R/B | 3 |
| K7-V075 | | Sクラス | R/B | 2 | K7-V108 | 可燃性ガス濃度制御系冷却水入口弁 | Sクラス | R/B | 4 |
| K7-V076 | | Sクラス | R/B | 2 | K7-V109 | 可燃性ガス濃度制御系出口第二隔離弁 | Sクラス | R/B | 2 |
| K7-V077 | | Sクラス | R/B | 2 | K7-V110 | 可燃性ガス濃度制御系出口第一隔離弁 | Sクラス | R/B | 2 |
| K7-V078 | 原子炉補機冷却水系常用冷却水戻り側逆止弁 | Sクラス | R/B | 2 | K7-V111 | 可燃性ガス濃度制御系冷却水止め弁 | Sクラス | R/B | 3 |
| K7-V079 | | Sクラス | R/B | 2 | K7-V112 | 中央制御室非常時外気取入れ隔離ダンパ | Sクラス SA施設 | C/B | 15 |
| K7-V080 | 原子炉補機冷却水系非常用ディーゼル発電設備冷却水出口弁 | Sクラス | R/B | 5 | K7-V113 | 中央制御室排気隔離ダンパ | Sクラス SA施設 | C/B | 15 |
| K7-V081 | 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁 | Sクラス | T/B | 11 | K7-V114 | 非常用ディーゼル発電設備(C)区域排気切替ダンパ | Sクラス | R/B | 8 |
| K7-V082 | 原子炉補機冷却海水系ストレーナ入口弁 | Sクラス | T/B | 9, 11 | K7-V115 | コントロール建屋計測制御電源盤区域(C)排気切替ダンパ | Sクラス | C/B | 14 |
| K7-V083 | 原子炉補機冷却海水系ストレーナブロー弁 | Sクラス | T/B | 9, 11 | K7-V116 | 原子炉格納容器耐圧強化ベント用連絡配管隔離弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 6 |
| K7-V084 | 計装用圧縮空気系原子炉格納容器外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 5 | K7-V117 | 中央制御室外気取入れダンパ | Sクラス SA施設 | C/B | 15 |
| K7-V085 | 高圧窒素ガス供給系自動減圧系用窒素ガス原子炉格納容器外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 5 | K7-V120 | ほう酸水注入系ポンプ出口逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 6 |
| K7-V086 | 高圧窒素ガス供給系逃がし弁用窒素ガス原子炉格納容器外側隔離弁 | Sクラス | R/B | 5 | K7-V121 | ほう酸水注入系ポンプ入口逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 6 |
| K7-V087 | 非常用ガス処理系入口隔離弁 | Sクラス | R/B | 6 | K7-V122 | 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁 | Sクラス | R/B | 2 |
| K7-V088 | 非常用ガス処理系乾燥装置入口弁 | Sクラス | R/B | 6 | K7-V123 | 高圧窒素ガス供給系非常用窒素ガス安全弁 | SA施設 | R/B | 8 |
| K7-V089 | 非常用ガス処理系フィルタ装置出口弁 | Sクラス | R/B | 6 | K7-V124 | 残留熱除去系テストライン逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 2 |
| K7-V090 | 非常用ガス処理系グラビティダンパ | Sクラス | R/B | 6 | K7-V125 | 残留熱除去系停止時冷却ライン隔離弁逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 4 |
| K7-V091 | 真空破壊弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 3 | K7-V126 | 残留熱除去系停止時冷却吸込側逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 2 |
| K7-V092 | 原子炉格納容器ページ用空気供給隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 | K7-V127 | 高圧炉心注水系ポンプ吸込側逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 2 |
| K7-V093 | ドライウェルページ用入口隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 | K7-V128 | 原子炉隔離時冷却系ポンプ吸込側逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 2 |
| K7-V094 | サブプレッションチェンバページ用入口隔離弁 | Sクラス | R/B | 3 | K7-V129 | 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール入口弁 | SA施設 | R/B | 5 |
| K7-V095 | 原子炉格納容器窒素供給隔離弁 | Sクラス | R/B | 3 | K7-V130 | 二次隔離弁バイパス弁 | SA施設 | R/B | 7 |
| K7-V096 | ドライウェル窒素入口隔離弁 | Sクラス | R/B | 4 | K7-V131 | 格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置入口弁 | SA施設 | R/B | 7 |
| K7-V097 | サブプレッションチェンバ窒素入口隔離弁 | Sクラス | R/B | 3 | K7-V132 | 高圧代替注水系注入弁 | SA施設 | R/B | 3 |
| K7-V098 | 原子炉格納容器ページ用窒素供給隔離弁 | Sクラス | R/B | 3 | K7-V133 | | SA施設 | R/B | 4 |
| K7-V099 | ドライウェルベント用出口隔離弁 | Sクラス SA施設 | R/B | 5 | K7-V134 | 原子炉隔離時冷却系過酷事故時蒸気止め弁 | SA施設 | R/B | 3 |

※ 図 6-3-1 で建屋内上位クラス施設が記載されている配置図の通し番号を示す。

表 4-2-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設一覧表(6/8)

| 整理 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置 建屋 | 配置図 番号* |
|-------------|-------------------------|-----------------|----------|------------|
| K7- V137 | 非常用ガス処理系 U シール隔離 弁 | S A 施設 | R/B | 8 |
| K7- V138 | 格納容器圧力逃がし装置耐圧強 化ベント弁 | S A 施設 | R/B | 7 |
| K7- V139 | 非常用ディーゼル発電設備空気 だめ安全弁 | S クラス S A 施設 | R/B | 4 |

※ 図 6-3-1 で建屋内上位クラス施設が記載されている配置図の通し番号を示す。

6. 下位クラス施設の検討結果

5. 項で示したフローに基づき、上位クラス施設への波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出する。

6.1 相対変位又は不等沈下による影響検討結果

6.1.1 抽出手順

(1) 地盤の不等沈下による影響

机上検討をもとに、上位クラス施設及び上位クラス施設の間接支持構造物である建物・構築物に対して、地盤の不等沈下により波及的影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設を抽出する。

(2) 建屋の相対変位による影響

机上検討をもとに、上位クラス施設及び上位クラス施設の間接支持構造物である建屋に対して、建屋の相対変位により波及的影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設を抽出する。

6.1.2 下位クラス施設の抽出結果

図5-1-1及び図5-1-2のフローのaに基づいて影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出した結果を図6-1-1～図6-1-3及び表6-1-1、表6-1-2に示す（配置図上の番号は表4-1-1、表4-1-2の整理番号に該当する）。

6.1.3 影響評価結果

6.1.2で抽出した波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の評価結果を表6-1-3、表6-1-4に示す。また、上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の支持地盤の状況を添付資料5に示す。

表 6-1-3 6号機及び7号機 建屋外施設の評価結果（地盤の不等沈下による影響）（1/2）

| 建屋外上位クラス施設 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 評価結果 | 備考 |
|---|------------------------|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・コントロール建屋 | サービス建屋 | <p>基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果から、建屋基礎底面の最大接地圧が、更新統（古安田層）の極限支持力を超えないことを確認し、不等沈下によりコントロール建屋に影響を与えないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、「V-2-11-2-1 サービス建屋の耐震性についての計算書」に示す。</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ・5号機原子炉建屋 | 5号機タービン建屋 | <p>5号機タービン建屋は5号機原子炉建屋と連続した岩盤に直接支持されており、不等沈下は生じない。</p> | <p>評価結果の詳細は、本資料「添付資料5」に示す。</p> |
| | 5号機サービス建屋 | <p>5号機サービス建屋は地盤改良土を介して更新統（古安田層）に支持されているため、基準地震動 S_s に対して、不等沈下による影響を受けるおそれがある。 しかしながら、5号機サービス建屋は5号機原子炉建屋に対して建屋の規模が小さく軽量であることから、5号機原子炉建屋に衝突したとしても5号機原子炉建屋の耐震性を損なうことはないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、本資料「添付資料5」及び「添付資料9」に示す。</p> |
| | 5号機連絡通路 | <p>5号機連絡通路はマンメイドロック（MMR）を介して更新統（古安田層）に支持されているため、基準地震動 S_s に対して、不等沈下による影響を受けるおそれがある。 しかしながら、5号機連絡通路は5号機原子炉建屋に対して建屋の規模が小さく軽量であることから、5号機原子炉建屋に衝突したとしても5号機原子炉建屋の耐震性を損なうことはないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、本資料「添付資料5」及び「添付資料9」に示す。</p> |

表 6-1-3 6号機及び7号機 建屋外施設の評価結果（地盤の不等沈下による影響）（2/2）

| 建屋外上位クラス施設 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 評価結果 | 備考 |
|--|------------------------|---|----------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 5号機原子炉建屋 (つづき) | 5号機格納容器圧力逃がし装置基礎 | 5号機格納容器圧力逃がし装置基礎は5号機原子炉建屋と連続した岩盤に杭を介して支持されており、不等沈下は生じない。また、5号機格納容器圧力逃がし装置基礎の周辺地盤の液状化を想定した場合であっても、5号機格納容器圧力逃がし装置基礎は5号機原子炉建屋に対して建屋の規模が小さく軽量であることから、5号機原子炉建屋に衝突したとしても5号機原子炉建屋の耐震性を損なうことはないことを確認した。 | 評価結果の詳細は、本資料「添付資料5」及び「添付資料9」に示す。 |
| | 5号機主排気モニタ建屋 | 5号機主排気モニタ建屋は埋戻し土に支持されているため、基準地震動S _s に対して、不等沈下による影響を受けるおそれがある。しかしながら、5号機主排気モニタ建屋は5号機原子炉建屋に対して建屋の規模が小さく軽量であることから、5号機原子炉建屋に衝突したとしても5号機原子炉建屋の耐震性を損なうことはないことを確認した。 | 評価結果の詳細は、本資料「添付資料5」及び「添付資料9」に示す。 |
| | 5号機大物搬入建屋 | 5号機大物搬入建屋は5号機原子炉建屋と連続した岩盤にマンメイドロック（MMR）を介して支持されており、不等沈下は生じない。 | 評価結果の詳細は、本資料「添付資料5」に示す。 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 5号機原子炉建屋 ・ 5号機原子炉建屋内緊急時対策所用無線連絡設備 ・ 5号機原子炉建屋内緊急時対策所用衛星電話設備 ・ 無線通信装置（5号機設置） ・ 6号機非常用ディーゼル発電設備 軽油タンク ・ 6号機軽油タンク基礎 | 5号機主排気筒 | 5号機主排気筒は5号機原子炉建屋と連続した岩盤に杭を介して支持されており、不等沈下は生じない。また、5号機主排気筒近傍地盤の液状化による沈下を想定した場合であっても、倒壊に至ることはないことを確認した。 | 評価結果の詳細は、本資料「添付資料5」及び「添付資料7」に示す。 |

表 6-1-4 6号機及び7号機 建屋外施設の評価結果（建屋の相対変位による影響）

| 建屋外上位クラス施設 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 評価結果 | 備考 |
|--|------------------------|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> コントロール建屋 | サービス建屋 | <p>基準地震動 S_s に対する地震応答解析により、接触しないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、「V-2-11-2-1 サービス建屋の耐震性についての計算書」に示す。</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> 5号機原子炉建屋 | 5号機タービン建屋 | <p>基準地震動 S_s に対する地震応答解析により、接触しないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、本資料「添付資料8」に示す。</p> |
| | 5号機連絡通路 | <p>5号機連絡通路は5号機原子炉建屋に対して建屋の規模が小さく軽量であることから、5号機原子炉建屋に衝突したとしても5号機原子炉建屋の耐震性を損なうことはないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、本資料「添付資料9」に示す。</p> |
| | 5号機主排気モニタ建屋 | <p>5号機主排気モニタ建屋は5号機原子炉建屋に対して建屋の規模が小さく軽量であることから、5号機原子炉建屋に衝突したとしても5号機原子炉建屋の耐震性を損なうことはないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、本資料「添付資料9」に示す。</p> |
| | 5号機大物搬入建屋 | <p>5号機大物搬入建屋は5号機原子炉建屋に対して建屋の規模が小さく軽量であることから、5号機原子炉建屋に衝突したとしても5号機原子炉建屋の耐震性を損なうことはないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、本資料「添付資料9」に示す。</p> |

6.3 建屋内における損傷、転倒及び落下等による影響検討結果

6.3.1 抽出手順

机上検討及び現地調査をもとに、建屋内上位クラス施設に対して、損傷、転倒及び落下等により影響を及ぼす可能性のある下位クラス施設を抽出する。なお、机上検討は上位クラス施設周辺の下位クラス施設の転倒及び落下を想定した場合にも上位クラス施設に衝突しないだけの離隔距離をとって配置されていることを確認する。また、上位クラス施設に対して、下位クラス施設が明らかに影響を及ぼさない程度の大きさ、重量等である場合は影響無しと判断する。

建屋内上位クラス施設の配置図を図 6-3-1、図 6-3-2 に示す（配置図上の番号は表 4-2-1、表 4-2-2 の整理番号に該当する）。原子炉建屋クレーンの位置関係概要図を図 6-3-3 に示す。燃料取替機の位置関係概要図を図 6-3-4 に示す。原子炉ウエル遮蔽プラグの位置関係概要図を図 6-3-5 に示す。原子炉遮蔽壁の位置関係概要図を図 6-3-6 に示す。

6.3.2 下位クラス施設の抽出結果

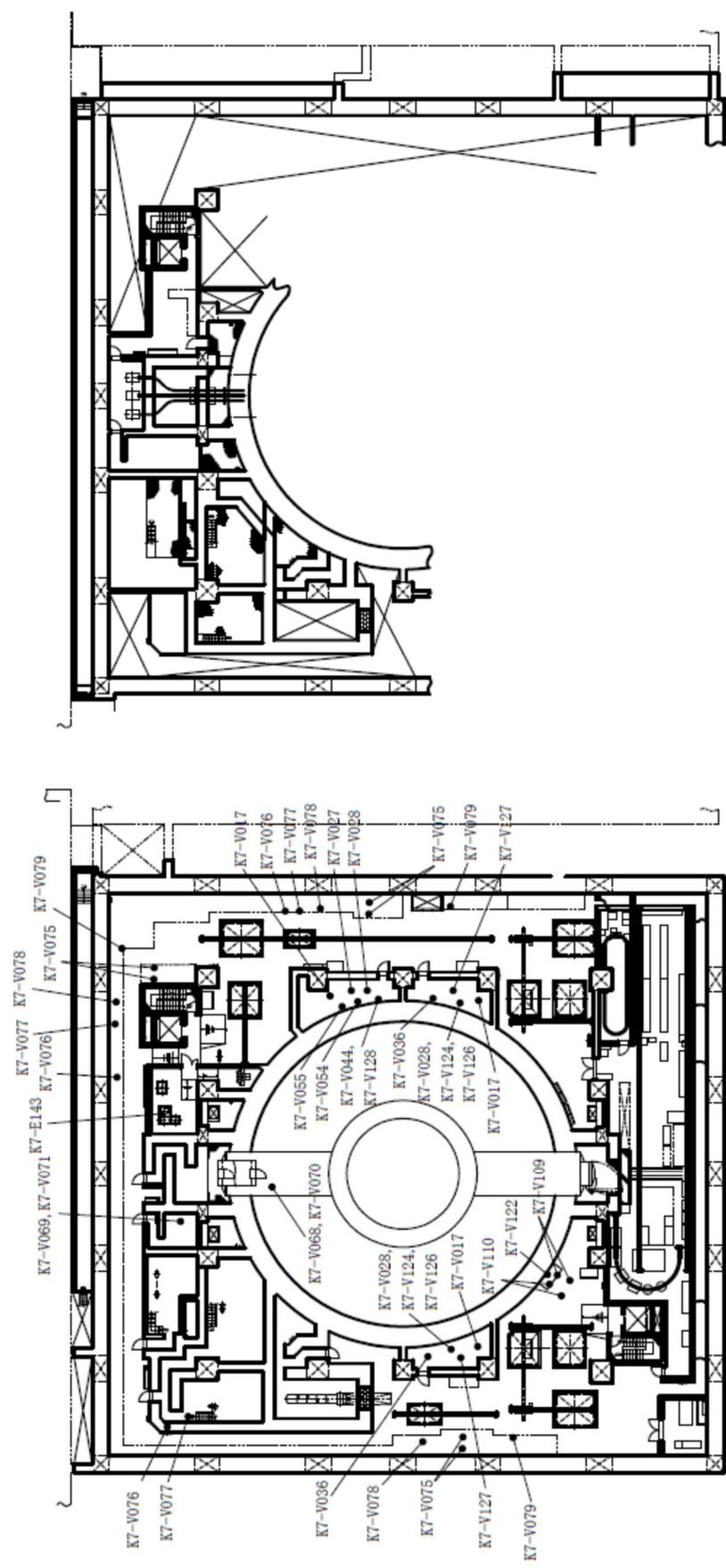
図 5-3 のフローの a に基づいて抽出された下位クラス施設について抽出したものを表 6-3-1、表 6-3-2 に示す。表中では、原子炉建屋を R/B、タービン建屋を T/B、コントロール建屋を C/B、及び廃棄物処理建屋を Rw/B と表記する。なお、机上検討のみにより評価した施設を表 6-3-1、表 6-3-2 の備考にて示す。

6.3.3 影響評価結果

6.3.2 で抽出した建屋内下位クラス施設の評価結果について、表 6-3-3 に示す。



機械品・弁



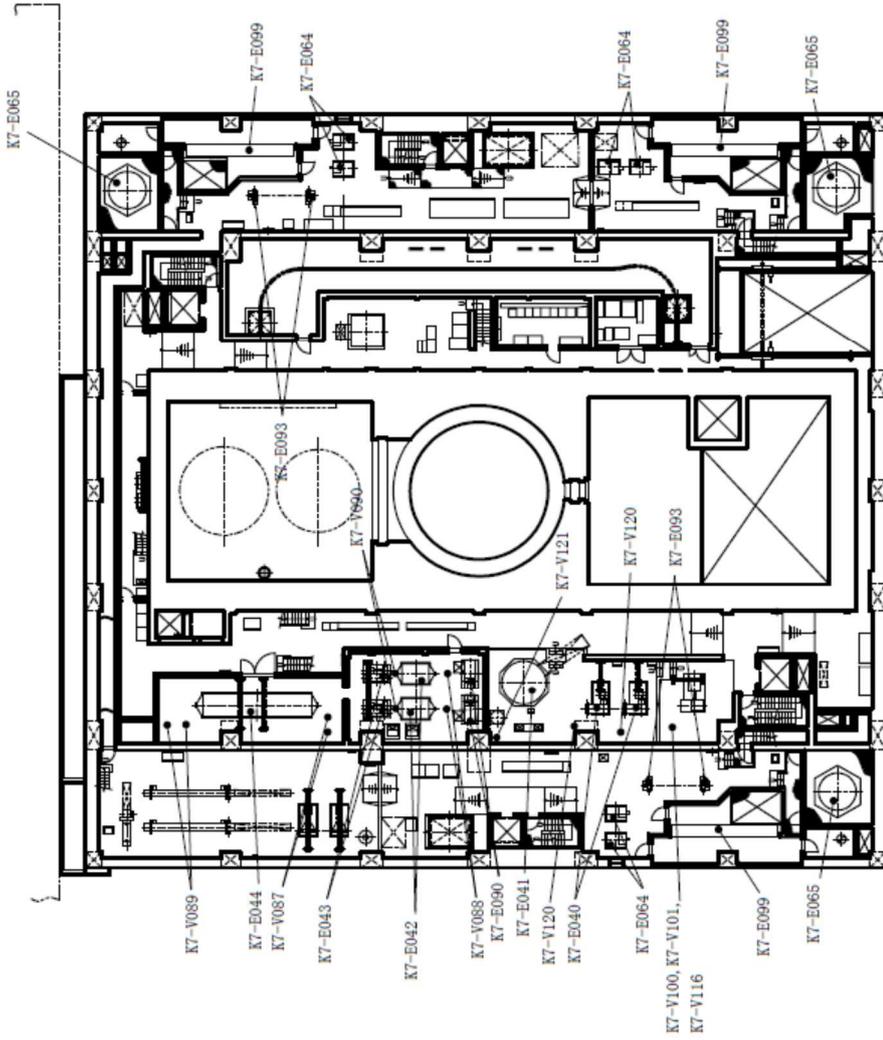
R/B T.M.S.L. -1700

R/B T.M.S.L. 1500

図 6-3-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設配置図 (2/32)



機械品・弁



R/B T.M.S.L. 23500

図 6-3-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設配置図 (6/32)

表 6-3-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設へ波及的影響を及ぼすお
それのある下位クラス施設 (7/15)

| 整理 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置 建屋 | 波及的影響を及ぼすおそれ のある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ (○:有, ×:無) | 備考 |
|----------|--------------------------------|--------------|----------|----------------------------|-------------------------|----|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| K7-V001 | 主蒸気逃がし安全弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |
| K7-V002 | 主蒸気内側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V003 | 主蒸気外側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V004 | 主蒸気ドレンライン内側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V005 | 主蒸気ドレンライン外側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V006 | 原子炉給水ライン外側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V007 | 原子炉給水ライン内側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V008 | 原子炉給水ライン逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V009 | スクラム弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |
| K7-V010 | ほう酸水注入系原子炉格納容器 外側逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V011 | ほう酸水注入系原子炉格納容器 内側逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V012 | 残留熱除去系ポンプサブプレッ ションプール水吸込隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V013 | 残留熱除去系ポンプ吐出逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V014 | 残留熱除去系熱交換器出口弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V015 | 残留熱除去系注入弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V016 | 残留熱除去系低圧注水試験可能 逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V017 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V018 | 残留熱除去系停止時冷却内側隔 離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V019 | 残留熱除去系停止時冷却外側隔 離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V020 | 残留熱除去系ポンプ炉水吸込弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V021 | 残留熱除去系熱交換器バイパス 弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V022 | 残留熱除去系燃料プール側第一 出口弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V023 | 残留熱除去系燃料プール側第二 出口弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V024 | 残留熱除去系格納容器冷却流量 調節弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V025 | 残留熱除去系格納容器冷却ライ ン隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V026 | 残留熱除去系サブプレッションプ ールスプレイ注入隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V027 | 残留熱除去系ポンプ最小流量ラ イン逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V028 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V029 | 残留熱除去系サブプレッションプ ール水排水系第一止め弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V030 | 高圧炉心注水系復水貯蔵槽側吸 込弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V031 | 高圧炉心注水系復水貯蔵槽側吸 込試験可能逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |

表 6-3-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設へ波及的影響を及ぼすお
それのある下位クラス施設 (8/15)

| 整理 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置 建屋 | 波及的影響を及ぼすおそれ のある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ (○:有, ×:無) | 備考 |
|----------|--------------------------------|--------------|----------|----------------------------|-------------------------|----|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| K7-V032 | 高圧炉心注水系注入隔離弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |
| K7-V033 | 高圧炉心注水系試験可能逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V034 | 高圧炉心注水系サプレッション プール側吸込隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V035 | 高圧炉心注水系サプレッション プール側吸込逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V036 | 高圧炉心注水系最小流量バイパス 弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V037 | 原子炉隔離時冷却系復水貯蔵槽 側吸込弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V038 | 原子炉隔離時冷却系復水貯蔵槽 側吸込試験可能逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V039 | 原子炉隔離時冷却系注入逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V040 | | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |
| K7-V041 | 原子炉隔離時冷却系試験可能逆 止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V042 | 原子炉隔離時冷却系サプレッシ ョンプール側吸込隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V043 | 原子炉隔離時冷却系サプレッシ ョンプール側吸込逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V044 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V045 | 原子炉隔離時冷却系冷却水ライ ン止め弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |
| K7-V046 | 原子炉隔離時冷却系冷却水ライ ン圧力制御弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V047 | 原子炉隔離時冷却系復水ポンプ 吐出一次逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V048 | 原子炉隔離時冷却系復水ポンプ 吐出二次逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V049 | 原子炉隔離時冷却系蒸気ライ ン内側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V050 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V051 | 原子炉隔離時冷却系タービン止 め弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V052 | 原子炉隔離時冷却系タービン排 気ライン逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V053 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V054 | 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ 吐出ライン逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V055 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V056 | 原子炉隔離時冷却系タービン排 気ライン1次真空破壊弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V057 | 原子炉隔離時冷却系タービン排 気ライン2次真空破壊弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V058 | 原子炉冷却材浄化系吸込ライン 内側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V059 | 原子炉冷却材浄化系吸込ライン 外側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V060 | 原子炉冷却材浄化系原子炉圧力 容器ヘッドスプレイ隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V061 | 原子炉冷却材浄化系原子炉圧力 容器ヘッドスプレイ逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |

表 6-3-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設へ波及的影響を及ぼすお
それのある下位クラス施設 (9/15)

| 整理 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置 建屋 | 波及的影響を及ぼすおそれ のある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ (○:有, ×:無) | 備考 |
|----------|-----------------------------------|------|----------|----------------------------|-------------------------|----|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| K7-V062 | 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール入口逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V063 | 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管逆止弁 | Sクラス | R/B | 原子炉建屋クレーン | ○ | |
| | | | | 燃料取替機 | ○ | |
| K7-V064 | 燃料プール冷却浄化系残留熱除去系戻りライン逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V065 | 燃料プール冷却浄化系非常用補給水逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V066 | サブプレッションプール浄化系サブプレッションプール側吸込第一隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V067 | サブプレッションプール浄化系サブプレッションプール側吸込第二隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V068 | ドライウエル低電導度廃液系サンプ内側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V069 | ドライウエル低電導度廃液系サンプ外側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V070 | ドライウエル高電導度廃液系サンプ内側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V071 | ドライウエル高電導度廃液系サンプ外側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V072 | 原子炉補機冷却水系ポンプ吐出逆止弁 | Sクラス | T/B | — | × | |
| K7-V073 | 原子炉補機冷却水系熱交換器冷却水出口弁 | Sクラス | T/B | — | × | |
| K7-V074 | 原子炉補機冷却水系冷却水供給温度調節弁 | Sクラス | T/B | — | × | |
| K7-V075 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V076 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V077 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V078 | 原子炉補機冷却水系常用冷却水戻り側逆止弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V079 | | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V080 | 原子炉補機冷却水系非常用ディーゼル発電設備冷却水出口弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V081 | 原子炉補機冷却海水系ポンプ吐出逆止弁 | Sクラス | T/B | — | × | |
| K7-V082 | 原子炉補機冷却海水系ストレーナ入口弁 | Sクラス | T/B | — | × | |
| K7-V083 | 原子炉補機冷却海水系ストレーナブロー弁 | Sクラス | T/B | — | × | |
| K7-V084 | 計装用圧縮空気系原子炉格納容器外側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V085 | 高圧窒素ガス供給系自動減圧系用窒素ガス原子炉格納容器外側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V086 | 高圧窒素ガス供給系逃がし弁用窒素ガス原子炉格納容器外側隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V087 | 非常用ガス処理系入口隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V088 | 非常用ガス処理系乾燥装置入口弁 | Sクラス | R/B | 耐火隔壁 | ○ | |

表 6-3-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設へ波及的影響を及ぼすお
それのある下位クラス施設 (10/15)

| 整理 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置 建屋 | 波及的影響を及ぼすおそれ のある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ (○:有, ×:無) | 備考 |
|----------|---------------------------------|--------------|----------|----------------------------|-------------------------|----|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| K7-V089 | 非常用ガス処理系フィルタ装置 出口弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V090 | 非常用ガス処理系グラビティダ ンバ | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V091 | 真空破壊弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |
| K7-V092 | 原子炉格納容器バージ用空気供 給隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V093 | ドライウェルバージ用入口隔離 弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V094 | サブプレッションチェンババージ 用入口隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V095 | 原子炉格納容器室素供給隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V096 | ドライウェル室素入口隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V097 | サブプレッションチェンバ室素入 口隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V098 | 原子炉格納容器バージ用室素供 給隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V099 | ドライウェルベント用出口隔離 弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |
| K7-V100 | 非常用ガス処理系側原子炉格納 容器ベント用隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V101 | 換気空調系側原子炉格納容器ベ ント用隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V102 | サブプレッションチェンバベント 用出口隔離弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |
| K7-V103 | 可燃性ガス濃度制御系入口第一 隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V104 | 可燃性ガス濃度制御系入口流量 調節弁 | Sクラス | R/B | 耐火隔壁 | ○ | |
| K7-V105 | 可燃性ガス濃度制御系入口第二 隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V106 | 可燃性ガス濃度制御系再循環流 量調節弁 | Sクラス | R/B | 耐火隔壁 | ○ | |
| K7-V107 | 可燃性ガス濃度制御系出口逆止 弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V108 | 可燃性ガス濃度制御系冷却水入 口弁 | Sクラス | R/B | 耐火隔壁 | ○ | |
| K7-V109 | 可燃性ガス濃度制御系出口第二 隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V110 | 可燃性ガス濃度制御系出口第一 隔離弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V111 | 可燃性ガス濃度制御系冷却水止 め弁 | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V112 | 中央制御室非常時外気取入れ隔 離ダンバ | Sクラス SA施設 | C/B | — | × | |
| K7-V113 | 中央制御室排気隔離ダンバ | Sクラス SA施設 | C/B | — | × | |
| K7-V114 | 非常用ディーゼル発電設備(C)区 域排気切換ダンバ | Sクラス | R/B | — | × | |
| K7-V115 | コントロール建屋計測制御電源 盤区域(C)排気切換ダンバ | Sクラス | C/B | — | × | |
| K7-V116 | 原子炉格納容器耐圧強化ベント 用連絡配管隔離弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |
| K7-V117 | 中央制御室外気取入ダンバ | Sクラス SA施設 | C/B | — | × | |
| K7-V120 | ほう酸水注入系ポンプ出口逃が し弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | |

表 6-3-1 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 建屋内上位クラス施設へ波及的影響を及ぼすお
それのある下位クラス施設 (11/15)

| 整理 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置 建屋 | 波及的影響を及ぼすおそれ のある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ (○:有, ×:無) | | 備考 |
|----------|-------------------------|--------------|----------|----------------------------|-------------------------|--|----|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | | |
| K7-V121 | ほう酸水注入系ポンプ入口逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V122 | 可燃性ガス濃度制御系出口ライン逃がし弁 | Sクラス | R/B | — | × | | |
| K7-V123 | 高圧窒素ガス供給系非常用窒素ガス安全弁 | SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V124 | 残留熱除去系テストライン逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V125 | 残留熱除去系停止時冷却ライン隔離弁逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V126 | 残留熱除去系停止時冷却吸込側逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V127 | 高圧炉心注水系ポンプ吸込側逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V128 | 原子炉隔離時冷却系ポンプ吸込側逃がし弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V129 | 燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール入口弁 | SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V130 | 二次隔離弁バイパス弁 | SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V131 | 格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置入口弁 | SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V132 | 高圧代替注水系注入弁 | SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V133 | | SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V134 | 原子炉隔離時冷却系過酷事故時蒸気止め弁 | SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V137 | 非常用ガス処理系シール隔離弁 | SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V138 | 格納容器圧力逃がし装置耐圧強化ペント弁 | SA施設 | R/B | — | × | | |
| K7-V139 | 非常用ディーゼル発電設備空気だめ安全弁 | Sクラス SA施設 | R/B | — | × | | |

表 6-3-3 7号機 建屋内施設の評価結果 (1/4)

| 建屋内上位クラス施設 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 評価結果 | 備考 |
|--|------------------------|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉圧力容器 ・原子炉圧力容器支持構造物 | 原子炉遮蔽壁 | <p>基準地震動 S s に対する構造健全性評価により、原子炉遮蔽壁が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。</p> | <p>影響評価の詳細は、V-2-11-2-6「原子炉遮蔽壁の耐震性についての計算書」に示す。</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料貯蔵プール ・キャスクピット ・使用済燃料貯蔵ラック ・制御棒・破損燃料貯蔵ラック ・燃料プール冷却浄化系配管 ・静的触媒式水素再結合器 ・燃料プール冷却浄化系スキマサージタンク ・燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管逆止弁 ・燃料取替エリア排気放射線モニタ ・使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA 広域) ・使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) ・使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (低レンジ) ・使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ) ・静的触媒式水素再結合器動作監視装置 ・サイフォンブレイク孔 ・原子炉建屋水素濃度 | 原子炉建屋クレーン | <p>基準地震動 S s に対する構造健全性評価により、原子炉建屋クレーンが上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。</p> | <p>影響評価の詳細は、V-2-11-2-4「原子炉建屋クレーンの耐震性についての計算書」に示す。</p> |

表 6-3-3 7号機 建屋内施設の評価結果(2/4)

| 建屋内上位クラス施設 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 評価結果 | 備考 |
|--|------------------------|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料貯蔵プール ・キャスクピット ・使用済燃料貯蔵ラック ・制御棒・破損燃料貯蔵ラック ・燃料プール冷却浄化系配管 ・燃料プール冷却浄化系スキマサージタンク ・燃料プール冷却浄化系使用済燃料貯蔵プール散水管逆止弁 ・燃料取替エリア排気放射線モニタ ・使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA 広域) ・使用済燃料貯蔵プール水位・温度 (SA) ・使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (低レンジ) ・使用済燃料貯蔵プール放射線モニタ (高レンジ) ・サイフォンブレーク孔 | 燃料取替機 | 基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、燃料取替機が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。 | 影響評価の詳細は、V-2-11-2-5「燃料取替機の耐震性についての計算書」に示す。 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉格納容器 | 原子炉ウェル遮蔽プラグ | 基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、原子炉ウェル遮蔽プラグが上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。 | 影響評価の詳細は、V-2-11-2-7「原子炉ウェル遮蔽プラグの耐震性についての計算書」に示す。 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・中央運転監視盤 ・運転監視補助盤 | 中央制御室天井照明 | 基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、中央制御室天井照明が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。 | 影響評価の詳細は、V-2-11-2-3「中央制御室天井照明の耐震性についての計算書」に示す。 |

表 6-3-3 7号機 建屋内施設の評価結果(3/4)

| 建屋内上位クラス施設 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 評価結果 | 備考 |
|---|------------------------|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・非常用ガス処理系乾燥装置 ・非常用ガス処理系排風機 ・中央制御室送風機 ・中央制御室再循環送風機 ・中央制御室排風機 ・非常用ガス処理系室空調機 ・非常用ガス処理系乾燥装置入口弁 ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置加熱器 ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置冷却器 ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロー ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置気水分離器 ・可燃性ガス濃度制御系配管 ・可燃性ガス濃度制御系入口流量調節弁 ・可燃性ガス濃度制御系再循環流量調節弁 ・可燃性ガス濃度制御系冷却水入口弁 | 耐火隔壁 | <p>基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、耐火隔壁が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。</p> | <p>影響評価の詳細は、V-2-11-2-8「耐火隔壁の耐震性についての計算書」に示す。</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却海水系配管 | 原子炉補機冷却海水系配管防護壁 | <p>基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、原子炉補機冷却海水系配管防護壁が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。</p> | <p>影響評価の詳細は、V-2-11-2-2-5「原子炉補機冷却海水系配管防護壁の耐震性についての計算書」に示す。</p> |

表 6-3-3 7号機 建屋内施設の評価結果(4/4)

| 建屋内上位クラス施設 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 評価結果 | 備考 |
|--|------------------------|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系ダクト・配管 ・中央制御室換気空調系ダクト・配管 ・海水熱交換器区域換気空調系ダクト・配管 | 換気空調系ダクト防護壁 | <p>基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、換気空調系ダクト防護壁が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。</p> | <p>影響評価の詳細は、V-2-11-2-2-4「換気空調系ダクト防護壁の耐震性についての計算書」に示す。</p> |

6.4 建屋外における損傷，転倒及び落下等による影響検討結果

6.4.1 抽出手順

机上検討及び現地調査をもとに，建屋外上位クラス施設及び建屋外上位クラス施設の間接支持構造物である建物・構築物に対して，損傷，転倒及び落下等により影響を及ぼす可能性のある下位クラス施設を抽出した。なお，机上検討は上位クラス施設周辺の下位クラス施設の転倒及び落下を想定した場合にも上位クラス施設に衝突しないだけの離隔距離をとって配置されていることを確認する。また，上位クラス施設に対して，下位クラス施設が明らかに影響を及ぼさない程度の大きさ，重量等である場合は影響無しと判断する。

6.4.2 下位クラス施設の抽出結果

図5-4のフローのaに基づいて抽出された下位クラス施設について抽出したものを表6-4-1，表6-4-2に示す。なお，机上検討のみにより評価した施設を表6-4-1，表6-4-2の備考にて示す。

6.4.3 影響評価結果

6.4.2で抽出した建屋外下位クラス施設の評価結果について、表6-4-3，表6-4-4に示す。なお，抽出した建屋外下位クラス施設については，添付資料4のとおり周辺斜面の崩落等による影響が無いことを確認している。

表 6-4-3 7号機 建屋外施設の評価結果（損傷、転倒及び落下等による影響）

| 建屋外上位クラス施設 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 評価結果 | 備考 |
|---|-------------------------|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ ・非常用ディーゼル発電設備 燃料油系配管 ・非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ出口逆止弁 | 非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ防護板 | 基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ防護板が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。 | 影響評価の詳細は、V-2-11-2-2-1「非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ防護板の耐震性についての計算書」に示す。 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電設備 燃料油系配管 | 非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板 | 基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。 | 影響評価の詳細は、V-2-11-2-2-2「非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板の耐震性についての計算書」に示す。 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・格納容器圧力逃がし装置配管 | 竜巻防護鋼製フード | 基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、竜巻防護鋼製フードが上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。 | 影響評価の詳細は、V-2-11-2-2-5「竜巻防護鋼製フードの耐震性についての計算書」に示す。 |

表 6-4-4 6号機及び7号機 建屋外施設の評価結果（損傷、転倒及び落下等による影響）

| 建屋外上位クラス施設 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 評価結果 | 備考 |
|--|------------------------|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・コントロール建屋 | サービス建屋 | <p>基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、サービス建屋が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、「V-2-11-2-1 サービス建屋の耐震性についての計算書」に示す。</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ・5号機原子炉建屋 | 5号機タービン建屋 | <p>基準地震動 S_s に対する構造健全性評価により、5号機タービン建屋が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、本資料「添付資料5」及び「添付資料8」に示す。</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ・5号機原子炉建屋 ・5号機原子炉建屋内緊急時対策所用無線連絡設備 ・5号機原子炉建屋内緊急時対策所用衛星電話設備 ・無線通信装置（5号機設置） ・6号機非常用ディーゼル発電設備 軽油タンク ・6号機軽油タンク基礎 | 5号機主排気筒 | <p>5号機主排気筒近傍地盤の液状化による沈下を想定した場合であっても、転倒に至ることはないことを確認した。よって、5号機主排気筒が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。</p> | <p>評価結果の詳細は、本資料「添付資料5」及び「添付資料7」に示す。</p> |

5号機主排気筒の波及的影響について

1. 概要

本資料はV-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、5号機主排気筒（以下「主排気筒」という。）が、その上位クラス施設である緊急時対策所（5号機原子炉建屋内緊急時対策所）、5号機原子炉建屋内緊急時対策所用無線連絡設備、5号機原子炉建屋内緊急時対策所用衛星電話設備、無線通信装置（5号機設置）、6号機非常用ディーゼル発電設備軽油タンク及びその基礎（以下「上位クラス施設」という。）に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

その波及的影響の評価は、上位クラス施設の有する機能が保持されることを確認するために、下位クラス施設である主排気筒を対象に、液状化に伴う地盤の不等沈下による影響を確認することで行う。

2. 基本方針

2.1 位置

主排気筒の設置位置を図2-1に示す。

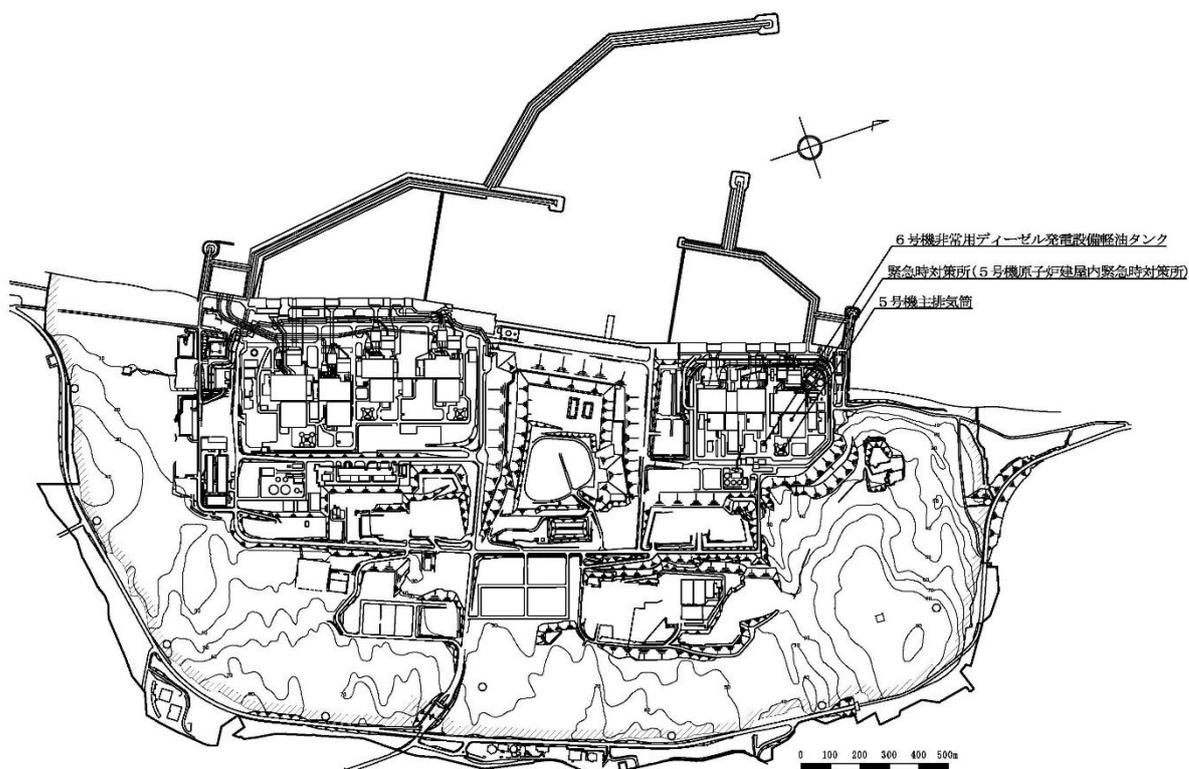


図2-1 主排気筒の設置位置

2.2 構造概要

主排気筒は、地上からの高さ148.0m（内径3.4m）の鋼製筒身で、高さ140.0m（根開き30.0m，頂部幅7.5m）の鋼製鉄塔で支えられている鉄塔支持型排気筒である。また、基礎は、筒身部と4脚の鉄塔部を支える鉄筋コンクリート造の独立フーチング基礎で、相互に基礎ばりで連結されており、支持地盤である岩盤（西山層）上に、鉄筋コンクリート造の場所打ち杭（計53本）を介して設置されている。

なお、主排気筒基礎直下は、セメント系固化材による地盤改良が実施されており、この地盤改良土と支持層である西山層との間には古安田層が介在する。

主排気筒の概要図を図2-2に示す。

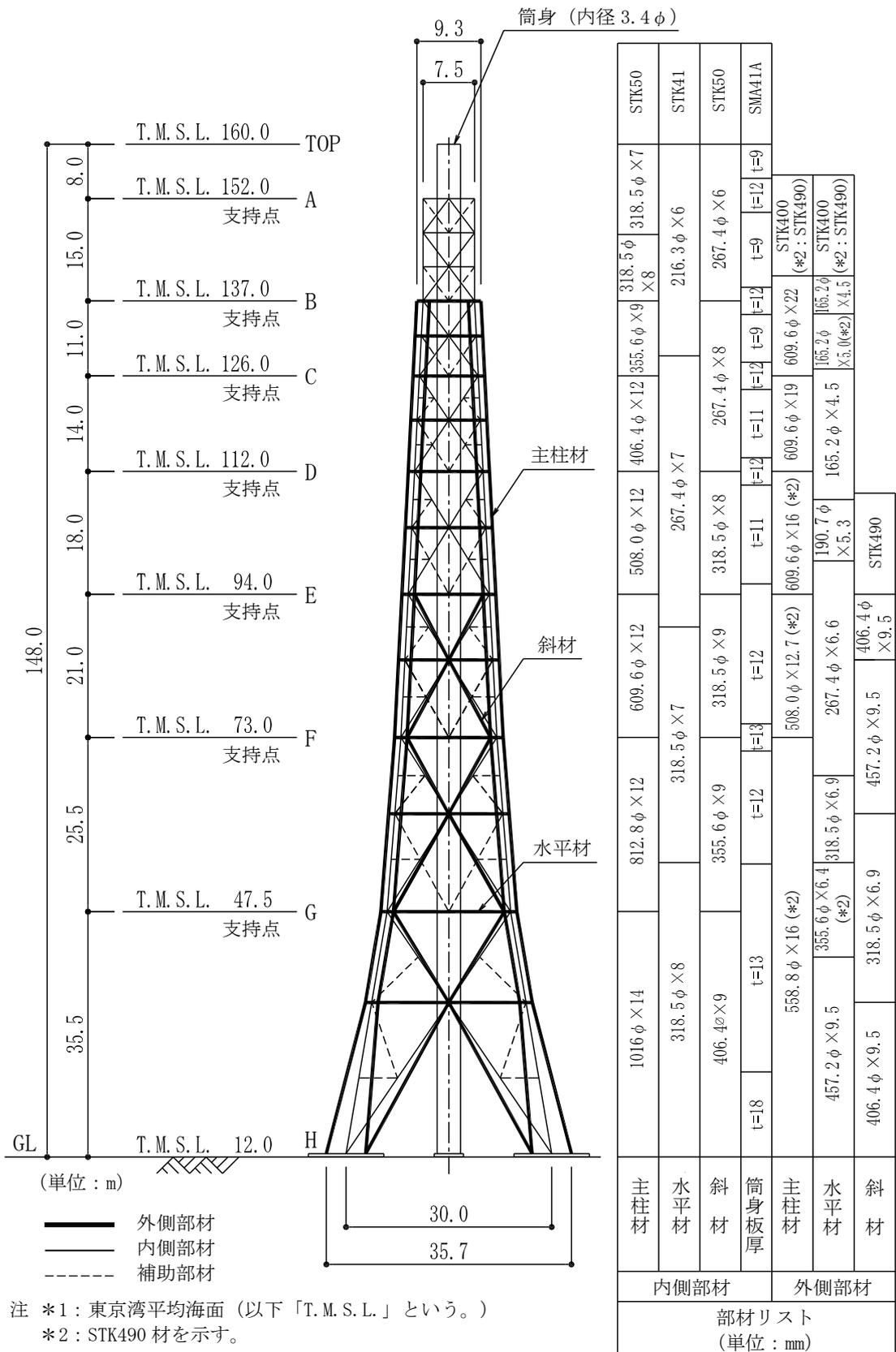


図 2-2 主排気筒の概要図 (地上部)

2.3 評価方針

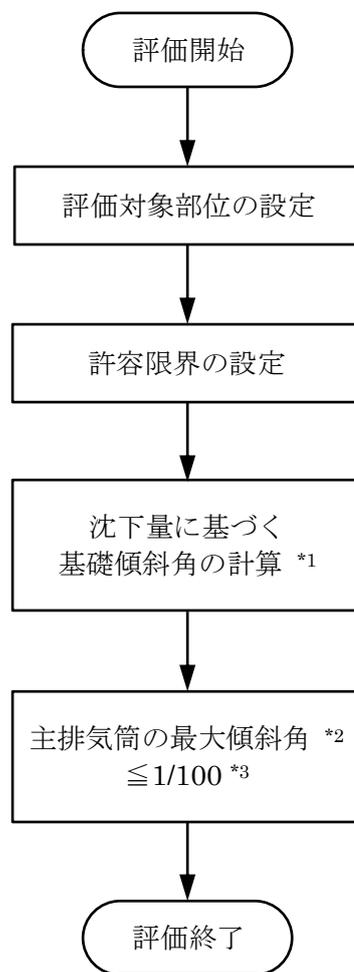
主排気筒は上位クラス施設と同じ運転状態を想定することから、重大事故等対処施設に対する波及的影響の評価を行う。

主排気筒の波及的影響の評価は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、隣接する上位クラス施設への波及的影響の評価として行う。

具体的には、基準地震動 S_s に対して、液状化のおそれが否定できない古安田層に着目し、その液状化による沈下量を用いて求められる主排気筒の基礎傾斜角が、主排気筒の倒壊に到る傾斜角に達しないことを確認することで、波及的影響が生じないことを評価する。

この基礎傾斜角は、保守的な条件として、杭を無視し、かつ、古安田層の全層が液状化した状態の最大限の沈下量が、主排気筒基礎の一端にのみ生じたと仮定して評価する。

主排気筒の波及的影響の評価フローを図2-3に示す。



注記 *1 : 保守的な条件として、杭を無視し、かつ、古安田層の沈下量が主排気筒基礎の一端にのみに生じたと仮定した場合の基礎傾斜角。

*2 : 上記基礎傾斜角を上部構造の傾斜角と捉えて評価。

*3 : 表 3-2 による。

図 2-3 主排気筒の波及的影響の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

主排気筒の波及的影響の評価を行う際に適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)

3. 評価方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

主排気筒の波及的影響評価の対象部位は、主排気筒全体とする。

評価方針としては、まず地盤のせん断ひずみと液状化に伴う体積ひずみの関係*1（図 3-1）から、古安田層に相当する相対密度における最大限の体積ひずみを求め、次に古安田層の全層にその最大限の体積ひずみが生じたと仮定し沈下量を求める。更に、その沈下量が基礎の一端にのみ生じると仮定した場合に、主排気筒が倒壊に到るような基礎傾斜角となっていないことを確認する。

3.2 地盤条件

主排気筒が立地する地盤の地質構成を表 3-1 に示す。

この地質構成は、既に認可された工事計画の添付書類*2 で適用実績がある地盤構成であり、T. M. S. L. -134.0m の解放基盤表面以浅が西山層で、それ以浅が古安田層、更に、表層付近が埋戻し土（地盤改良土）となっている。

表 3-1 主排気筒が立地する地盤の地質構成

| 標高 T. M. S. L. (m) | 地質 | 備考 |
|--------------------------|-----------------|----------------|
| 12.0 | — | |
| 0.0 | 埋戻し土 (地盤改良土) | |
| -9.0 | 古安田層 | 古安田層全層を液状化層と仮定 |
| -60.0 | 西山層 | ▼解放基盤表面 |
| -100.0 | | |
| -134.0 | | |
| ∞ | 椎谷層 | |

注記*1: Ishihara, K. and Yoshimine, M. 1992. " EVALUATION OF SETTLEMENTS IN SAND DEPOSITS FOLLOWING LIQUEFACTION DURING EARTHQUAKES" Soils and Foundations, Vol32, No.1, 173-188.

*2: 柏崎刈羽原子力発電所 5 号機『工事計画届出書』（総官発 20 第 331 号 平成 21 年 2 月 20 日）参照。

3.3 許容限界

主排気筒の傾斜角の許容限界は、建築基準法に対応した「評定・評価を踏まえた高層建築物の構造設計実務」（(財)日本建築センター，平成14年）を参考に設定する。

波及的影響の評価における許容限界を表3-2に示す。

表3-2 波及的影響の評価における許容限界

| 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部 位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界 |
|---------------------|-------------------------|--------|------------------------------------|------------------|
| 上位クラス施設に波及的影響を及ぼさない | 基準地震動 S _s | 主排気筒全体 | 最大傾斜角が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認 | 最大傾斜角 1/100 * |

注記 *：「評定・評価を踏まえた高層建築物の構造設計実務」（(財)日本建築センター，平成14年）を参考とする。

3.4 評価方法

主排気筒の波及的影響の評価方法は、地盤改良土と支持層である西山層との間に介在する古安田層の液状化による影響が否定できないことから、液状化に伴う古安田層の最大限の沈下量が、主排気筒基礎の一端にのみ生じたと仮定した場合の主排気筒の基礎傾斜角を用いて、主排気筒全体が倒壊に到らないことを確認することで行う。

最大限の沈下量については、図 3-1 に示す最大せん断ひずみと体積ひずみの関係を用いて設定する。具体的には、まず、古安田層の相対密度をその砂層の調査結果*から保守的に 80%と仮定し、次に、図 3-1 の 80%における砂質土の体積ひずみの最大値を踏まえ、古安田層の体積ひずみを 2.0%と設定した時の沈下量とする。

以上より、沈下量 u_z 並びにその沈下量 u_z に基づく基礎傾斜角 θ_z は、図 3-2 に示すとおり主排気筒基礎の根開きをLとすれば、下式で算定できる。

$$u_z = h_o \cdot \varepsilon_{\max} \quad \theta_z = \frac{u_z}{L}$$

- ここで、
- u_z : 沈下量 (mm)
 - h_o : 古安田層の全層厚 (=9.0m)
 - ε_{\max} : 相対密度 $Dr=80\%$ での最大限の体積ひずみ (=保守的に2.0%)
 - θ_z : 基礎傾斜角
 - L : 排気筒基礎の根開き (=30.0m)

注記 * : 発電用原子炉設置変更許可申請 (原管発官 25 第 192 号) に係る審査資料「KK67-0056 実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」への適合状況について」の「添付資料 1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて」のうち「別紙 34 揺すり込み沈下の影響評価」参照

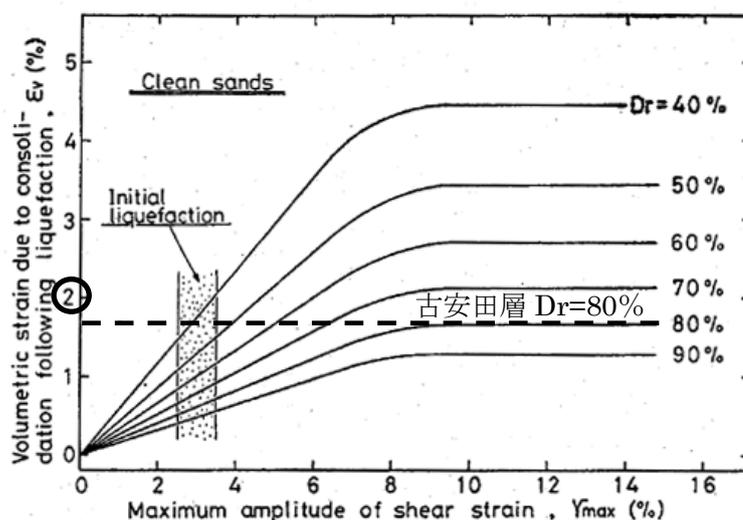
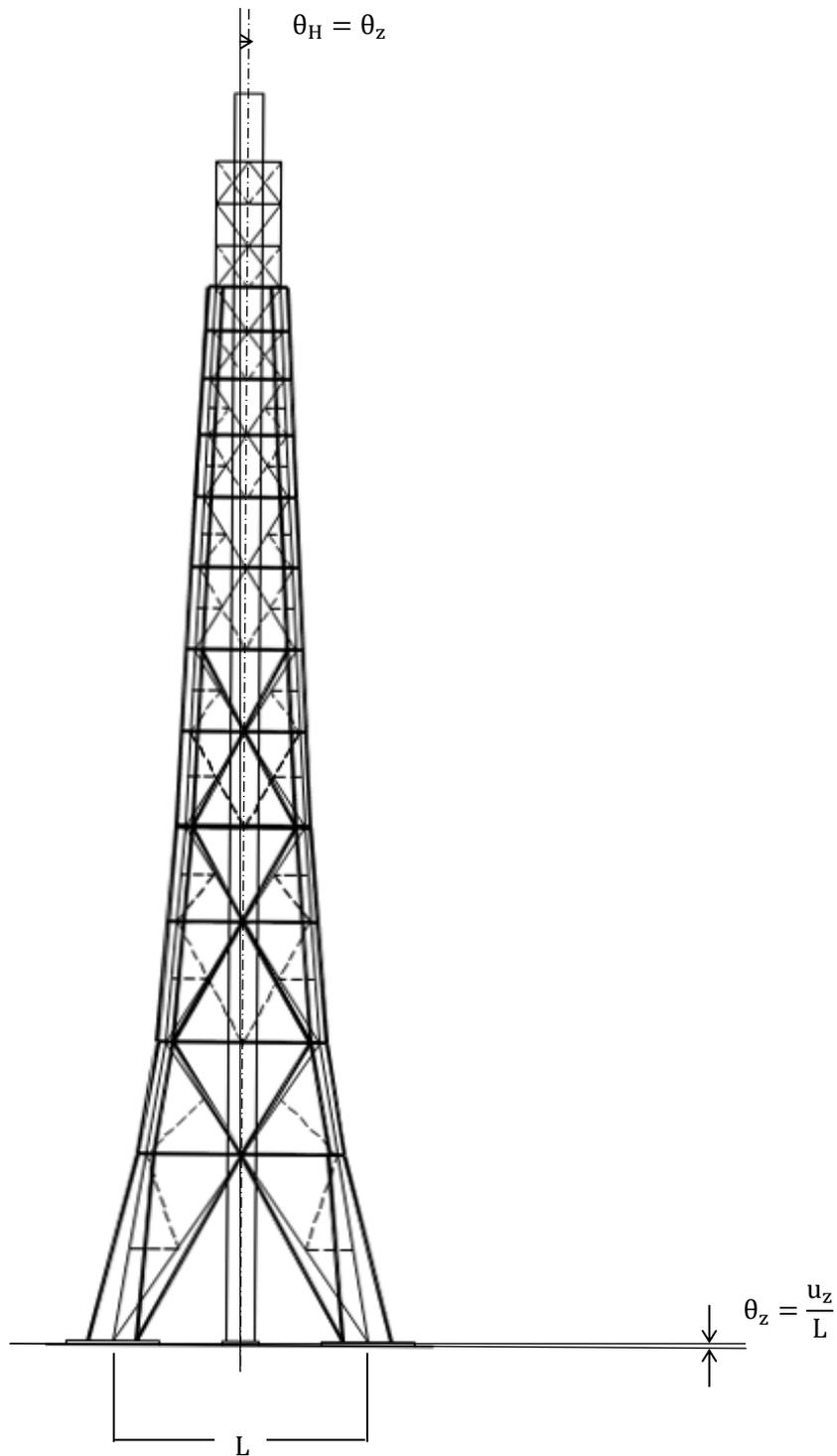


図 3-1 砂質土のせん断ひずみと液状化に伴う圧密による体積ひずみの関係 (Ishihara, K. and Yoshimine, M. の図に古安田層条件を加筆)



液状化層(古安田層)の最大限の沈下量が、主排気筒基礎の一端にのみ生じたと仮定した場合の主排気筒の基礎傾斜角 θ_z を上部構造の最大傾斜角 θ_H と捉えて評価する。

図 3-2 主排気筒の傾斜角の考え方

4. 評価結果

地盤改良土と支持層である西山層との間に介在する古安田層が液状化した状態における最大限の沈下量及びその沈下量から求めた最大傾斜角を表 4-1 に示す。

表 4-1 古安田層の液状化を考慮した沈下量及び最大傾斜角

| | 沈下量 (mm) | 最大傾斜角 | 許容限界 |
|-----|-------------|-------|-------|
| 最大値 | 180 | 1/166 | 1/100 |

5. まとめ

以上より、液状化により古安田層が最大限に沈下したと仮定しても、主排気筒は、倒壊に至ることはなく、上位クラス施設へ波及的影響を与えることはない。

別紙 1 5号機主排気筒の基準地震動 S_s による応答変位について

1. 概要

本資料は、5号機主排気筒（以下「主排気筒」という。）が、上位クラス施設に対して、波及的影響を及ぼさないことを確認するために、基準地震動 S_s による主排気筒の変形性能の評価を行う。

2. 構造概要

主排気筒は、地上からの高さ 148.0m（内径 3.4m）の鋼製筒身で、高さ 140.0m（根開き 30.0m、頂部幅 7.5m）の鋼製鉄塔で支えられている鉄塔支持型排気筒である。

主排気筒の概要図を図 2-1 に示す。

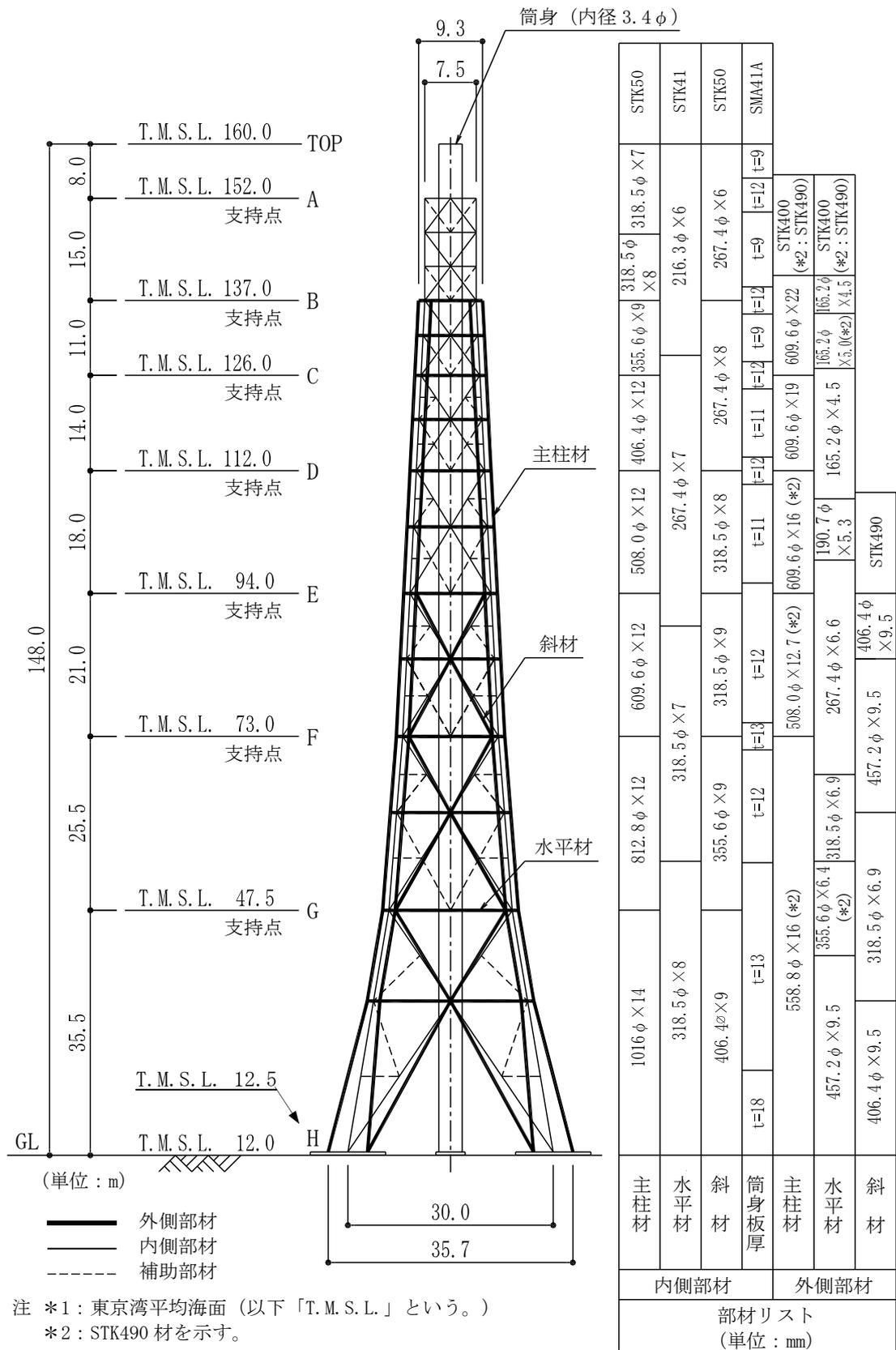


図 2-1 主排気筒の概要図

3. 評価方針

主排気筒の基準地震動 S_s （以下、「 S_s 地震時」という。）による地震応答解析を実施して、主排気筒が倒壊するような変形角に至らないことを確認する。

具体的には、「4.2 入力地震動」及び「4.3 地震応答解析モデル」に示すとおり、古安田層の液状化による影響を考慮した地盤の有効応力解析から求まる地盤応答波を入力地震動として、主排気筒を3次元フレームモデルとした地震応答解析モデルによる弾性時刻歴応答解析を行うこととする。その結果から得られた応答変位のうち、主排気筒の頂部の最大水平変位に基づき、主排気筒の全体変形角を求めて評価する。

主排気筒の S_s 地震に対する波及的影響の評価フローを図 3-1 に示す。

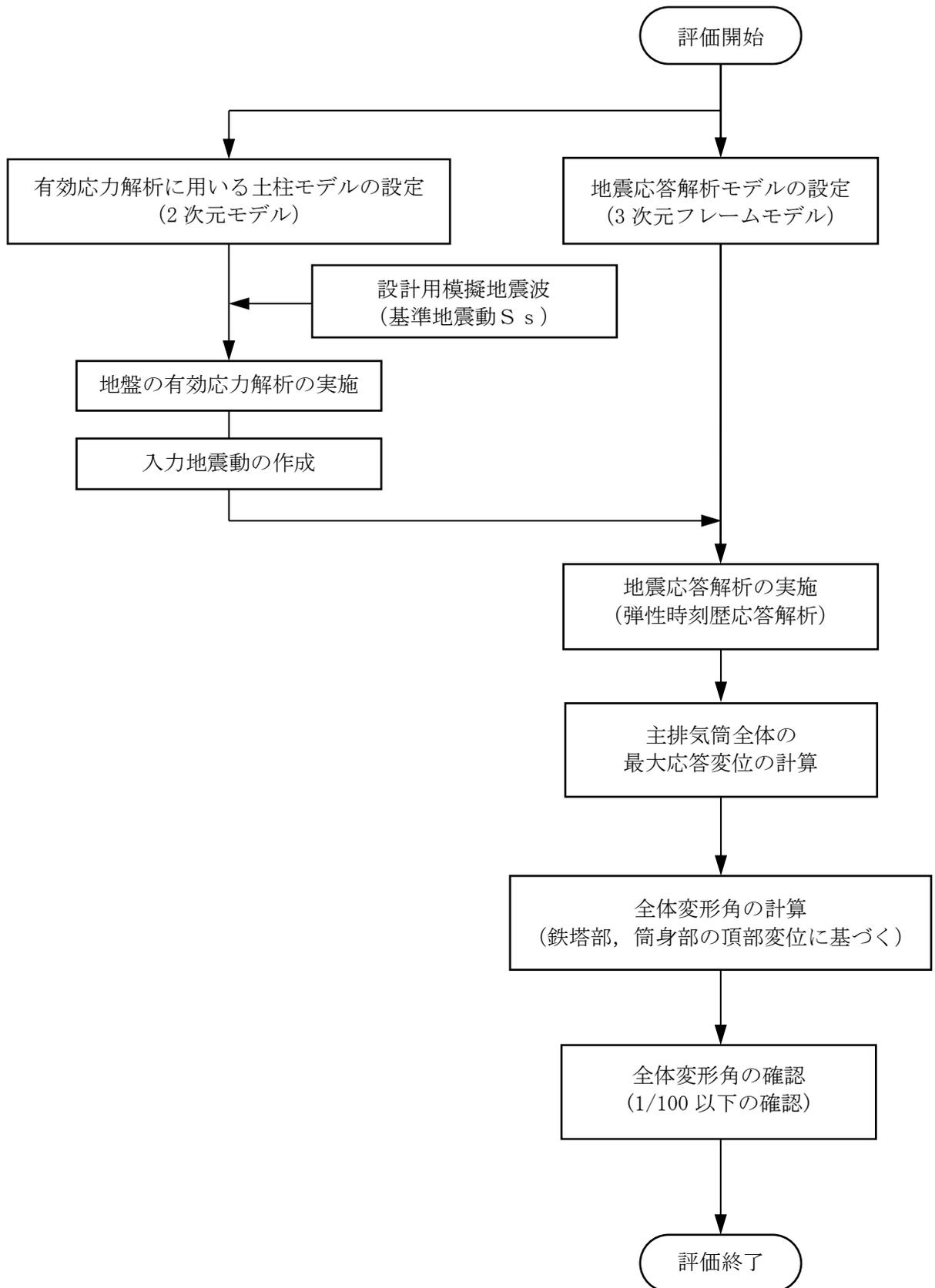


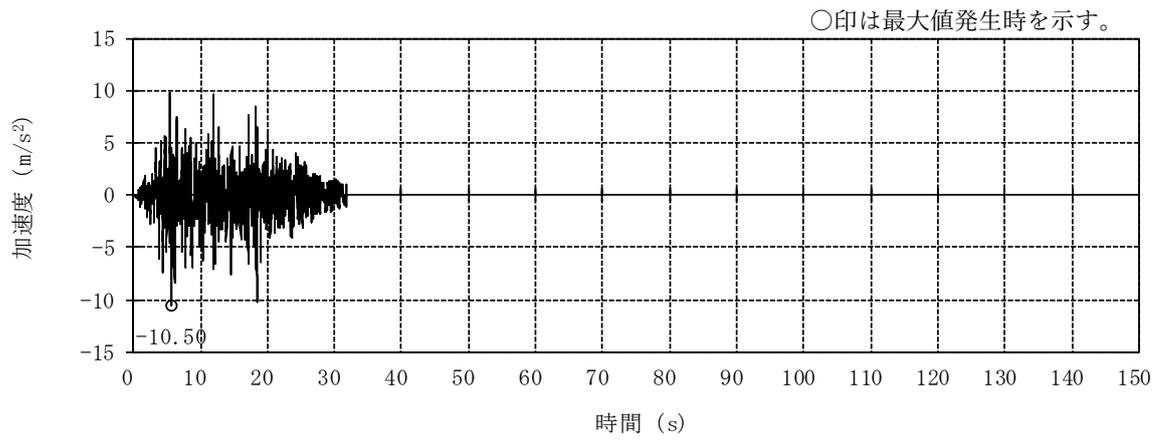
図 3-1 主排気筒の S_s 地震に対する波及的影響の評価フロー

4. 評価条件

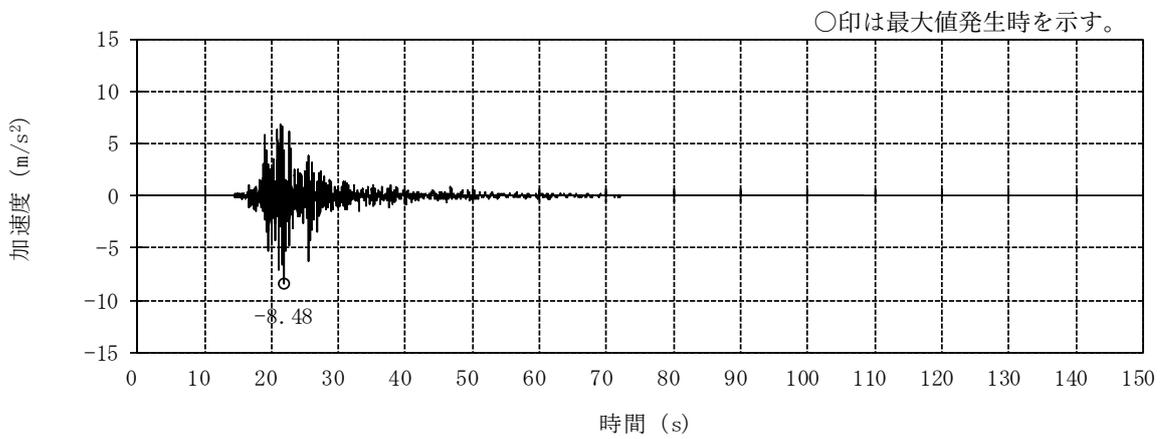
4.1 設計用模擬地震波

主排気筒の地震応答解析に用いる設計用模擬地震波はV-2-1-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」に示す解放基盤表面レベルに想定する設計用模擬地震波のうち、基準地震動 S_s として作成した設計用模擬地震波を用いる。

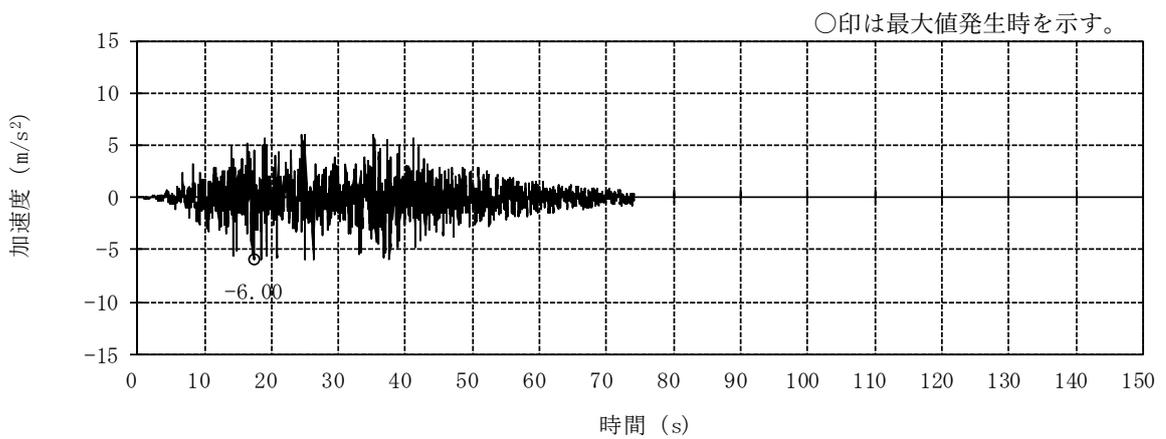
基準地震動 S_s として作成した設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図4-1～図4-4に示す。



(a) Ss-1H

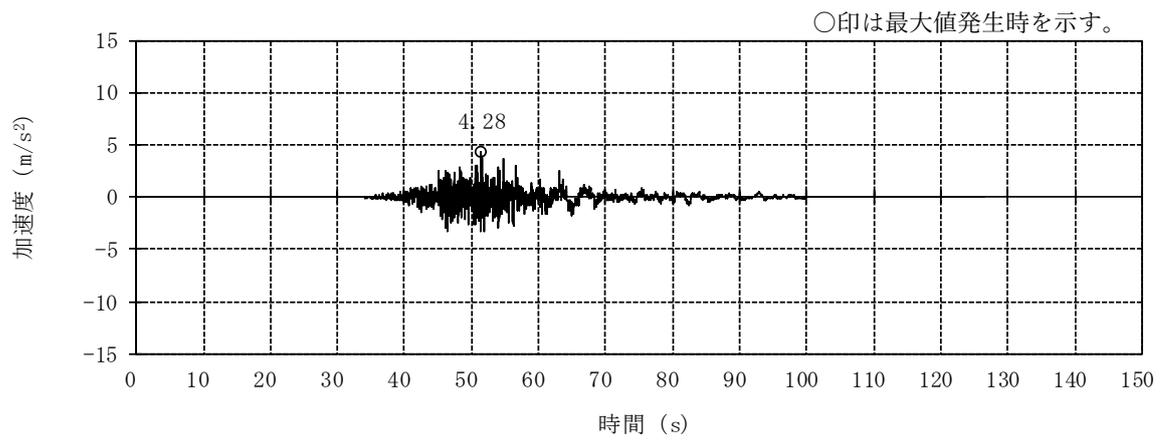


(b) Ss-2NS

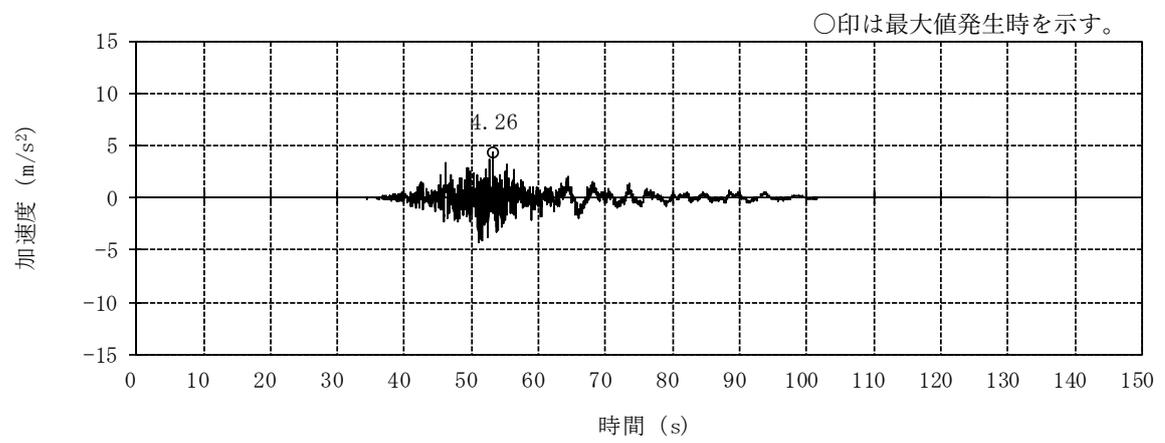


(c) Ss-3H

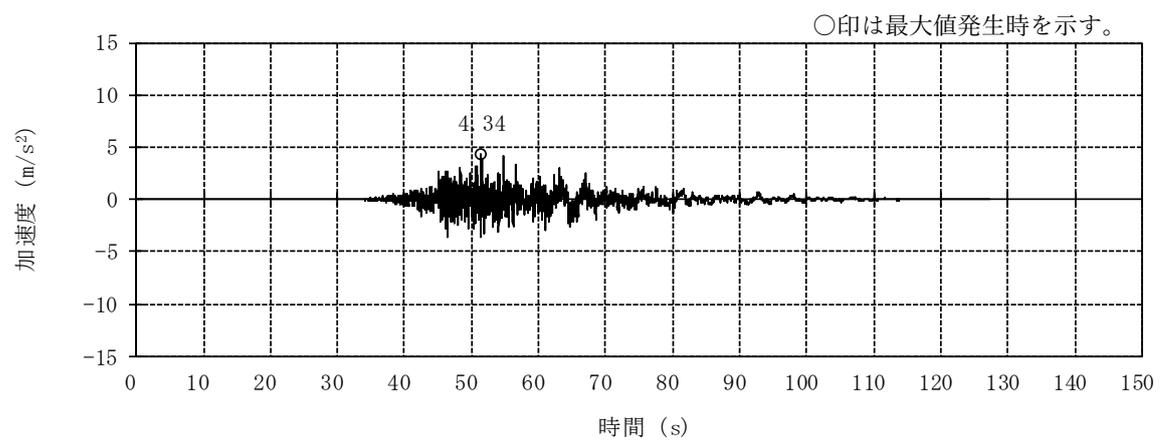
図 4-1 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s, NS 方向) (1/3)



(d) S_s-4NS

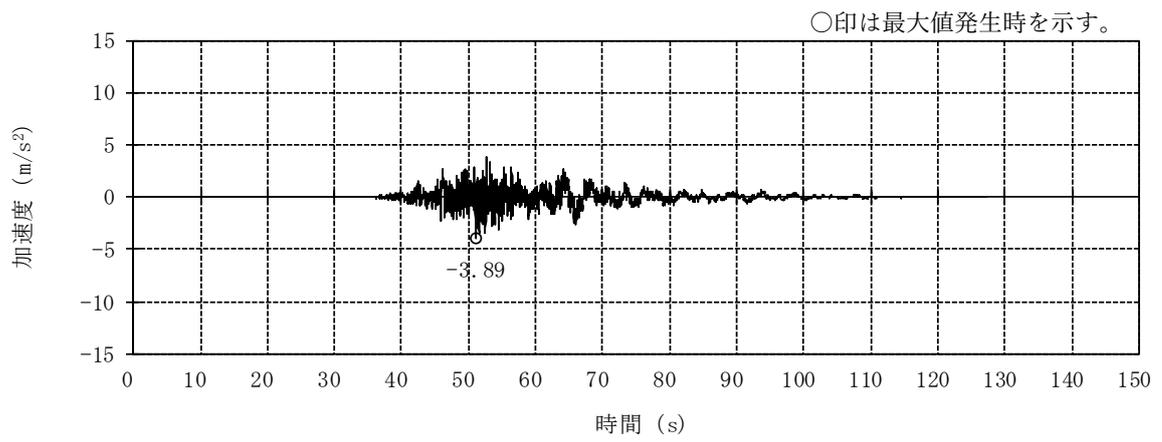


(e) S_s-5NS

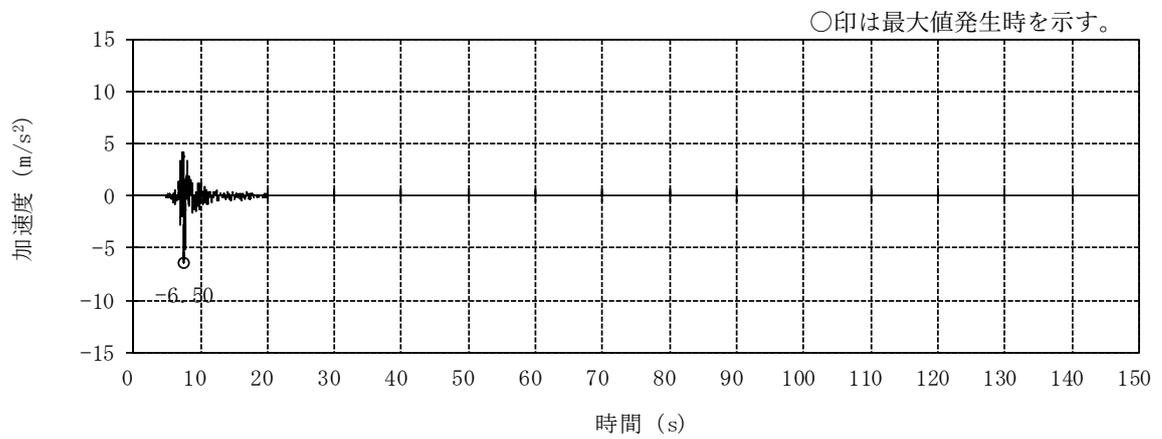


(f) S_s-6NS

図 4-1 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/3)

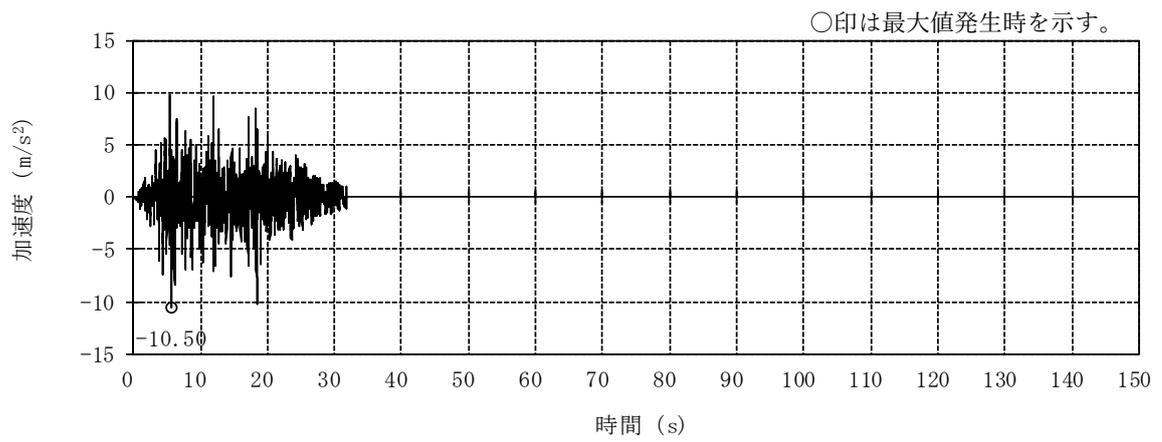


(g) S_s-7NS

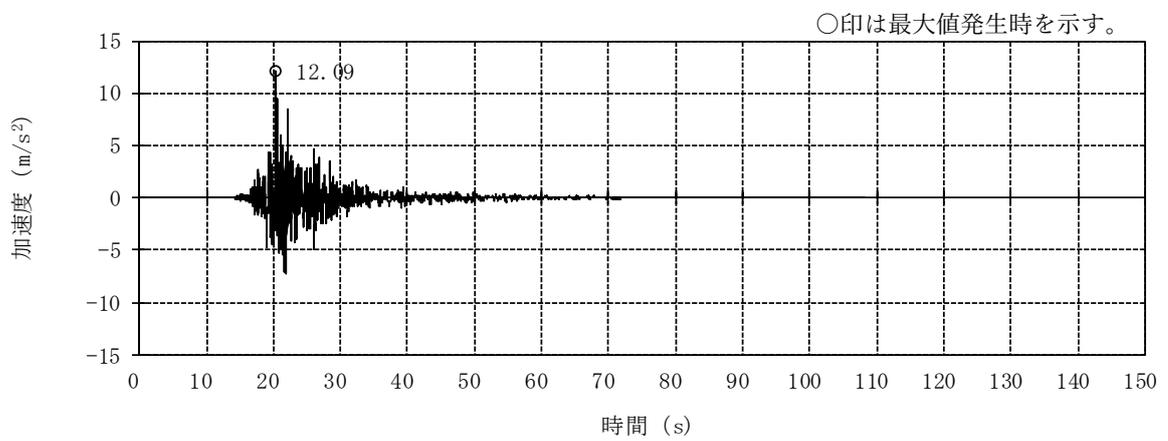


(h) S_s-8H

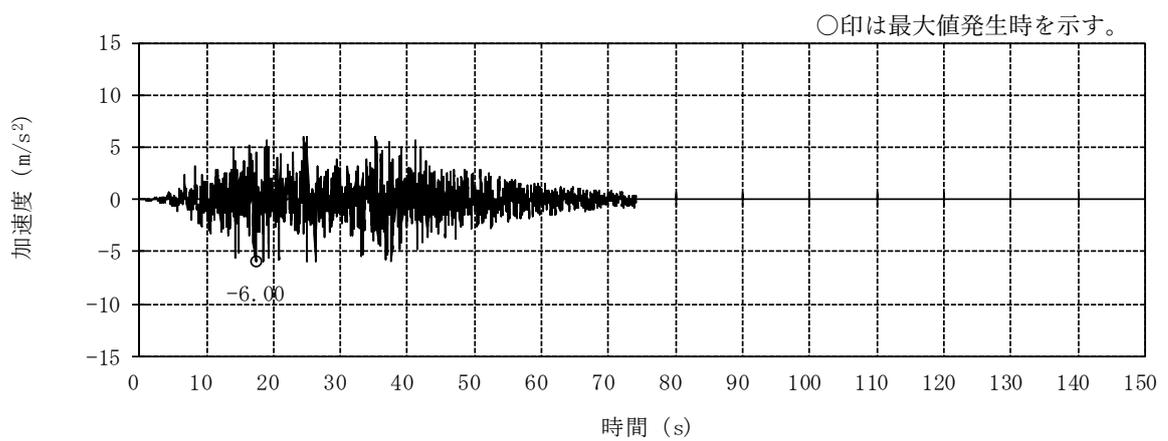
図 4-1 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s, NS 方向) (3/3)



(a) Ss-1H

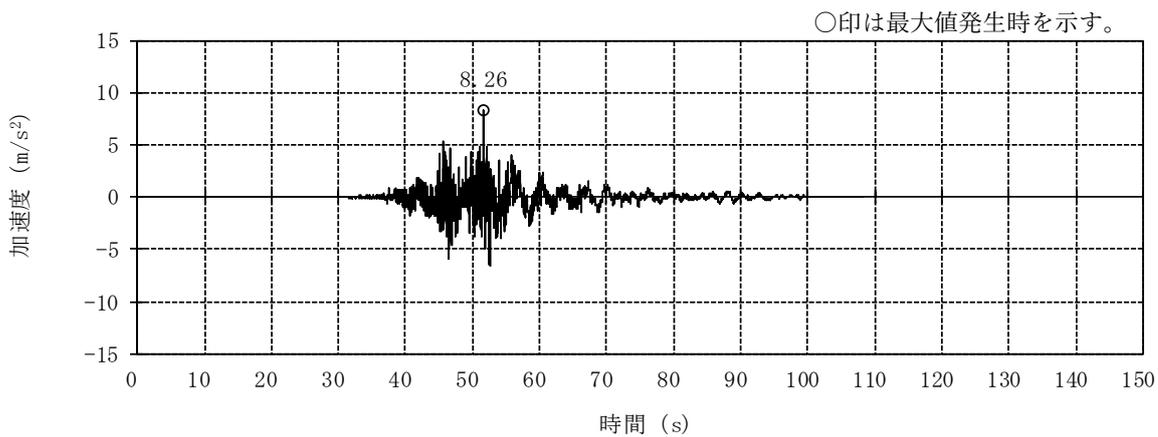


(b) Ss-2EW

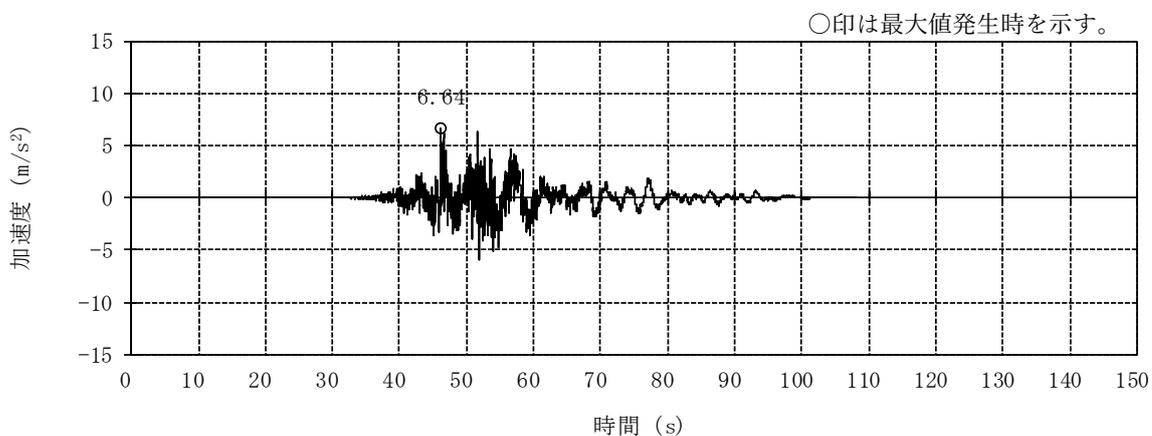


(c) Ss-3H

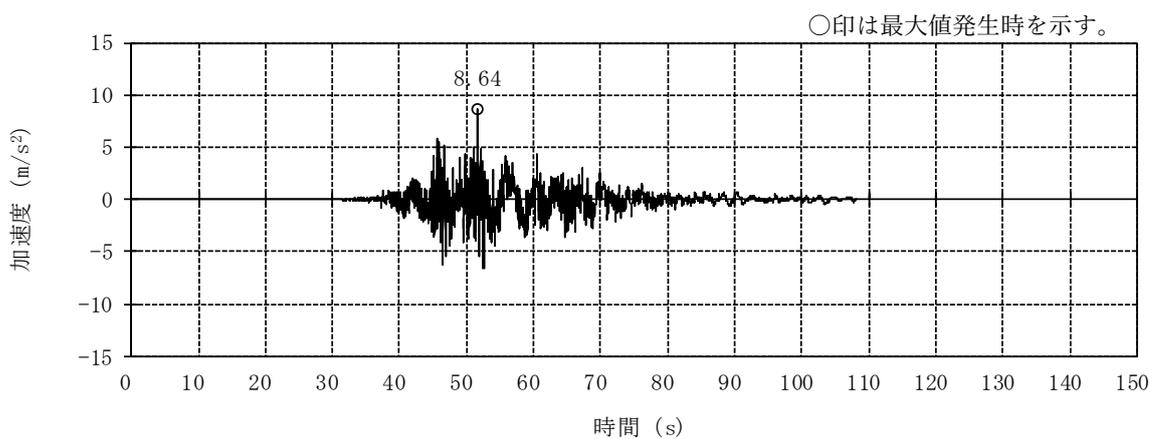
図 4-2 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/3)



(d) S_s-4EW

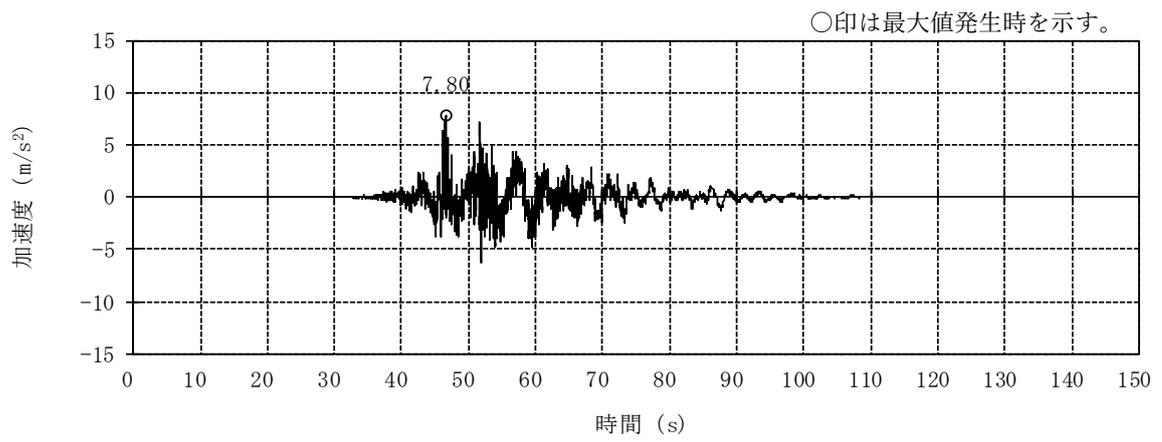


(e) S_s-5EW

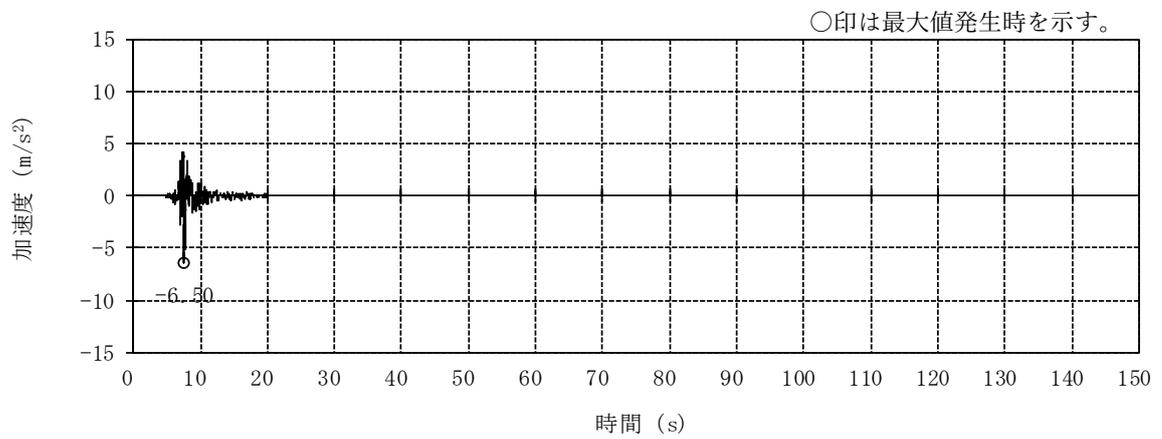


(f) S_s-6EW

図 4-2 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/3)

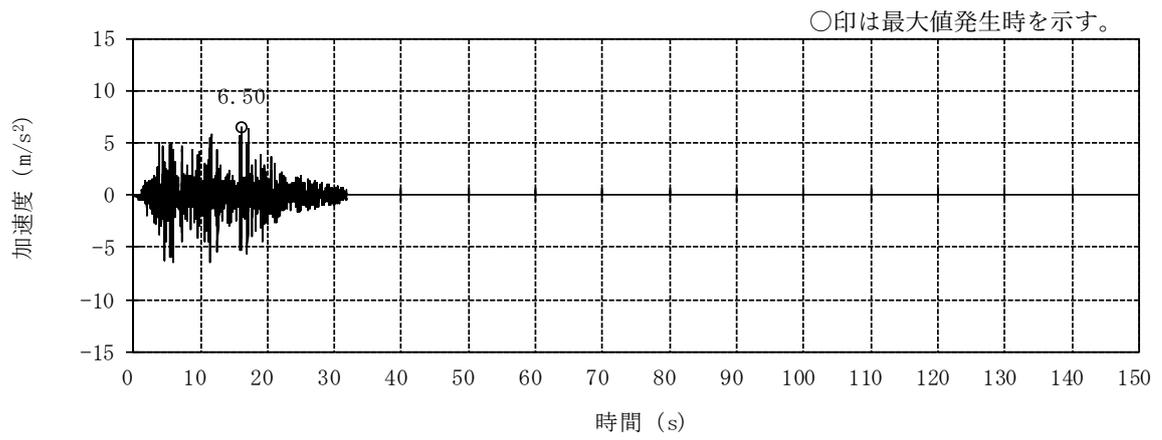


(g) Ss-7EW

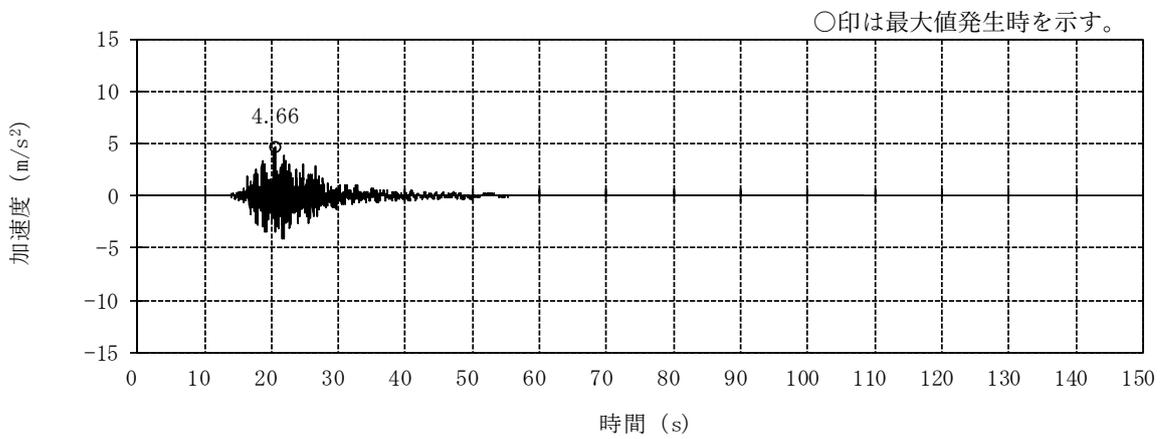


(h) Ss-8H

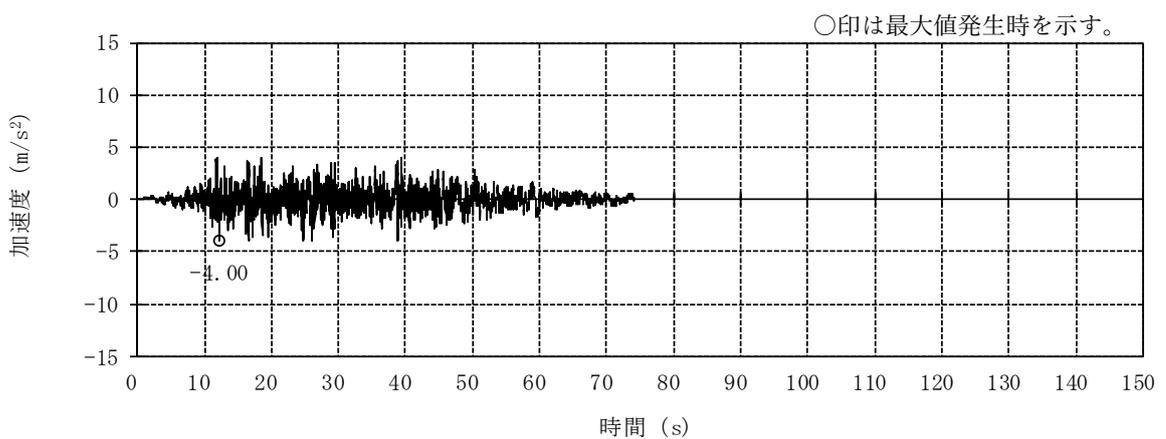
図 4-2 加速度時刻歴波形（基準地震動 S s, EW 方向）(3/3)



(a) Ss-1V

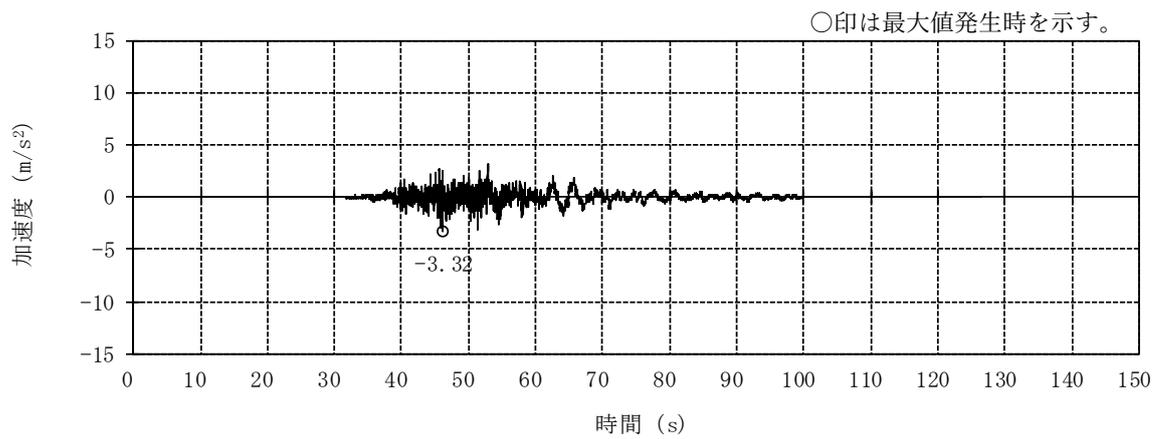


(b) Ss-2UD

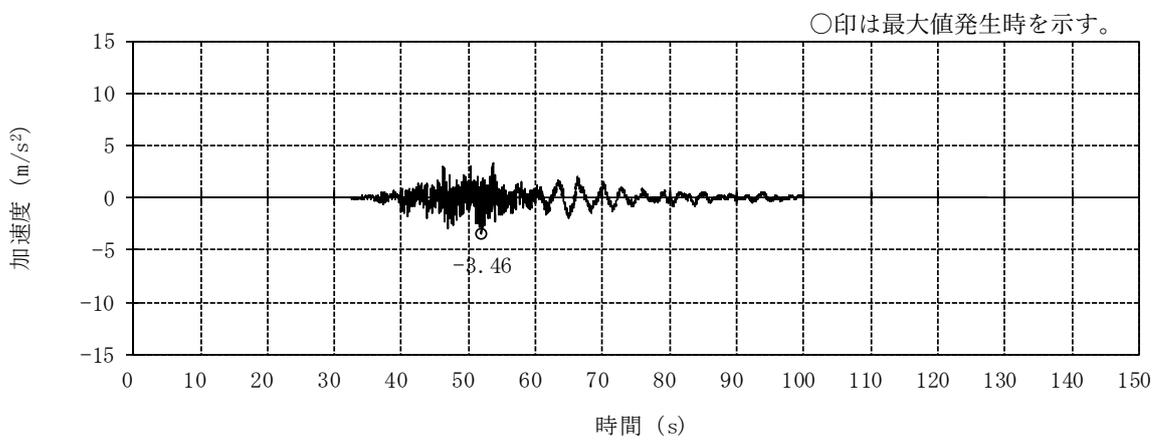


(c) Ss-3V

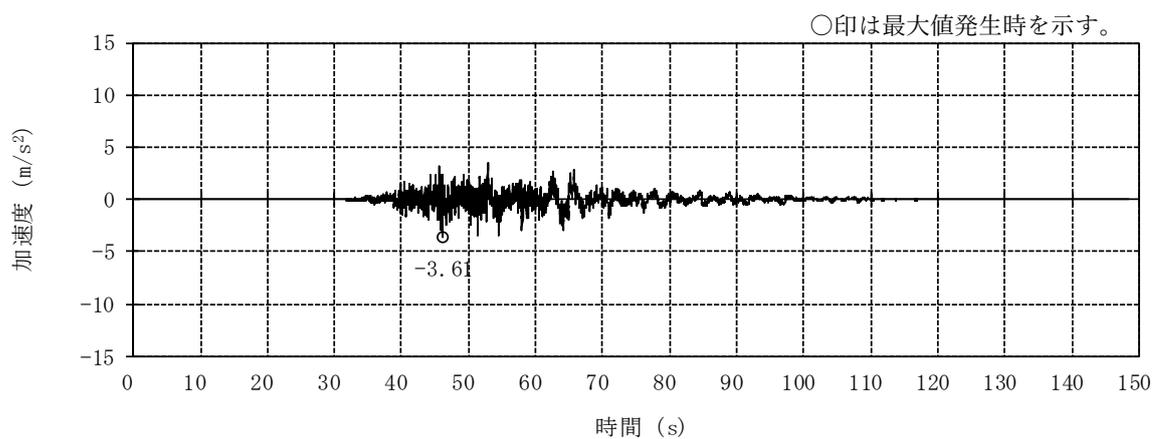
図 4-3 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s, 鉛直方向) (1/3)



(d) S_s-4UD

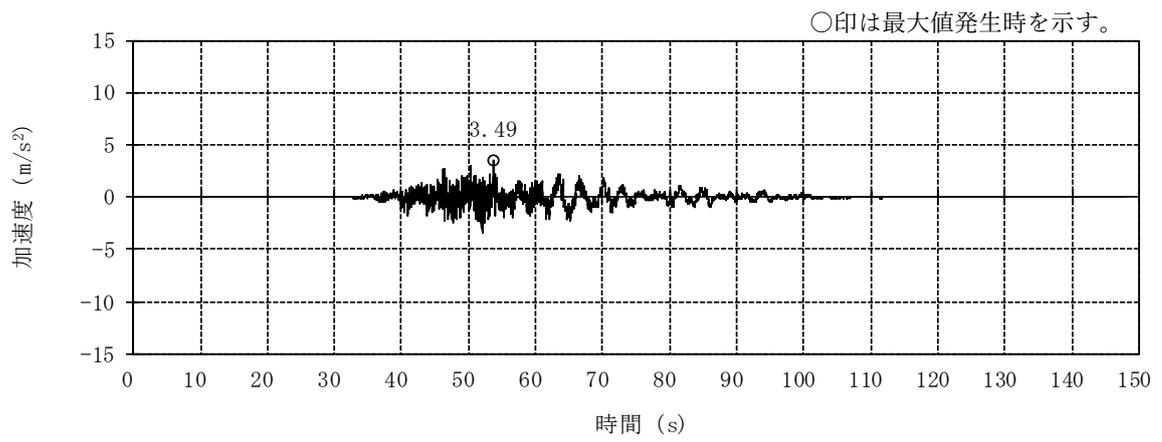


(e) S_s-5UD

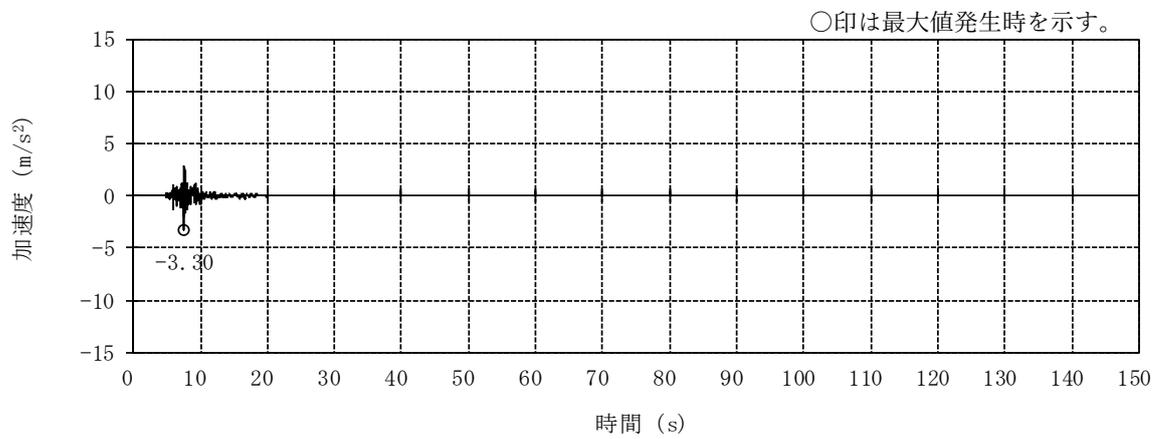


(f) S_s-6UD

図 4-3 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S_s, 鉛直方向) (2/3)

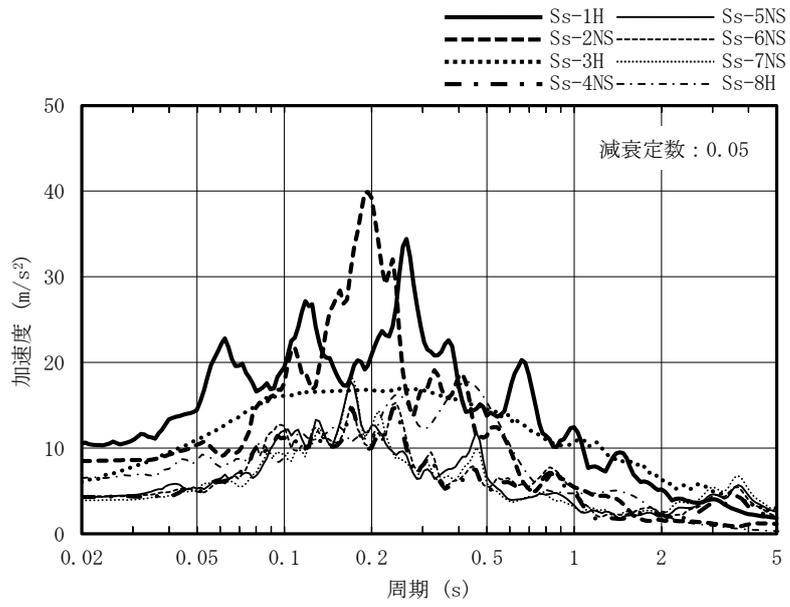


(g) Ss-7UD

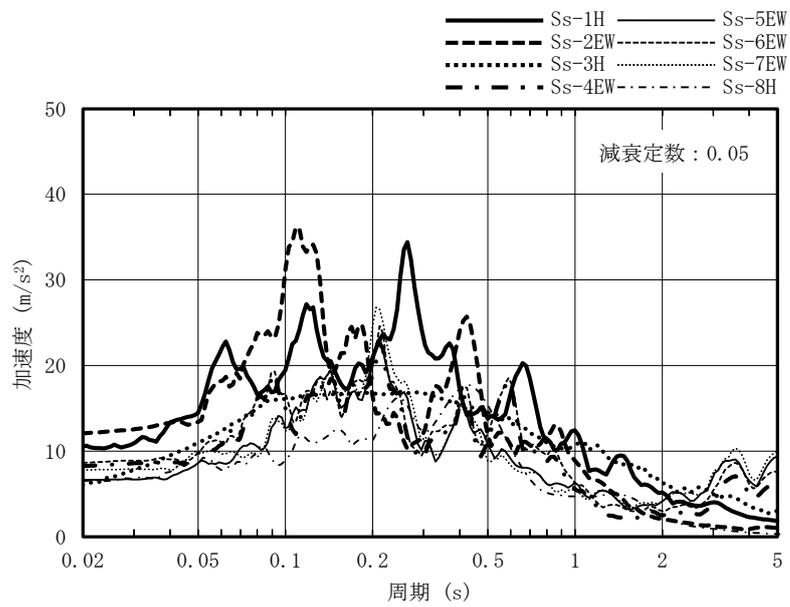


(h) Ss-8V

図 4-3 加速度時刻歴波形（基準地震動 S_s，鉛直方向）（3/3）

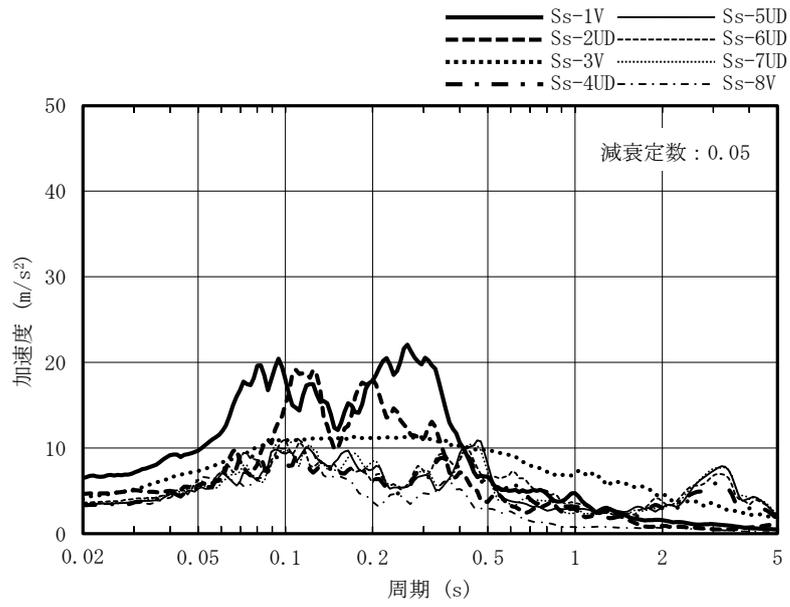


(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 4-4 加速度応答スペクトル (基準地震動 S s) (1/2)



(c) 鉛直方向

図 4-4 加速度応答スペクトル (基準地震動 S s) (2/2)

4.2 入力地震動

設計用模擬地震波（基準地震動 S_s ）を本敷地の T.M.S.L. -134.0m に想定した解放基盤表面の波として定義し、主排気筒基礎直下の古安田層の液状化による影響を考慮した表 4-1 に示す地盤モデル（土柱モデル）を用いた有効応力解析（逐次非線形解析）を実施し、主排気筒基礎下端（T.M.S.L. 7.0m）での地盤応答波を求め、これを入力地震動とする。入力地震動の作成方法を図 4-5 に示す。

この地盤の有効応力解析に用いる条件は V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」による。また、古安田層には、液状化が否定できない A2s 層又は A3s 層が介在することから、全層を液状化対象層と仮定し、表 4-2 に示す液状化パラメータを用いて設定した液状化抵抗曲線（図 4-6）を適用する。なお、地盤の有効応力解析には、解析コード「FLIP」を用いる。

以上の有効応力解析から求めた入力地震動の加速度応答スペクトルを比較し図 4-7 に示す。これによると、主排気筒の応答に支配的な 1 次固有周期帯（表 5-1 参照）で卓越している地震波は S_s -2 であり、以降の評価では、 S_s -2 で代表させることとする。その加速度波形を図 4-8 に、加速度応答スペクトルを図 4-9 に示す。

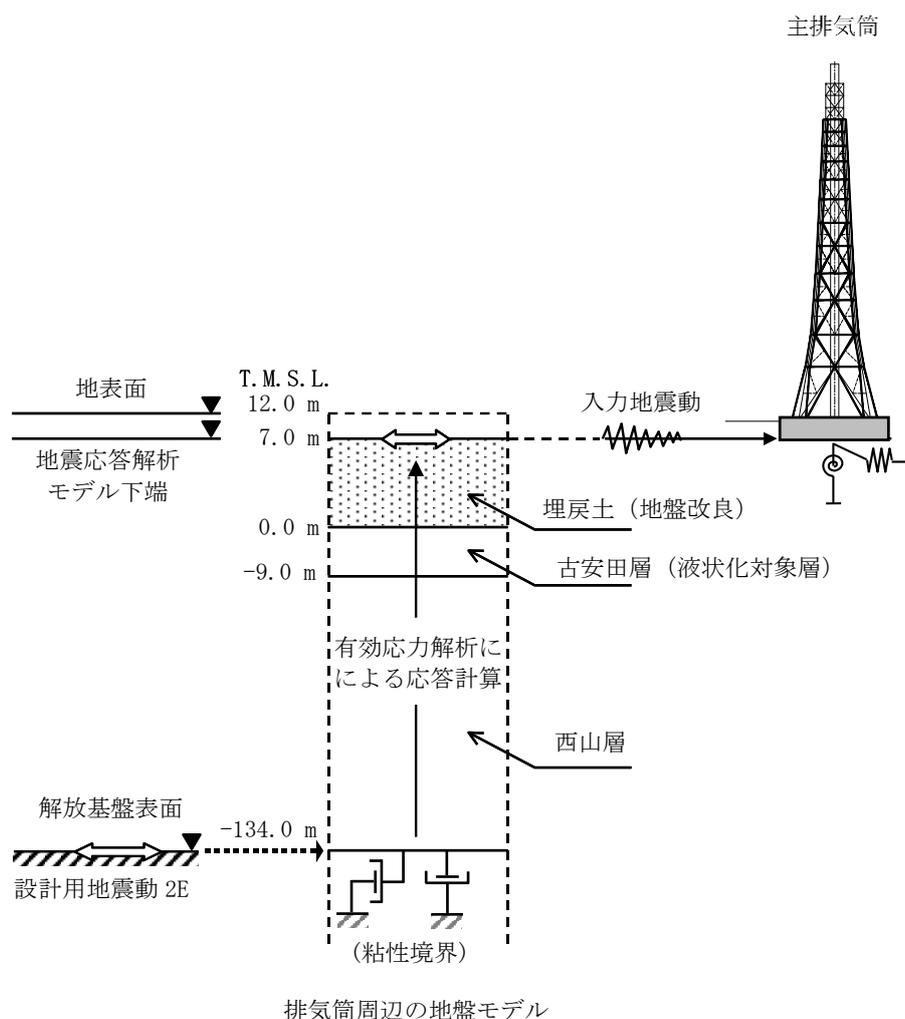


図 4-5 入力地震動の作成方法

表 4-1 地盤モデル (初期条件)

| 標高 T. M. S. L. (m) | 地質 | せん断波 速度 V _s (m/s) | 単体体積 重量 γ _t (kN/m ³) | ポアソン比 ν | 初期せん断 弾性係数 G _o (×10 ⁵ kN/m ²) | 粘着力 ^{*3} C (×10 ³ kN/m ²) | 内部摩擦角 ^{*3} φ (度) | 減衰定数 ^{*3} (上限値) h _{max} (%) |
|--------------------------|---------------|---------------------------------------|--|--------------------|--|---|---------------------------------|--|
| +12.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| ±0.0 | 埋戻土 (地盤改良) | 800 | 17.9 | 0.31 | 11.68 | 4.30 | 0.01 | 20.0 |
| -9.0 | 古安田層 | 310 | 17.5 | 0.33 ^{*1} | 2.39 ^{*2} | 0.00 | 36.6 | 15.7 |
| -60.0 | 西山層 | 490 | 16.7 | 0.45 | 4.09 | 1.39 | 0.0 | 20.0 |
| -100.0 | | 560 | 17.2 | 0.44 | 5.50 | 1.87 | 0.0 | 20.0 |
| -134.0 | | 610 | 18.0 | 0.43 | 6.83 | 2.33 | 0.0 | 20.0 |
| ∞ | 椎谷層 | 710 | 19.9 | 0.42 | 10.2 | — | — | — |

注記 *1: 液状化対象層に適用される慣用値。

*2: 液状化対象層に適用される拘束圧依存性を考慮した値。

*3: 強度特性 (C, φ) 及び減衰定数 (上限値) は, 動的変形特性に基づき設定した値。

表 4-2 液状化パラメータ*

(図 4-6 に示す液状化抵抗曲線を求めるための要素シミュレーションに用いた値)

| σ'_{ma} (kN/m ²) | φ _p | S ₁ | w ₁ | p ₁ | p ₂ | c ₁ |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 200 | 32.0 | 0.005 | 22.00 | 0.50 | 0.80 | 8.90 |

注記 *: V-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」による。

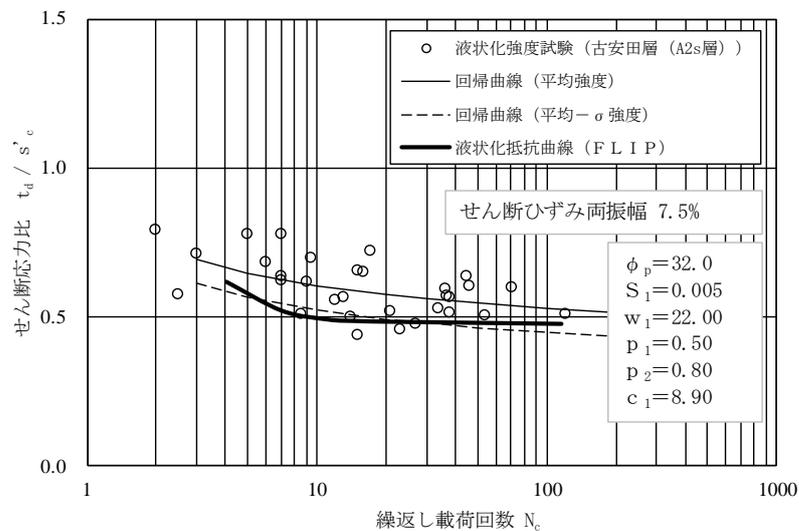
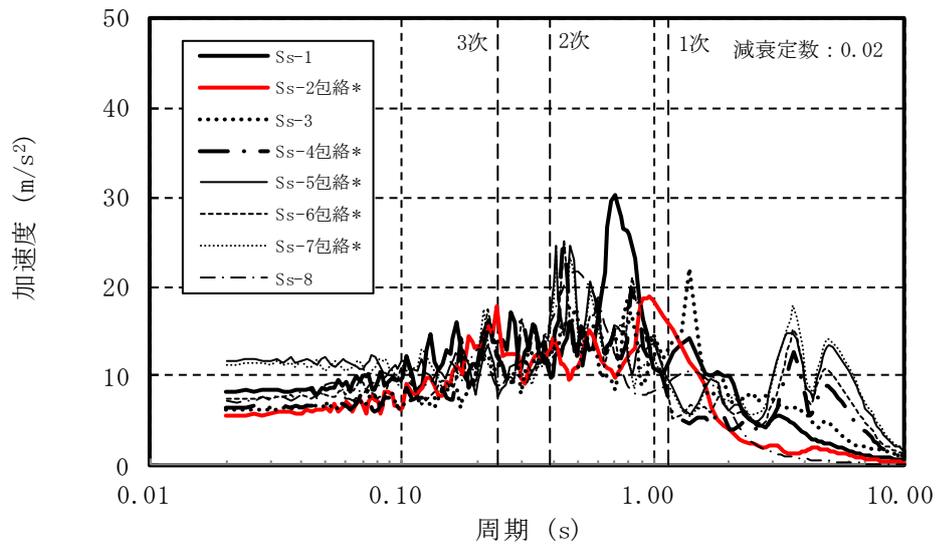
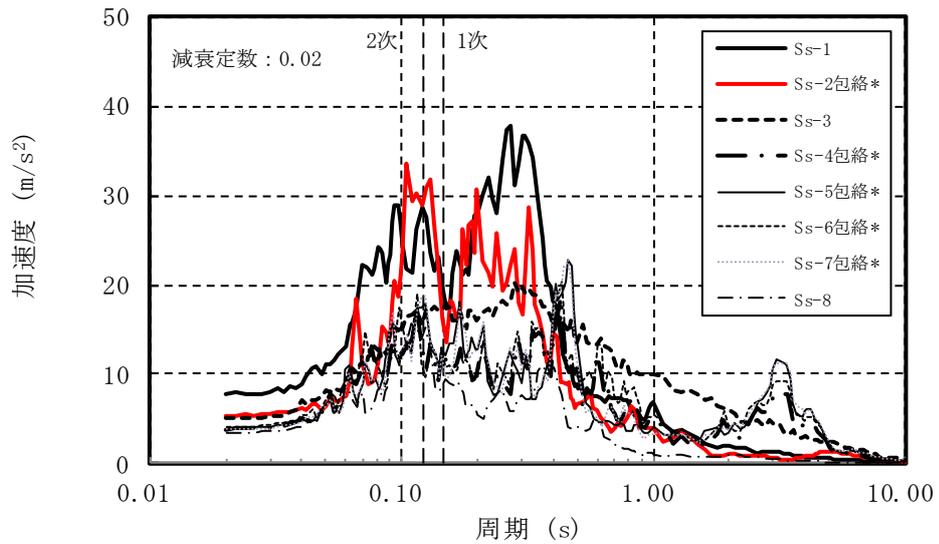


図 4-6 液状化抵抗曲線 (古安田層 A2s 層又は A3s 層: 平均値-σ)
(V-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき回帰した結果)



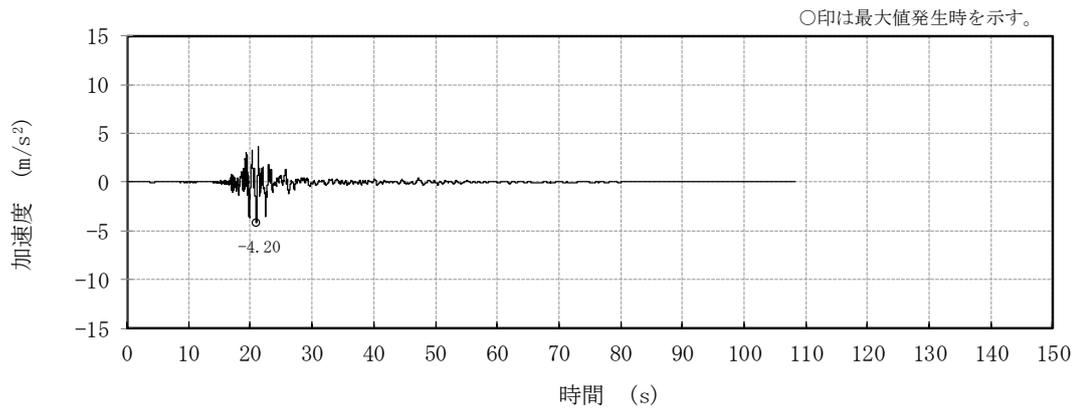
(a) 水平方向



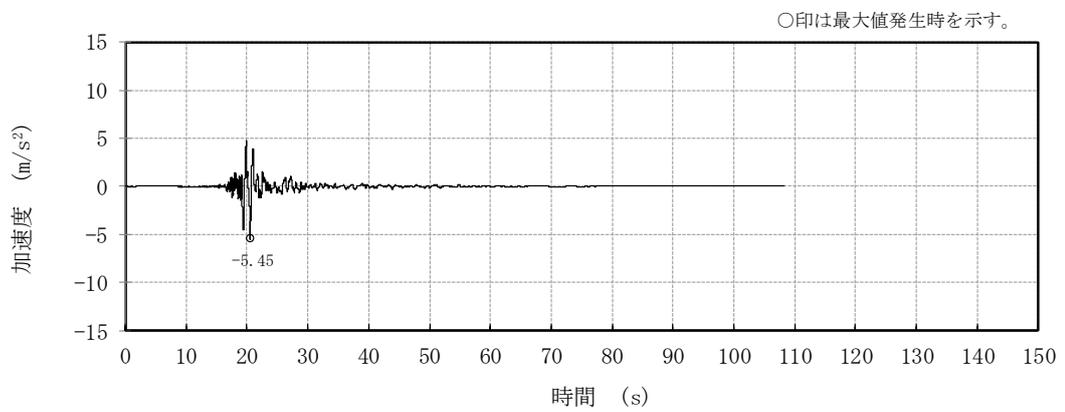
(b) 鉛直方向

注記 * : 水平 2 成分を有する基準地震動 S_s の水平鉛直同時入力により求めた入力地震動の包絡値を示す。

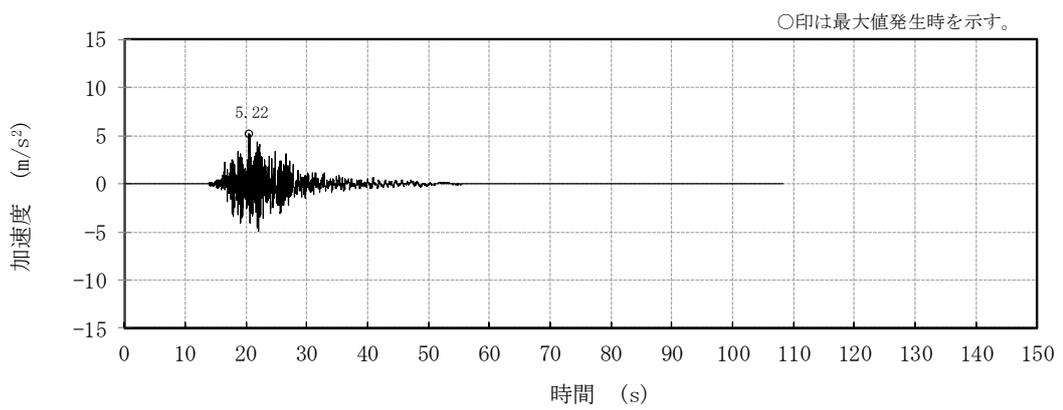
図 4-7 入力地震動の加速度応答スペクトルの比較
(1 次, 2 次, 3 次は表 5-1 の固有周期に対応する。)



(a) NS 方向

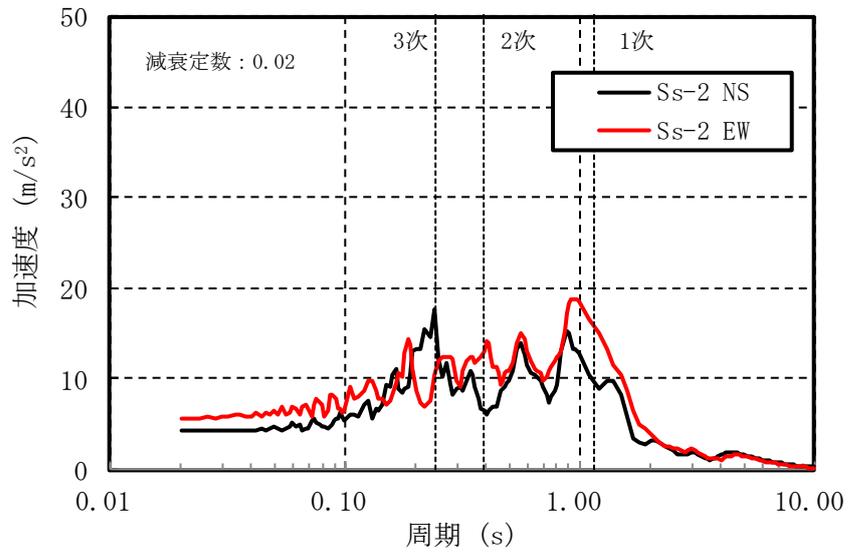


(b) EW 方向

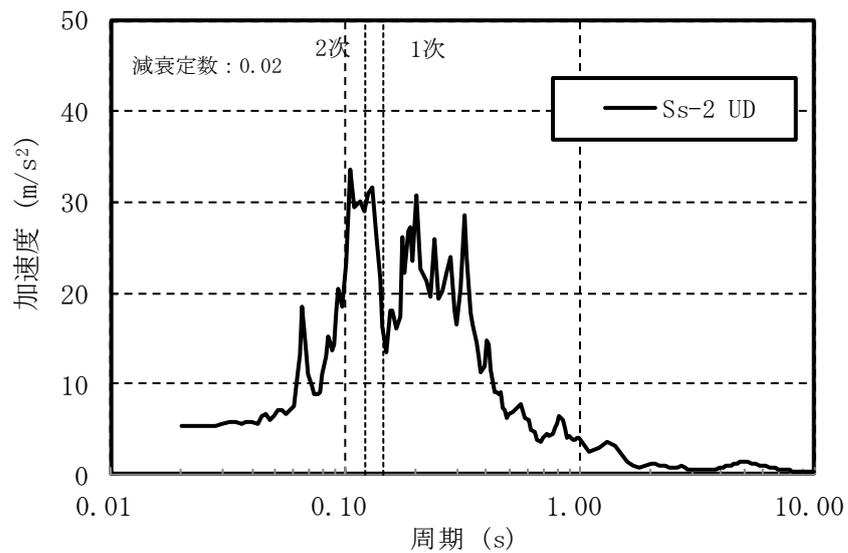


(c) 鉛直方向

図 4-8 入力地震動 (T. M. S. L. 7.0m) の加速度波形 (Ss-2)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 4-9 入力地震動 (T. M. S. L. 7.0m) の加速度応答スペクトル (Ss-2)
 (1次, 2次, 3次は表 5-1 の固有周期に対応する。)

4.3 地震応答解析モデル

主排気筒の地震応答解析モデルは、基礎上端（T.M.S.L. 12.5 m）より上部のうち、鉄塔部は部材節点間を1要素とする柱材（はり要素）・斜材（トラス要素）・水平材（トラス要素）とし、その中心にある筒身部は鉄塔部による水平支持フレーム（トラス要素）位置間を1要素とするはり要素で構成され、剛体と仮定し基礎部には水平・回転・鉛直の5成分を持つ地盤-杭の動的相互作用を考慮して薄層要素法により求めた地盤ばねを付けた3次元フレームモデルとする。重量は、基礎部並びに地上部の頂部・脚部と筒身支持位置に相当するレベルの鉄塔部及び筒身部にそれぞれの支配高さに応じた集中質点として分布させる。そのモデルを用いた地震応答解析は、「4.2 入力地震動」に示す地盤応答波を用いた弾性時刻歴応答解析により行う。減衰は、剛性比例型減衰（1次固有振動数に対し、鉄骨造は2%、鉄筋コンクリート造（基礎）は5%を設定）として評価している。

主排気筒の材料諸元を表4-3に、その解析モデルの質点重量分布を表4-4に、地震応答解析モデルの概要を図4-10に、地盤ばねを表4-5に、それぞれ示す。

なお、主排気筒の地震応答解析には、解析コード「Hyper Statics and Dynamics」を用いる。また、地盤ばねの算定には、解析コード「Power-Pile」を用いる。

表4-3 主排気筒の材料諸元

| 部 位 | 材 料 | ヤング係数 E (N/mm ²) | ポアソン比 ν | 単位体積重量 γ (kN/m ³) | 減衰定数 h (%) |
|-------------|--------|--|----------------|---|---------------|
| 鉄塔部 筒身部 | 鉄 骨 | 2.05×10 ⁵ | 0.3 | 77.0 | 2 |
| 基 礎* 杭 体 | コンクリート | 2.90×10 ⁴ 2.25×10 ⁴ | 0.2 | 24.5 24.0 | 5 |

注記 *：解析モデルは剛体として扱う。

表4-4 地震応答解析モデルの質点重量分布

| 標高 T.M.S.L. (m) | 位置 | 質点重量(kN) | | | |
|--------------------|-------|----------|-------|------------|------|
| | | 内側鉄塔部 | 外側鉄塔部 | 鉄塔部(内側+外側) | 筒身部 |
| 160.0 | TOP | — | — | — | 75 |
| 152.0 | A | 247 | — | 247 | 121 |
| 137.0 | B | 401 | 158 | 559 | 149 |
| 126.0 | C | 522 | 328 | 850 | 144 |
| 112.0 | D | 476 | 365 | 841 | 195 |
| 94.0 | E | 629 | 452 | 1081 | 259 |
| 73.0 | F | 916 | 664 | 1580 | 293 |
| 47.5 | G | 1538 | 992 | 2530 | 398 |
| 12.5 | H | 653 | 540 | 1193 | 328 |
| 8.75* | 基礎(0) | — | — | 56593 | 7776 |
| — | 合計 | — | — | 65474 | 9738 |

注記 *：基礎中央の位置に基礎質点を集約した。

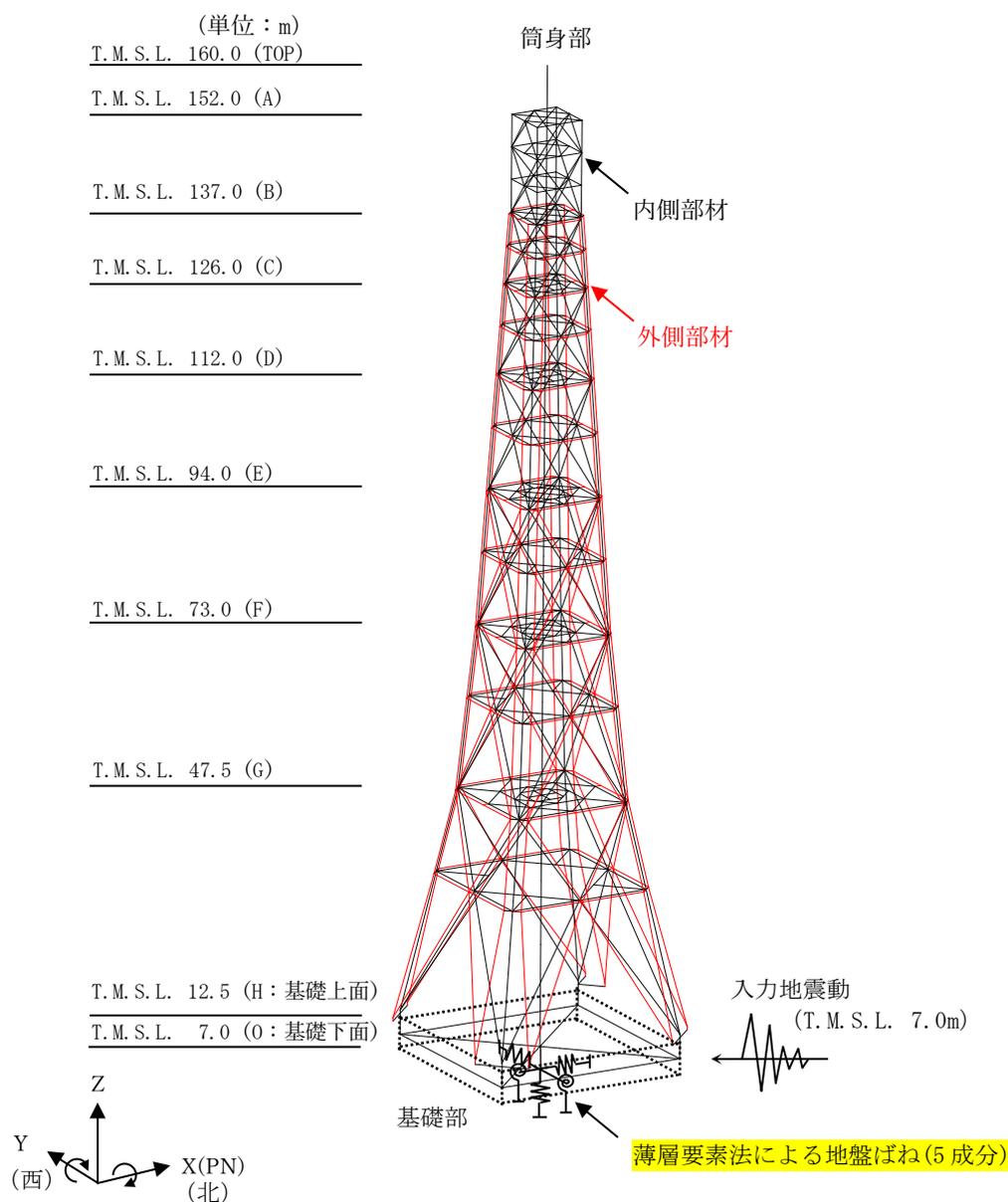


図 4-10 地震応答解析モデルの概要

表 4-5 地盤のばね定数と減衰係数

| 成分 | ばね定数 | 減衰係数 |
|----|----------------------------------|---------------------------------|
| 水平 | 4.93×10^7 (kN/m) | 1.54×10^6 (kN·s/m) |
| 回転 | 1.84×10^{10} (kN·m/rad) | 2.18×10^8 (kN·m·s/rad) |
| 鉛直 | 5.50×10^7 (kN/m) | 3.41×10^6 (kN·s/m) |

5. 固有値及び地震応答解析結果

5.1 固有値解析結果

地震応答解析モデルの固有値解析を行い、その結果として固有値（固有周期、固有振動数、刺激係数）を表5-1に示す。

表5-1 固有値（固有周期、固有振動数、刺激係数）(Ss-2)

| 次数 | 振動数 (Hz) | 周 期 (s) | 刺激係数 * | | | 備 考 |
|----|-------------|------------|--------|--------|--------|-----------|
| | | | X | Y | Z | |
| 1 | 0.87 | 1.143 | 1.006 | 0.869 | -0.002 | NS 方向 1 次 |
| 2 | 0.88 | 1.137 | -0.868 | 1.014 | 0.000 | EW 方向 1 次 |
| 4 | 2.51 | 0.398 | 0.455 | -1.447 | 0.007 | EW 方向 2 次 |
| 5 | 2.55 | 0.392 | -1.463 | -0.456 | -0.010 | NS 方向 2 次 |
| 7 | 4.09 | 0.245 | -0.454 | 1.323 | -0.023 | EW 方向 3 次 |
| 8 | 4.12 | 0.242 | 1.384 | 0.479 | 0.059 | NS 方向 3 次 |
| 13 | 6.84 | 0.146 | -0.012 | 0.005 | 1.854 | 鉛直方向 1 次 |
| 19 | 8.19 | 0.122 | 0.021 | 0.005 | 1.232 | 鉛直方向 2 次 |

注記 * : モードごとに固有ベクトルの最大値を1に基準化して得られる刺激係数を示す。

5.2 地震応答解析結果

基準地震動 Ss-2 による鉄塔部及び筒身部の最大応答加速度と最大応答変位を図 5-1 及び図 5-2 に示す。

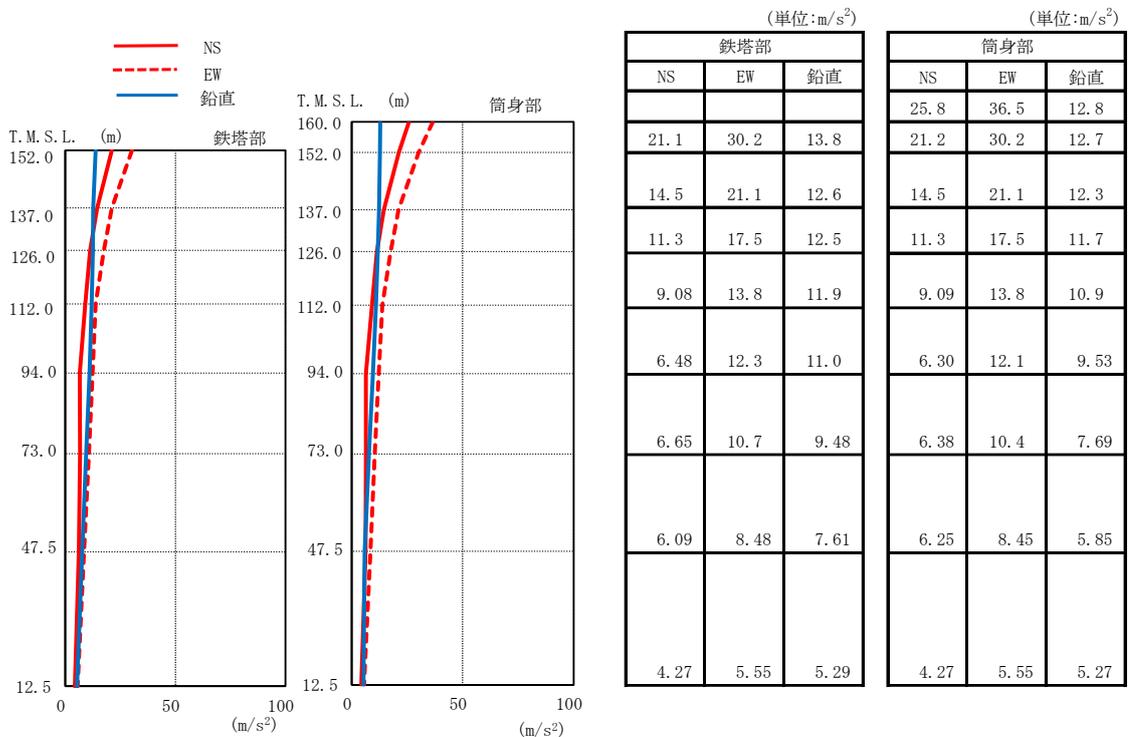


図 5-1 鉄塔部及び筒身部の最大応答加速度 (Ss-2) (1/2)

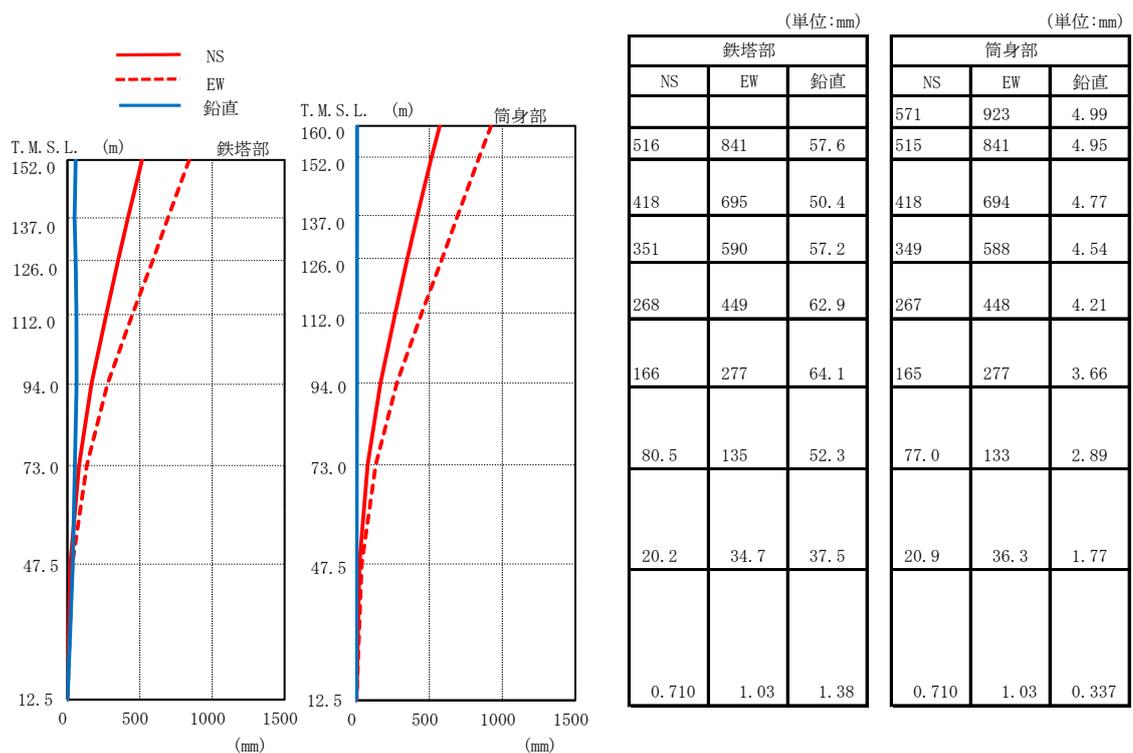


図 5-2 鉄塔部及び筒身部の最大応答変位 (Ss-2) (2/2)

6. 評価結果

主排気筒のS s地震時の変形性能の評価では、3次元フレームモデルによる地震応答解析結果のうち、鉄塔部と筒身部の頂部の水平応答変位を用いて、最大変形角の確認を行った。

その結果、最大応答変形角は、鉄塔部で1/165 (EW方向)、筒身部で1/159 (EW方向)であった。

表 6-1 全体変形角の確認結果
(S s地震時)

| 項目 | 部位 | 鉄塔部 | | 筒身部 | |
|-------------|----|-------|-------|-------|-------|
| | | NS 方向 | EW 方向 | NS 方向 | EW 方向 |
| 高さ (m) * | | 139.5 | 139.5 | 147.5 | 147.5 |
| 水平応答変位 (mm) | | 516 | 841 | 571 | 923 |
| 全体変形角 | | 1/270 | 1/165 | 1/258 | 1/159 |

注記 * : 解析モデルの基点レベルの T. M. S. L. 12.5m からの高さ

7. まとめ

主排気筒の上位クラス施設に対する波及的影響評価のため、主排気筒の変形性能を確認した。

その結果、主排気筒の最大変形角は1/159（筒身頂部）であり、「添付資料7 5号機主排気筒の波及的影響について」に示す許容限界（1/100）以下であることから、主排気筒が倒壊しないことを確認した。

別紙 2 年超過確率 10^{-2} の風荷重に対する変位と基準地震動 S_s による変位応答との重畳について

1. 概要

主排気筒については、基準地震動 S_s による地震（以下「 S_s 地震時」という。）荷重に加えて、年超過確率 10^{-2} に相当する風（以下「風速 16.0m/s 時」という。）荷重の重畳を考慮する。

本資料は、主排気筒の風速 16.0m/s 時の水平変位の結果を示すものである。また、「別紙 1 5 号機主排気筒の基準地震動 S_s による応答変位について」に示す S_s 地震時の主排気筒の全体変形に、この風速 16.0m/s 時の変位を重畳させた場合の結果についても併せて示す。

2. 構造概要

主排気筒は、地上からの高さ 148.0m（内径 3.4m）の鋼製筒身で、高さ 140.0m（根開き 30.0m、頂部幅 7.5m）の鋼製鉄塔で支えられている鉄塔支持型排気筒である。

主排気筒の概要図を図 2-1 に示す。

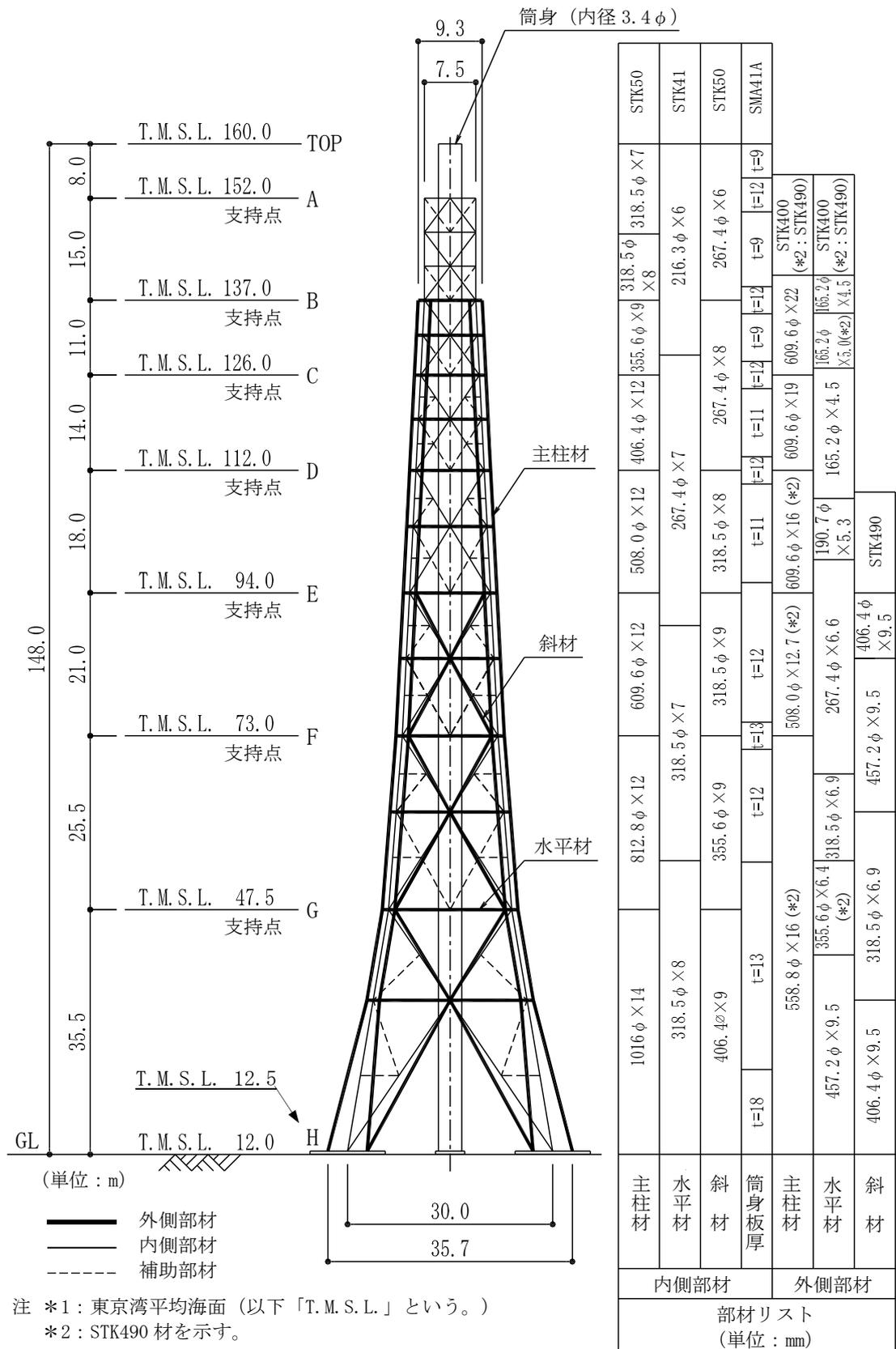


図 2-1 主排気筒の概要図

3. 風荷重

主排気筒に作用する風方向荷重は、次式によって算定する。

$$P = q \cdot C_f \cdot A$$

ここで、

P : 風荷重 (N)

q : 速度圧 (N/m^2) $= 0.6 \cdot E \cdot V_0^2$

V_0 : 国土交通大臣が定める基準風速 V_0 に風速 16.0m/s を適用

E : 国土交通大臣が定める方法により算出した数値

$$= E_r^2 \cdot G_f$$

E_r : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

$$= 1.7 \cdot (Z_b / Z_G)^\alpha \quad (H \leq Z_b)$$

$$= 1.7 \cdot (H / Z_G)^\alpha \quad (H > Z_b)$$

H : 建築物の高さ (m) (主排気筒の地上高 : 鉄塔部 140m, 筒身部 148m を適用)

Z_b, Z_G, α : 地表面粗度区分に応じて示される数値

(当該地の地表面粗度区分 II : $Z_b=5\text{m}, Z_G=350\text{m}, \alpha=0.15$)

G_f : ガスト影響係数 (=2.0)

C_f : 風力係数

A : 鉄塔及び筒身の見付面積 (m^2)

以上より、算定した風荷重を表 3-1 に示す。また、風荷重の方向の考え方を図 3-1 に示す。

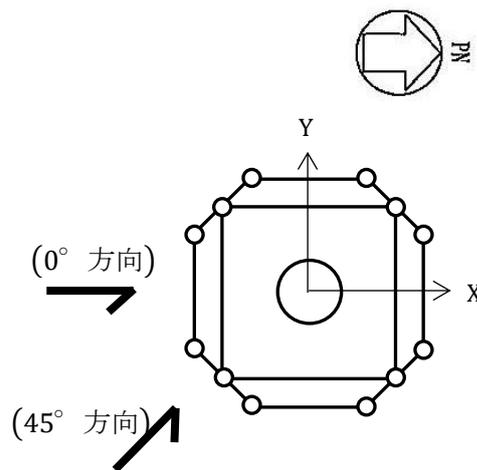


図 3-1 風荷重の方向の考え方

表 3-1 風荷重計算表 (風速 16.0m/s 時)

(a) 鉄塔部

| 位置 | 標高 T. M. S. L. (m) | 速度圧 q (kN/m ²) | 0° 方向風荷重 | | | 45° 方向風荷重 | | |
|-----|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------|------------------------|-----------------------------|---------------|
| | | | 風力係数 C _f | 見付面積 A (m ²) | 風荷重 P (kN) | 風力係数 C _f | 見付面積 A (m ²) | 風荷重 P (kN) |
| TOP | — | — | — | — | — | — | — | — |
| A | 152.0 | 0.68 | 1.98 | 15.2 | 21 | 1.55 | 24.6 | 26 |
| B | 137.0 | 0.68 | 1.83 | 37.2 | 47 | 1.44 | 54.5 | 54 |
| C | 126.0 | 0.68 | 1.64 | 59.3 | 67 | 1.30 | 80.7 | 72 |
| D | 112.0 | 0.68 | 1.61 | 80.0 | 88 | 1.29 | 107.2 | 95 |
| E | 94.0 | 0.68 | 1.52 | 111.0 | 115 | 1.21 | 155.0 | 128 |
| F | 73.0 | 0.68 | 1.39 | 153.7 | 146 | 1.10 | 224.3 | 168 |
| G | 47.5 | 0.68 | 1.20 | 470.4 | 384 | 0.98 | 628.8 | 419 |

(b) 筒身部

| 位置 | 標高 T. M. S. L. (m) | 速度圧 q (kN/m ²) | 0° 方向風荷重 | | | 45° 方向風荷重 | | |
|-----|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------|------------------------|-----------------------------|---------------|
| | | | 風力係数 C _f | 見付面積 A (m ²) | 風荷重 P (kN) | 風力係数 C _f | 見付面積 A (m ²) | 風荷重 P (kN) |
| TOP | 160.0 | 0.69 | 0.90 | 13.8 | 9 | 0° 方向風荷重に同じ | | |
| A | 152.0 | 0.69 | 0.89 | 39.6 | 25 | | | |
| B | 137.0 | 0.69 | 0.86 | 44.7 | 27 | | | |
| C | 126.0 | 0.69 | 0.84 | 43.0 | 25 | | | |
| D | 112.0 | 0.69 | 0.81 | 55.0 | 31 | | | |
| E | 94.0 | 0.69 | 0.76 | 67.1 | 36 | | | |
| F | 73.0 | 0.69 | 0.70 | 79.9 | 39 | | | |
| G | 47.5 | 0.69 | 0.59 | 164.1 | 67 | | | |

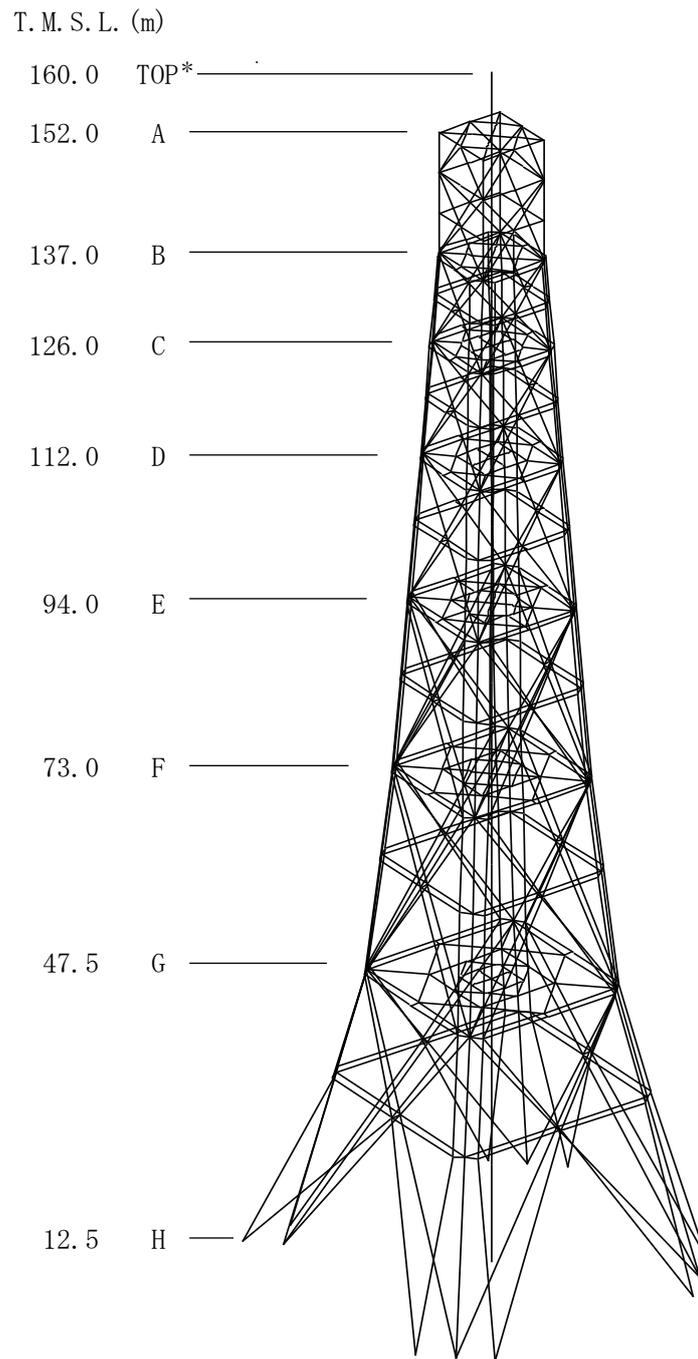
4. 風荷重時の解析結果

前述した主排気筒の風速 16.0m/s 時の風荷重に基づく高さ方向の変位分布を求めるために、図 4-1 に示す 3次元フレームでモデル化した静的解析モデルを用いる。この解析モデルは、基礎上端 (T.M.S.L. 12.5 m) を固定端として、鉄塔部は部材節点間を 1 要素とする柱材 (はり要素)・斜材 (トラス要素)・水平材 (トラス要素) とし、その中心にある筒身部は鉄塔部による水平支持フレーム (トラス要素) 位置間を 1 要素とするはり要素で構成されている。

この解析モデルの代表位置 (表 3-1 の TOP, A~G に対応) の各節点に、静的な水平方向の集中荷重として、表 3-1 で求めた風荷重 P を載荷して、高さ方向の水平変位分布を求める。

主排気筒の静的解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。

以上の静的解析にて求めた主排気筒の高さ方向の最大水平変位の値を表 4-1 に、その分布図を図 4-2 に示す。



注記 * : 風荷重を載荷する節点位置の記号 (Hを除く。H部分の風荷重は保守的にGに載荷)

図 4-1 解析モデル (基部固定)

表 4-1 主排気筒の高さ方向の最大水平変位
(風速 16.0m/s 時)

(単位 : mm)

| 位置 | 標高 T. M. S. L. (m) | 鉄塔部 | 筒身部 |
|-----|-----------------------|------|------|
| TOP | 160.0 | — | 63.0 |
| A | 152.0 | 58.1 | 58.2 |
| B | 137.0 | 49.3 | 49.5 |
| C | 126.0 | 43.0 | 43.1 |
| D | 112.0 | 34.4 | 34.6 |
| E | 94.0 | 23.4 | 23.8 |
| F | 73.0 | 13.7 | 13.8 |
| G | 47.5 | 4.9 | 5.3 |
| H | 12.5 | 0.0 | 0.0 |

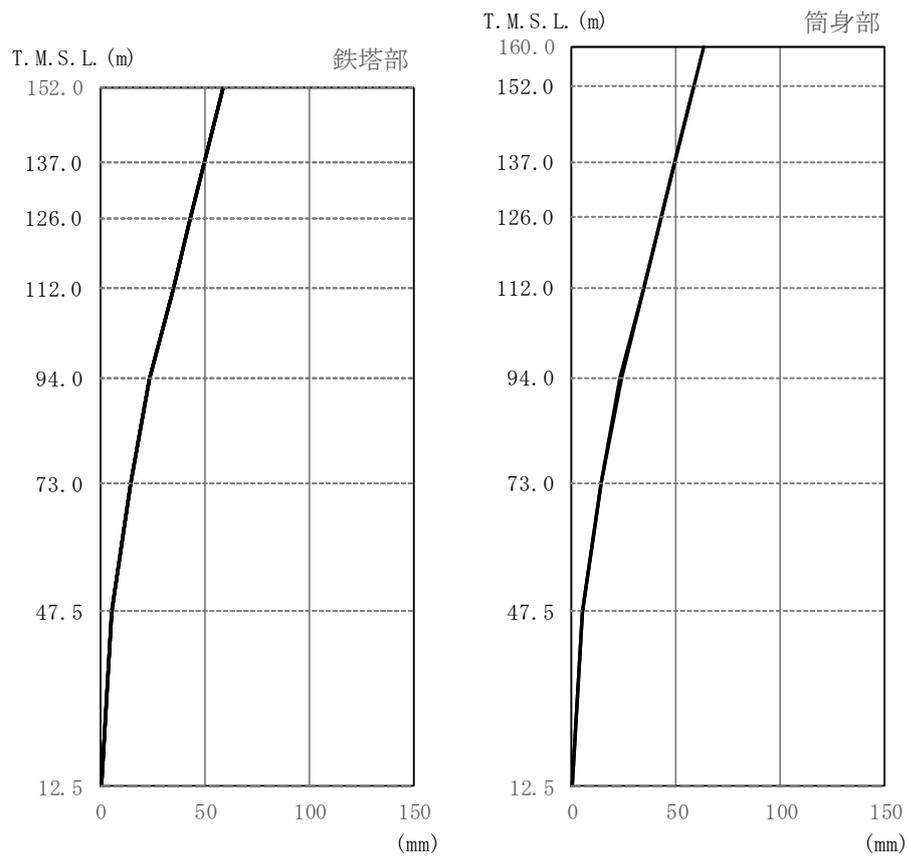


図 4-2 主排気筒の高さ方向の最大水平変位分布
(風速 16.0m/s 時)

5. 評価結果

主排気筒の風速 16.0m/s 時の変形性能の評価では、3次元フレームモデルによる静的解析結果のうち、鉄塔部と筒身部の頂部の最大水平変位を用いて、最大変形角の確認を行った。その結果、頂部変位に基づく全体変形角は、鉄塔部で 1/2400、筒身部で 1/2340 であった。

表 5-1 全体変形角の確認結果
(風速 16.0m/s 時)

| 項目 \ 部位 | 鉄塔部 | 筒身部 |
|-------------|--------|--------|
| 高さ (m) * | 139.5 | 147.5 |
| 最大水平変位 (mm) | 58.1 | 63.0 |
| 全体変形角 | 1/2400 | 1/2340 |

注記 * : 解析モデルの基点レベルの T. M. S. L. 12.5m からの高さ

また、「別紙 1 5号機主排気筒の基準地震動 S s による応答変位について」に示す S s 地震時の最大応答変位に、上記の風速 16.0m/s 時の風荷重に対する主排気筒頂部の最大水平変位を重畳させた場合の頂部の変位を用いて、最大変形角の確認を行った結果、鉄塔部で 1/155、筒身部で 1/149 であった。

表 5-2 全体変形角の確認結果
(S s 地震時と風速 16.0m/s 時の重畳)

| 項目 \ 部位 | 鉄塔部 | 筒身部 |
|-----------------------|-----------------------|-------|
| 高さ (m) * ¹ | 139.5 | 147.5 |
| 最大水平変位 (mm) | S s 地震時* ² | 923 |
| | 風速 16.0m/s 時 | 63.0 |
| | 重畳時 | 986.0 |
| 重畳時の全体変形角 | 1/155 | 1/149 |

注記 *¹ : 解析モデルの基点レベルの T. M. S. L. 12.5m からの高さ

*² : S s 地震時の頂部の水平変位のうち、大きい方 (EW 成分)

6. まとめ

主排気筒の上位クラス施設に対する波及的影響評価のため、主排気筒の風速 16.0m/s 時（年超過確率 10^{-2} ）の風荷重に対する変形性能及び S_s 地震時と重畳した場合の変形性能を確認した。

「添付資料7 5号機主排気筒の波及的影響について」に示す許容限界（1/100）以下であることから、主排気筒が倒壊しないことを確認した。

添付資料 8 5号機タービン建屋の波及的影響について

目 次

| | |
|-----------------------------|----|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 基本方針 | 2 |
| 2.1 位置 | 2 |
| 2.2 構造概要 | 3 |
| 2.3 評価方針 | 8 |
| 2.4 適用規格・基準等 | 10 |
| 3. 評価方法 | 11 |
| 3.1 評価方針及び評価対象部位 | 11 |
| 3.2 設計用模擬地震波 | 11 |
| 3.3 荷重及び荷重組合せ | 19 |
| 3.4 許容限界 | 20 |
| 3.5 解析方法 | 21 |
| 3.5.1 地震応答解析モデル | 21 |
| 3.5.2 解析方法 | 43 |
| 3.5.3 解析条件 | 43 |
| 3.5.4 材料物性の不確かさ | 51 |
| 3.6 評価方法 | 52 |
| 3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法 | 52 |
| 3.6.2 5号機原子炉建屋への相対変位による評価方法 | 52 |
| 4. 評価結果 | 53 |
| 4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果 | 53 |
| 4.2 5号機原子炉建屋への相対変位による評価結果 | 54 |
| 4.2.1 最大相対変位による評価結果 | 54 |
| 4.2.2 時刻歴相対変位による評価結果 | 55 |
| 4.3 まとめ | 55 |

別紙1 地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙2 地震応答解析における耐震壁及び鉄骨部のせん断スケルトン曲線の設定

別紙3 水平2方向地震力に対する上部鉄骨部層間変形角の検討

別紙4 応力解析による鉄骨フレームの検討

1. 概要

本資料は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、5号機タービン建屋（以下「タービン建屋」という。）が緊急時対策所（5号機原子炉建屋内緊急時対策所）（以下「5号機原子炉建屋」という。）に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その波及的影響評価は、5号機原子炉建屋の有する機能が保持されることを確認するために、下位クラス施設であるタービン建屋の構造物全体としての変形性能の評価及び5号機原子炉建屋への相対変位による評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

タービン建屋の設置位置を図2-1に示す。

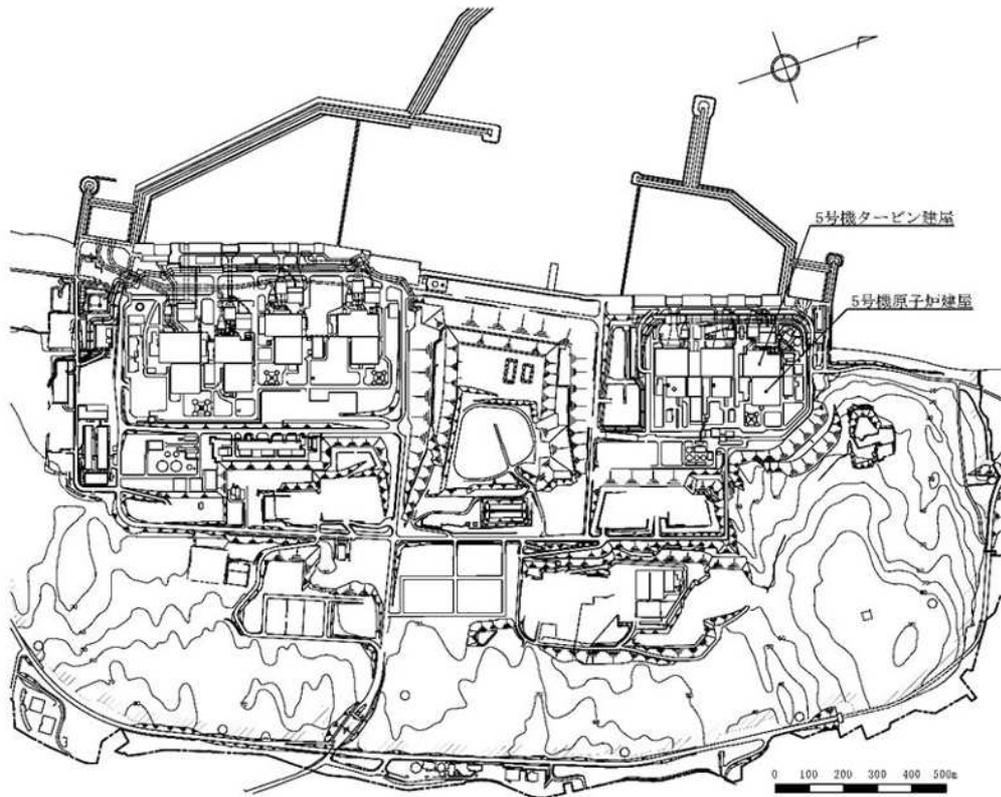


図2-1 タービン建屋の設置位置

2.2 構造概要

タービン建屋は、地上2階（一部3階）、地下2階の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物であり、基礎底面からの高さは49.3m（地上部33.1m，地下部16.2m）、平面の長さは、121.0m（NS方向）×76.0m（EW方向）である。タービン建屋の概略平面図を図2-2に、概略断面図を図2-3に示す。

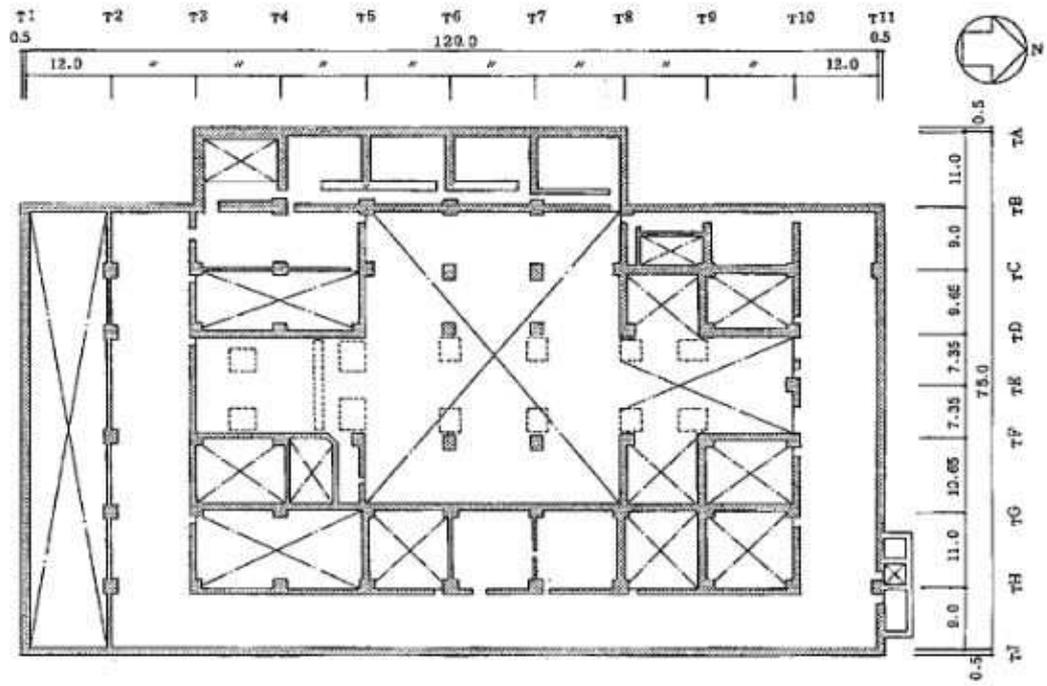
基礎スラブは厚さ2.3mのべた基礎（蒸気タービンの基礎のうちラーメン構造部（以降、T/G架台と称す）部分及びその周辺部は厚さ2.8m）で、直接又はマンメイドロックを介して支持地盤である泥岩盤上に設置されている。

蒸気タービンの基礎スラブとは、図2-2及び図2-3に示すように、タービン建屋のほぼ中央に位置するタービン発電機を支える柱及びはりによって構成される鉄筋コンクリート造のラーメン構造部及びそれを支持する基礎スラブ部をいう。

ラーメン構造部は高さ24.0m、長さ67.56m、幅約14.5mの大きさとタービン建屋とは基礎スラブ部で接続する以外は構造的に分離する。

地震又は風による水平力に対しては、耐震壁、ブレース及びラーメン構造で負担する。更に、耐震壁の配置に当たっては、ねじれを少なくするために各階とも偏心ができるだけ少なくなるようにしている。また、水平力の伝達を平滑にするため各階床レベルは統一している。

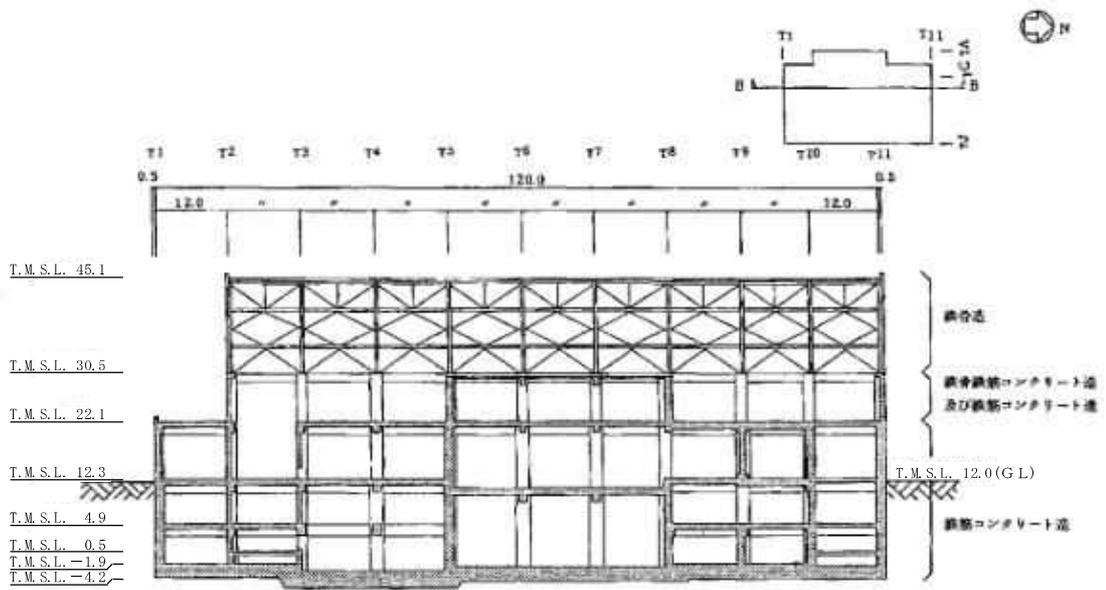
タービン建屋は隣接する5号機原子炉建屋とは構造的に分離されている。建屋配置図を図2-4に、5号機原子炉建屋とのクリアランスを図2-5に示す。



(単位 : m)

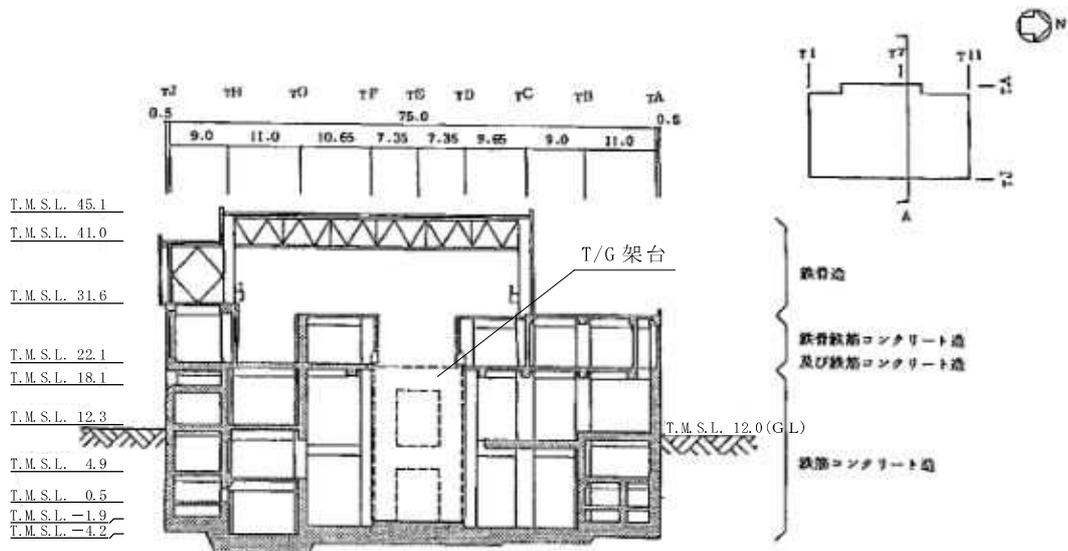
注 : 東京湾平均海面 (以下「T.M.S.L.」という。)

図2-2 タービン建屋の概略平面図 (B2F, T.M.S.L. 0.5m)



(単位：m)

NS方向



(単位：m)

EW方向

図2-3 タービン建屋の概略断面図

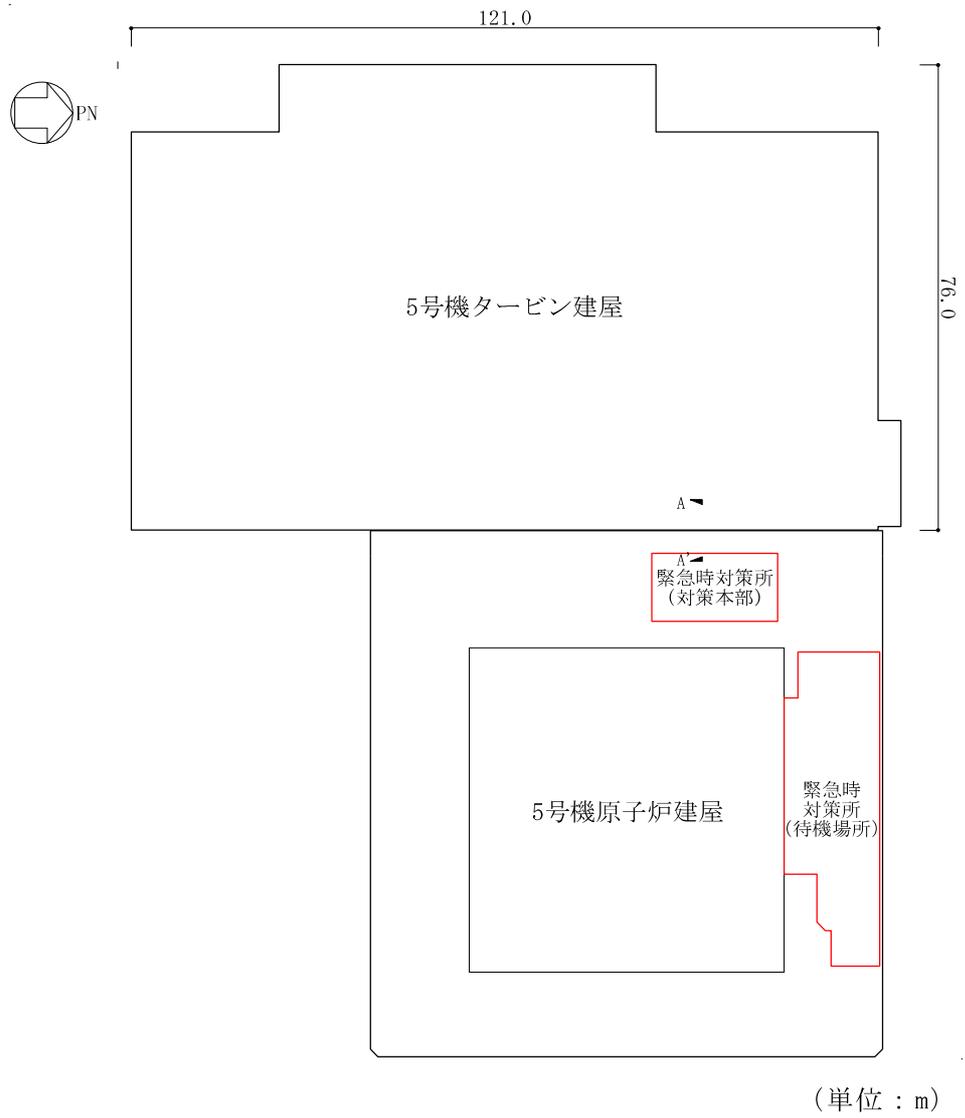


図2-4 建屋配置図

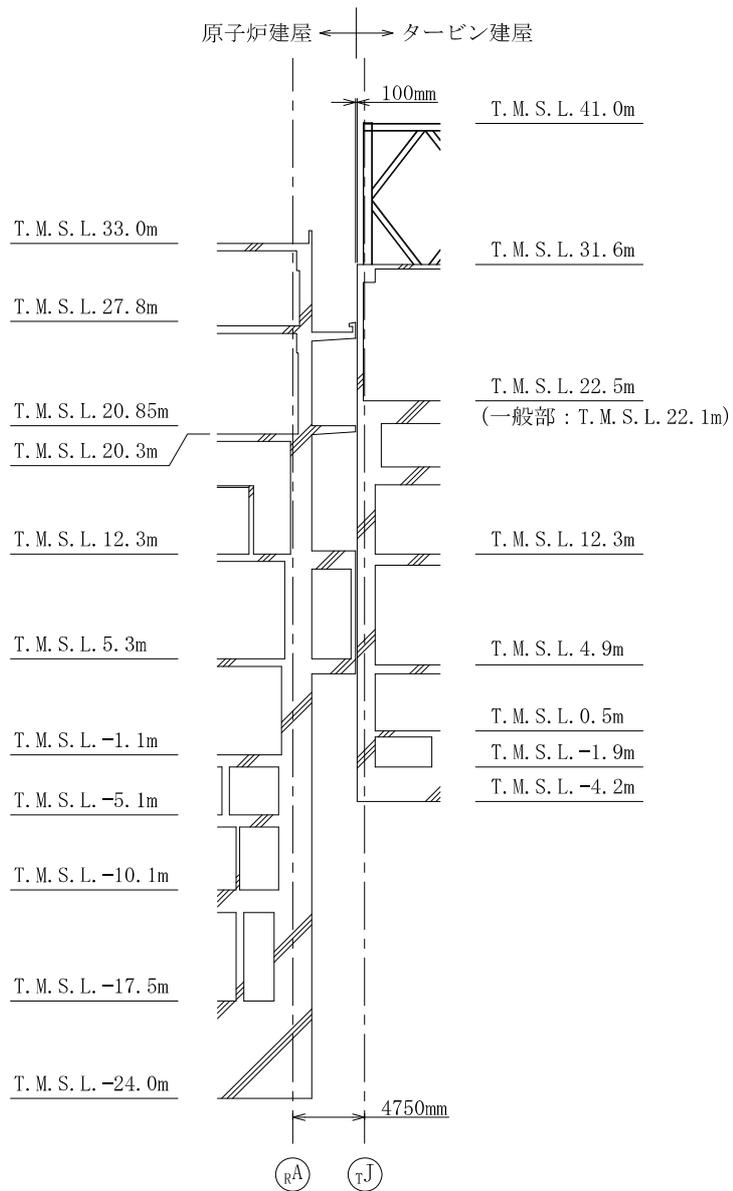


図2-5 原子炉建屋とタービン建屋のクリアランス (A-A'断面)

2.3 評価方針

タービン建屋は、5号機原子炉建屋と同じ運転状態を想定することから、重大事故等対処施設に対する波及的影響の評価を行う。

タービン建屋の重大事故等対処施設に対する波及的影響評価においては、基準地震動 S_s に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を行うこととする。タービン建屋の波及的影響評価は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、地震応答解析による評価において、層間変形角及びせん断ひずみの評価並びに5号機原子炉建屋との相対変位の評価を行うことで、5号機原子炉建屋への波及的影響確認を行う。層間変形角及びせん断ひずみの評価では、NS方向及びEW方向の地震応答解析結果から波及的影響確認を行い、相対変位の評価では、V-2-2-15「緊急時対策所の地震応答計算書」に基づき、接触する可能性が高い5号機原子炉建屋直交方向であるEW方向に対して波及的影響確認を行う。評価に当たっては、材料物性の不確かさを考慮する。

波及的影響の評価フローを図2-6に示す。

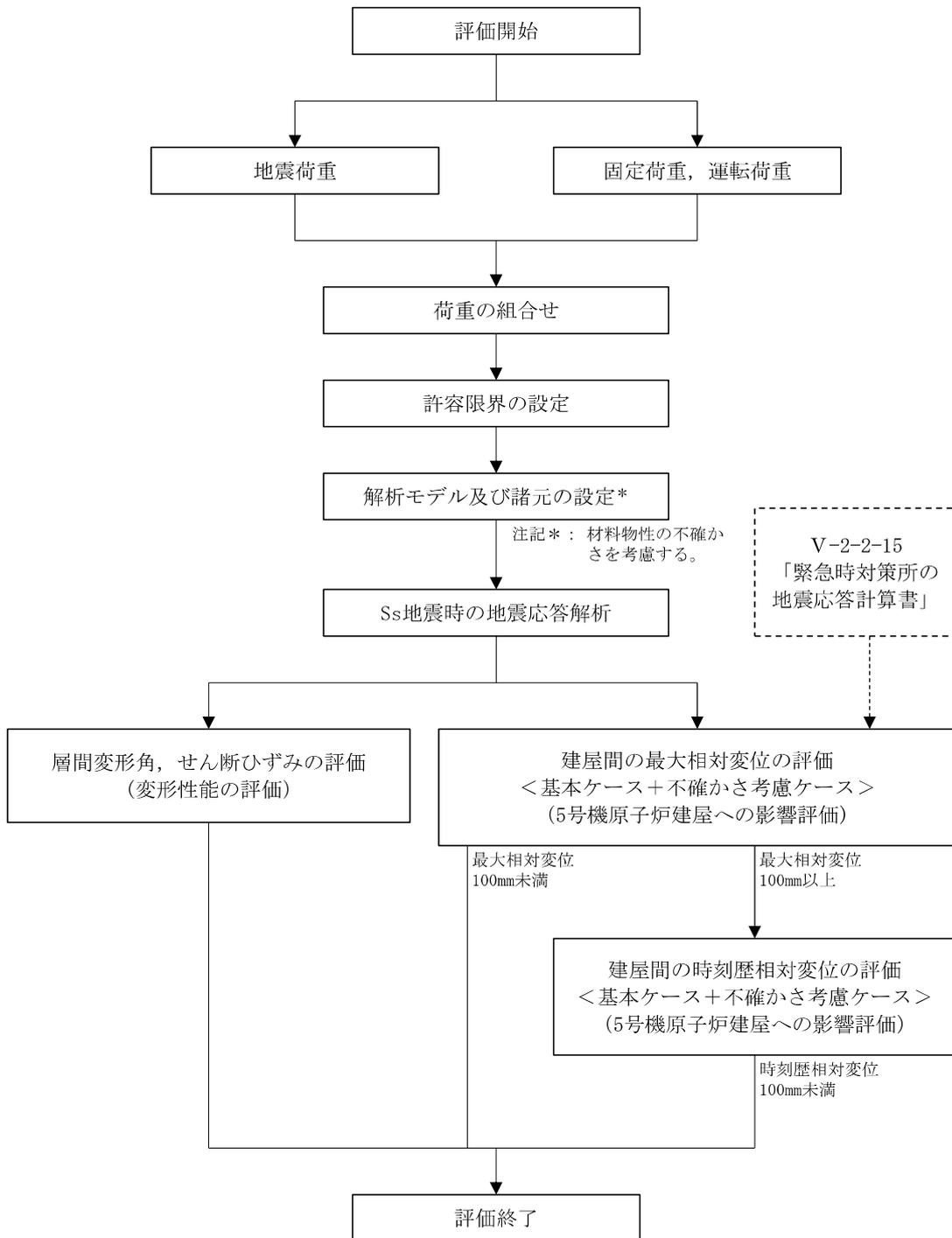


図2-6 タービン建屋の波及的影響の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

タービン建屋の波及的影響の評価を行う際に適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 1999改定)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005制定)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・ 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005改定)

3. 評価方法

3.1 評価方針及び評価対象部位

タービン建屋の波及的影響の評価は、以下の方針に基づき行う。

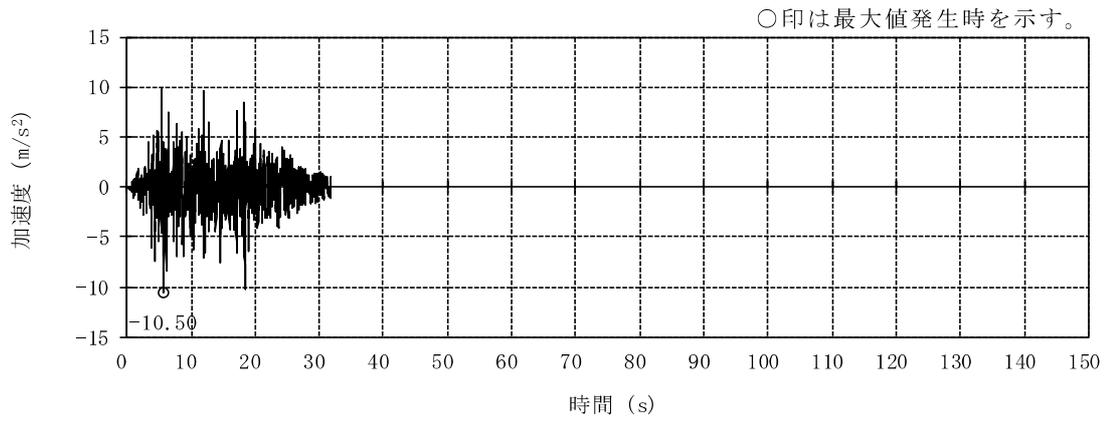
構造物全体としての変形性能の評価では、質点系モデルを用いた地震応答解析結果から求められる層間変形角及びせん断ひずみによる評価を行うこととし、層間変形角の評価については「震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針（(財)日本建築防災協会）」を参考とした許容限界を超えないことを確認し、せん断ひずみの評価については「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（(社)日本電気協会）」（以下「J E A G 4 6 0 1 -1987」という。）に基づき設定した許容限界を超えないことを確認することにより、タービン建屋が倒壊しないことを確認する。層間変形角の評価対象部位はT.M.S.L. 31.6mより上部の鉄骨フレーム部とし、せん断ひずみの評価対象部位はT.M.S.L. 31.6mより下部の耐震壁とする。

5号機原子炉建屋との相対変位による評価では、両建屋の最大応答変位の絶対値和（以下「最大相対変位」という。）と建屋間のクリアランスの大小関係により、隣接する5号機原子炉建屋への衝突の有無を確認する。最大相対変位が許容限界を超える場合は、両建屋の時刻歴上の相対変位（以下「時刻歴相対変位」という。）から衝突の有無を確認する。

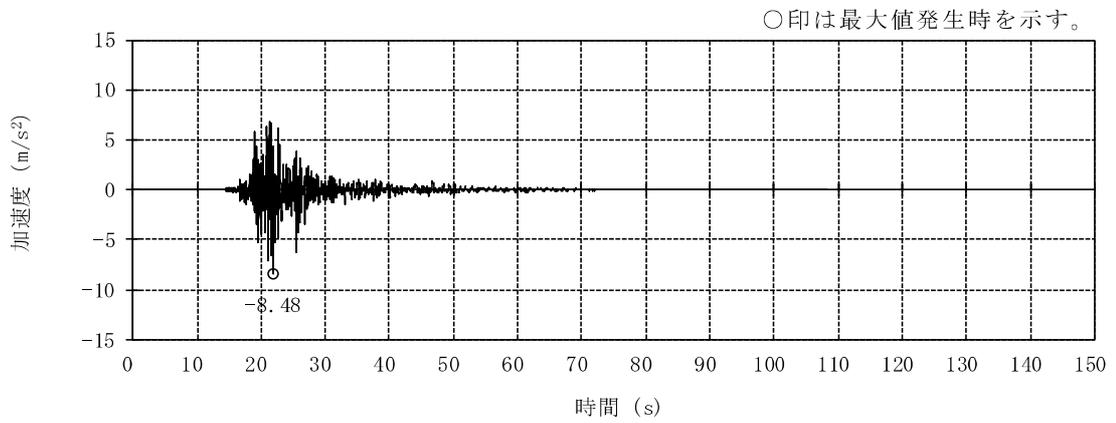
以上の評価では、材料物性の不確かさを考慮する。

3.2 設計用模擬地震波

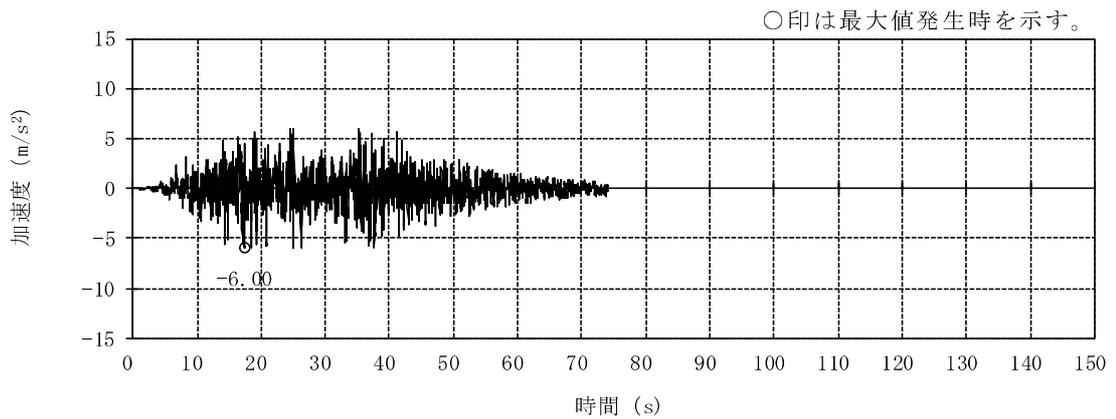
タービン建屋の地震応答解析に用いる設計用模擬地震波は、V-2-1-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」に示す解放基盤表面レベルに想定する設計用模擬地震波のうち、上位クラス施設である5号機原子炉建屋の評価で用いた地震波である基準地震動 S_s を用いることとする。地震応答解析に用いた設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図3-1～図3-3に示す。



(a) S_s-1H

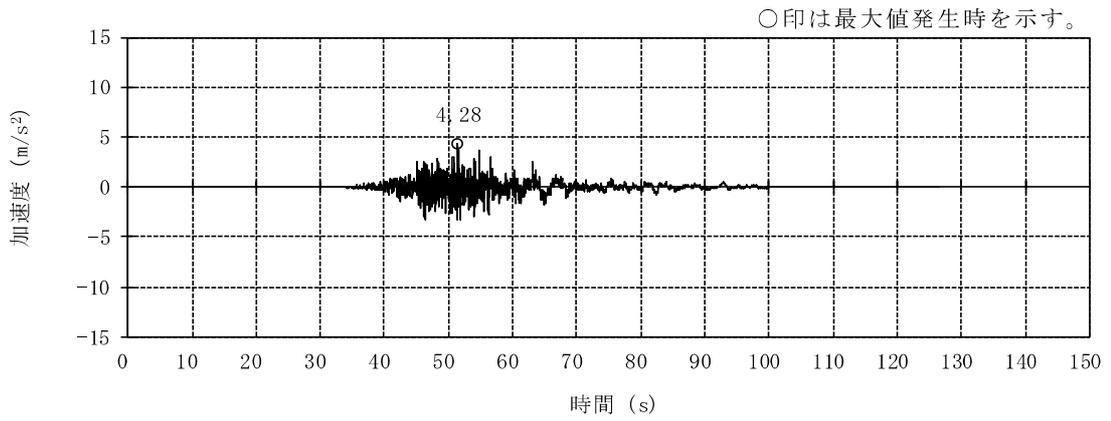


(b) S_s-2NS

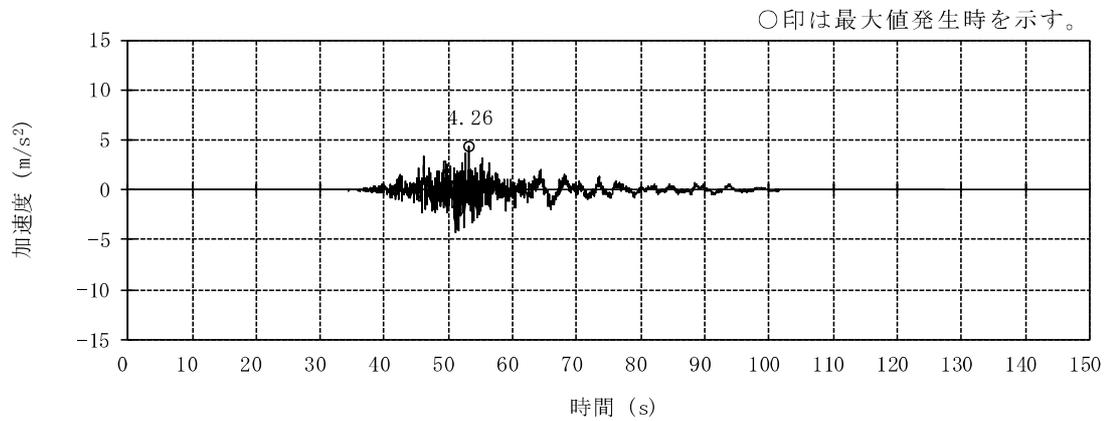


(c) S_s-3H

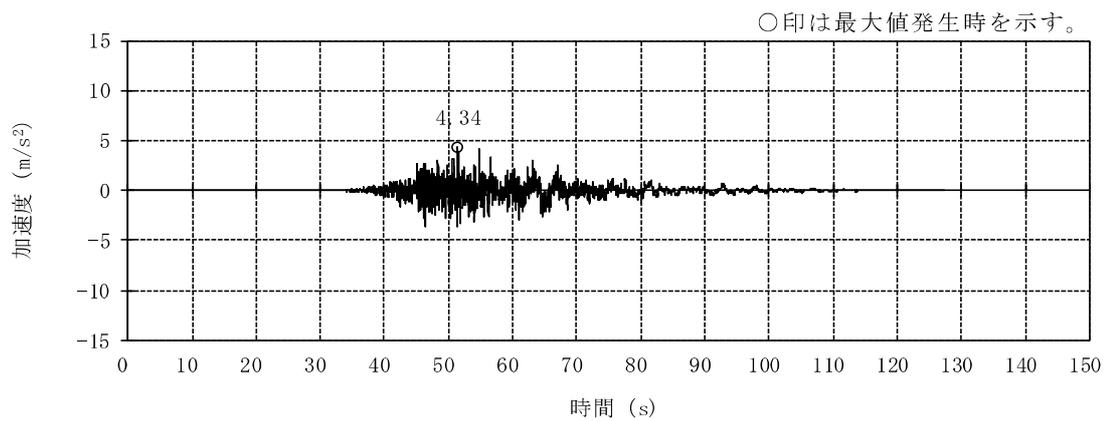
図3-1 入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S_s，NS方向）（1/3）



(d) S_s-4NS

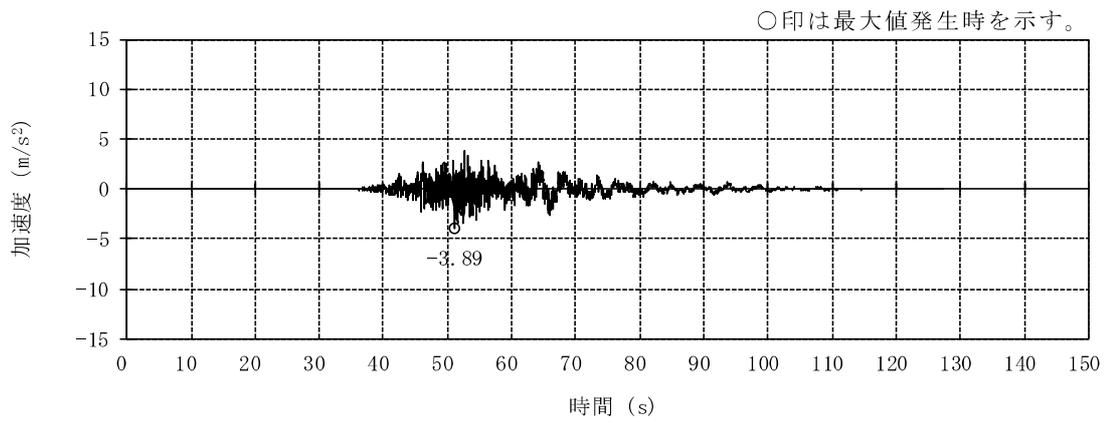


(e) S_s-5NS

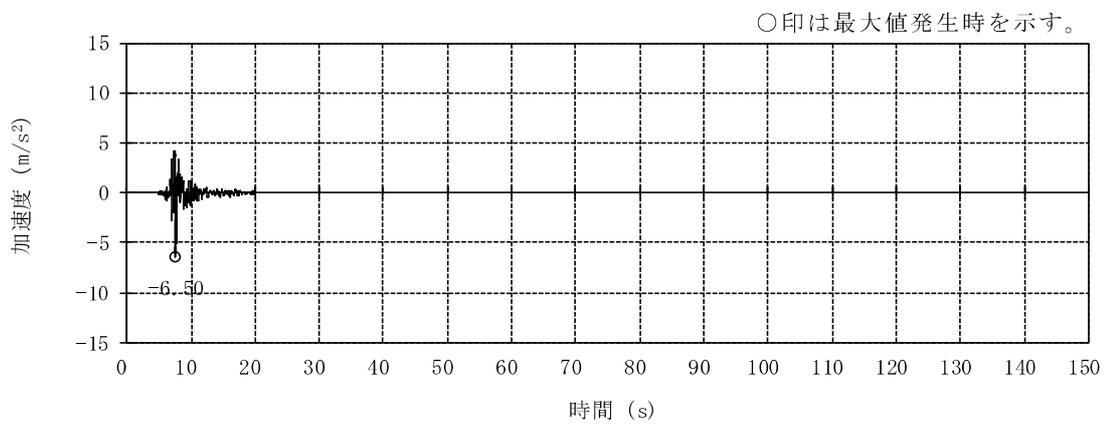


(f) S_s-6NS

図3-1 入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S_s，NS方向）（2/3）

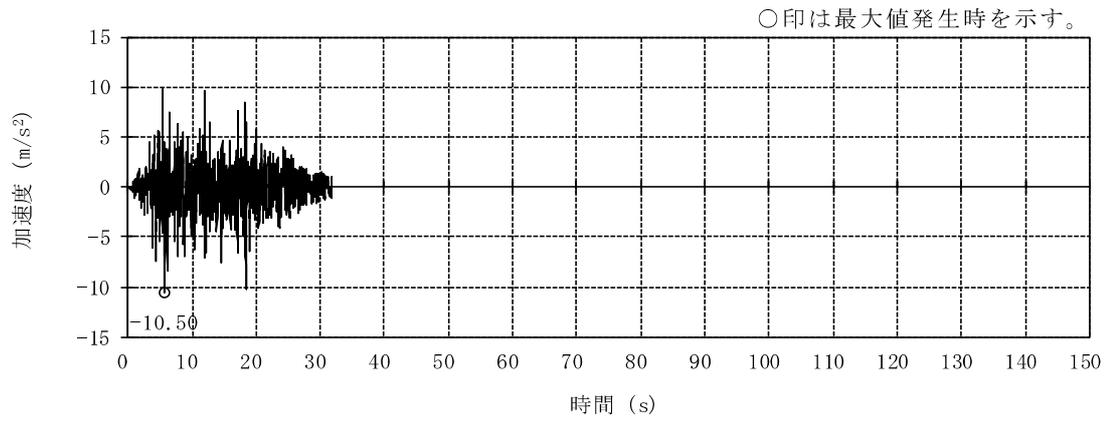


(g) S_s-7NS

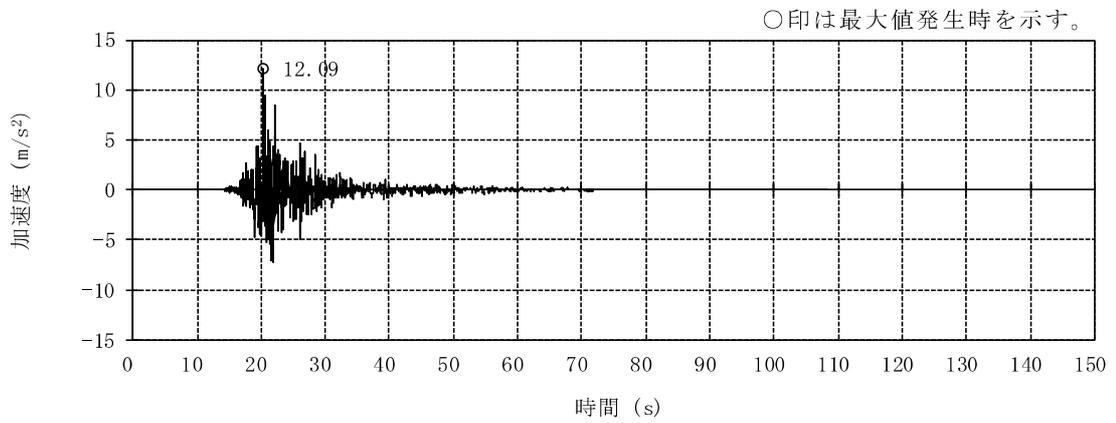


(h) S_s-8H

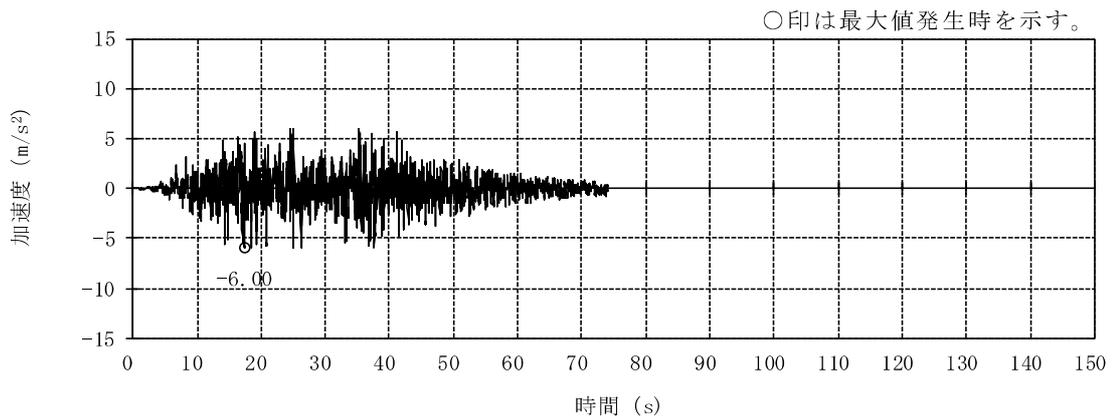
図3-1 入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S_s，NS方向）（3/3）



(a) S_s-1H

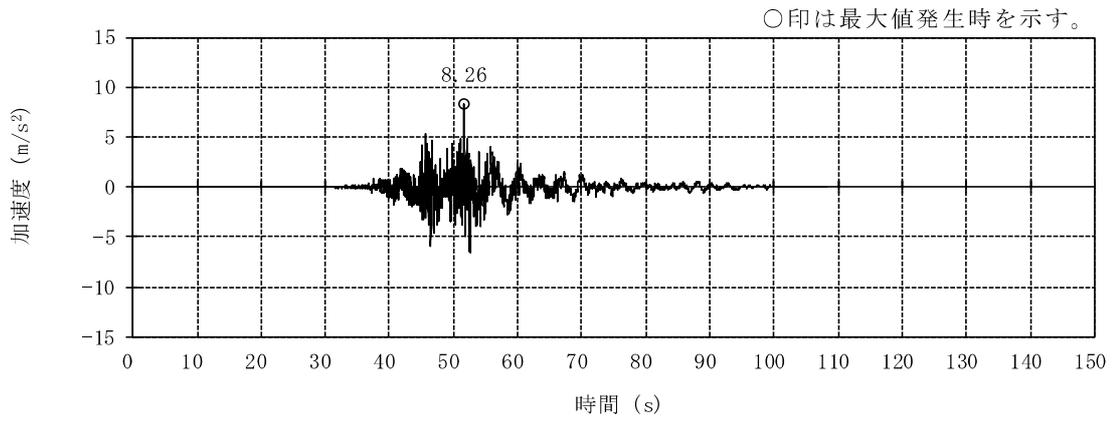


(b) S_s-2EW

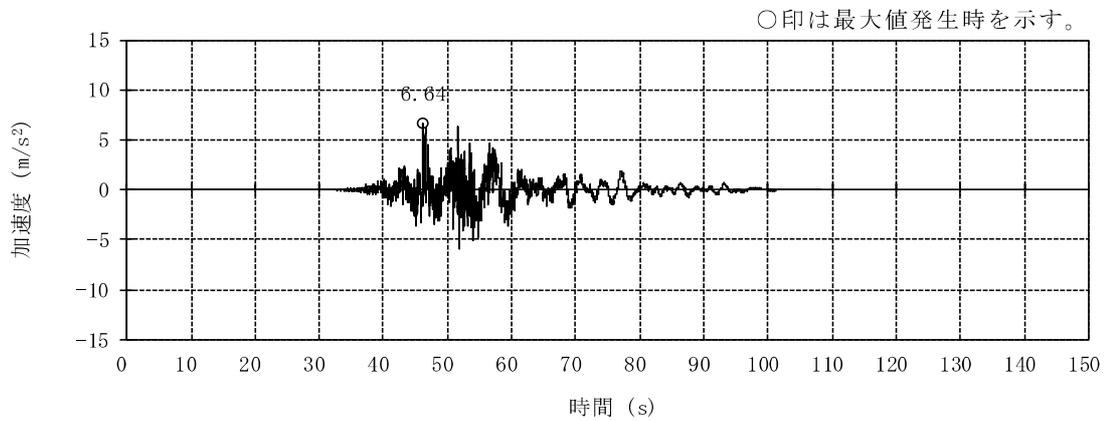


(c) S_s-3H

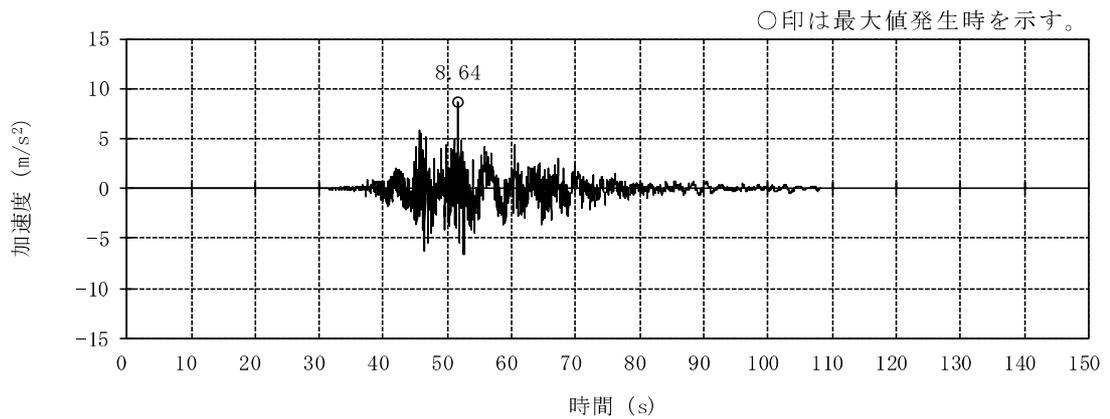
図3-2 入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S_s，EW方向）（1/3）



(d) Ss-4EW

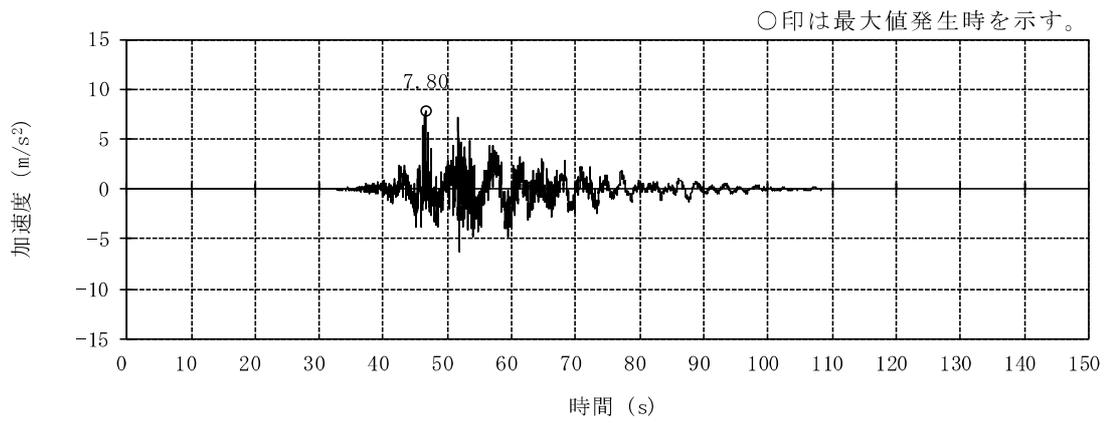


(e) Ss-5EW

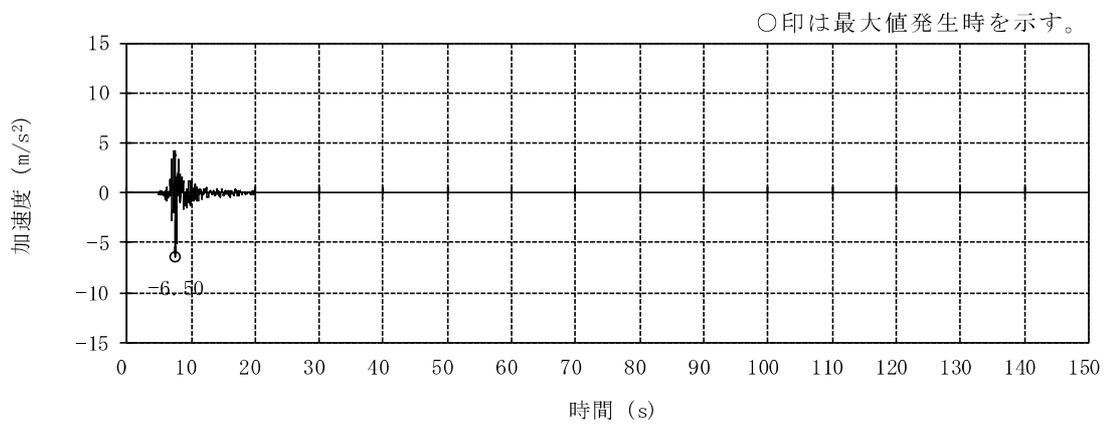


(f) Ss-6EW

図3-2 入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S_s，EW方向）（2/3）

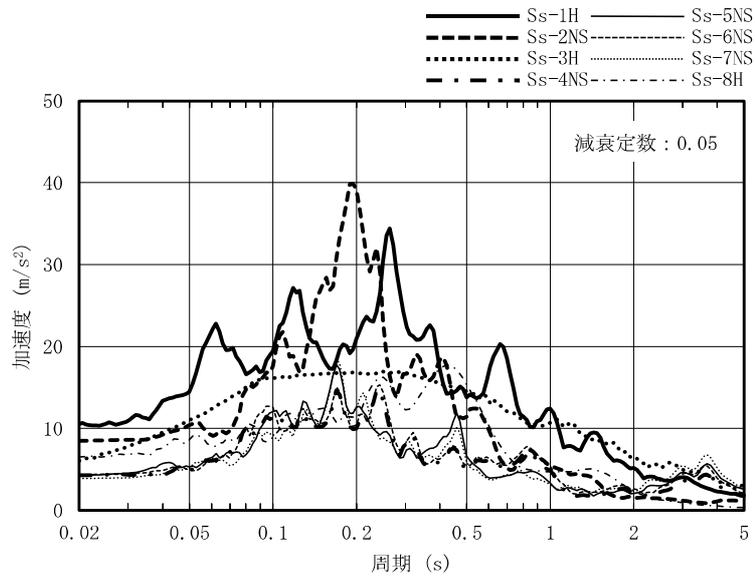


(g) S_s-7EW

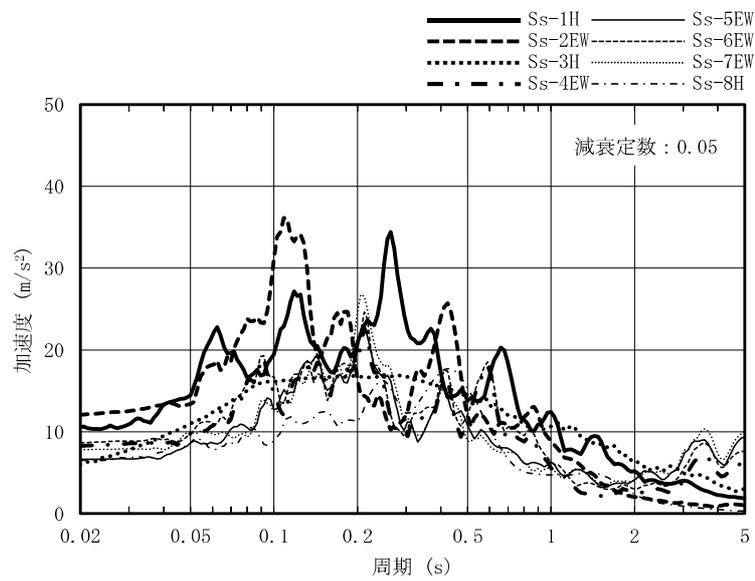


(h) S_s-8H

図3-2 入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S_s，EW方向）（3/3）



(a) NS方向



(b) EW方向

図3-3 加速度応答スペクトル (基準地震動 S s)

3.3 荷重及び荷重組合せ

荷重は，上位クラス施設である5号機原子炉建屋の荷重条件と同じとし，V-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いることとする。荷重の組合せを表3-1に示す。

表3-1 荷重の組合せ

| |
|---------------|
| 荷重の組合せ |
| $G + P + S_s$ |

〔記号の説明〕

G : 固定荷重

P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態
(原子炉冷却材喪失時の状態は除く。)における
運転荷重

S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

3.4 許容限界

タービン建屋の5号機原子炉建屋に対する波及的影響評価における許容限界は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に記載の許容限界に基づき、表3-2のとおり設定する。

表3-2 波及的影響評価における許容限界

| 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界 (評価基準値) |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 5号機原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない | 基準地震動 S _s | 鉄骨フレーム | 最大層間変形角が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認 | 最大層間変形角 1/30* |
| | | 耐震壁 | 最大せん断ひずみが波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ 4.00×10^{-3} |
| | | タービン建屋 及び 5号機原子炉建屋 | 建屋間の相対変位が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認 | 相対変位 100 mm |

注記*：「震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針（(財)日本建築防災協会）」を参考に許容限界を設定している。なお、被災度区分判定基準においては、柱の残留傾斜角が1/30を超えた場合に大破と判定しているが、保守的に最大層間変形角を用いて評価を行う。

3.5 解析方法

3.5.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表3-3に示す。

ここで、コンクリート剛性については、実現象に近い応答を模擬するという観点から、建設時コンクリートの28日強度データに基づき設定した実強度を用いて算定する。

表3-3 建物・構築物の物性値

| 部位 | 使用材料 | ヤング係数 E (N/mm ²) | せん断弾性係数 G (N/mm ²) | 減衰定数 h (%) |
|--------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| 建屋部, T/G架台及び 基礎スラブ | コンクリート* : $\sigma_c = 31.3$ (N/mm ²) ($\sigma_c = 320$ kgf/cm ²) 鉄筋 : SD35 (SD345相当) | 2.48×10^4 | 1.03×10^4 | 5 |
| 屋根トラス部 | 鉄骨 : SS41 (SS400相当) | 2.05×10^5 | 0.79×10^5 | 2 |
| | 鉄骨 : SM41A (SM400A相当) | 2.05×10^5 | 0.79×10^5 | 2 |
| | 鉄骨 : SM50A (SM490A相当) | 2.05×10^5 | 0.79×10^5 | 2 |

注記* : 実強度に基づくコンクリート強度。

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した質点系モデルとする。長辺方向であるNS方向は、建屋全体としての曲げ剛性が非常に高いため、等価なせん断剛性を考慮したモデルとし、短辺方向であるEW方向は、曲げ及びせん断剛性を考慮したモデルとして弾塑性時刻歴応答解析を行う。

建屋のモデル化は、実現象に近い応答を模擬するという観点から設計時には考慮していなかった補助壁を耐震要素として位置づけ、地震応答解析モデルに取り込む。地震応答解析モデルを図3-4に、地震応答解析モデルの諸元を表3-4及び表3-5に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)」(以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。)により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づき求めたスウェイ及びロッキングの地盤ばねを近似法により定数化して用いる。このうち、基礎底面のロッキング地盤ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面地盤ばねの評価には解析コード「G R I M P 2」を用いる。

また、埋込み部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」により、Novakの方法に基づき求めた水平ばねを、基礎底面地盤ばねと同様に、近似法により定数化して用いる。なお、地盤表層部(埋戻土)については、基準地震動 S_s による地盤応答レベルを踏まえ、表層部では建屋-地盤相互作用が見込めないと判断し、この部分の地盤ばねは考慮しない。建屋側面の水平ばねの評価には、解析コード「N V K 2 6 3」を用いる。

解析モデルへの入力地震動は、次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価する。また、基礎底面レベルにおけるせん断力(以下「切欠き力」という。)を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を図3-5に示す。入力地震動の算定には、解析コード「K S H A K E」を用いる。

基準地震動 S_s に対する地盤定数を表3-6～表3-13に示す。なお、地盤定数は地盤のひずみ依存特性を考慮して求めた等価地盤物性値を用いる。ひずみ依存特性については、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく。設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置(T.M.S.L.-4.2m)における入力地震動の加速度応答スペクトルを図3-6に示す。地震応答解析に用いる地盤ばねの記号を図3-7に、地盤のばね定数と減衰係数を表3-14～表3-21に示す。

復元力特性は、建屋の方向別に、振動モデル各軸のモデル化範囲における耐震要素の水平断面形状より「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づいて設定す

る。

なお、地震応答解析に用いる解析コードの検証，妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）」の概要に示す。

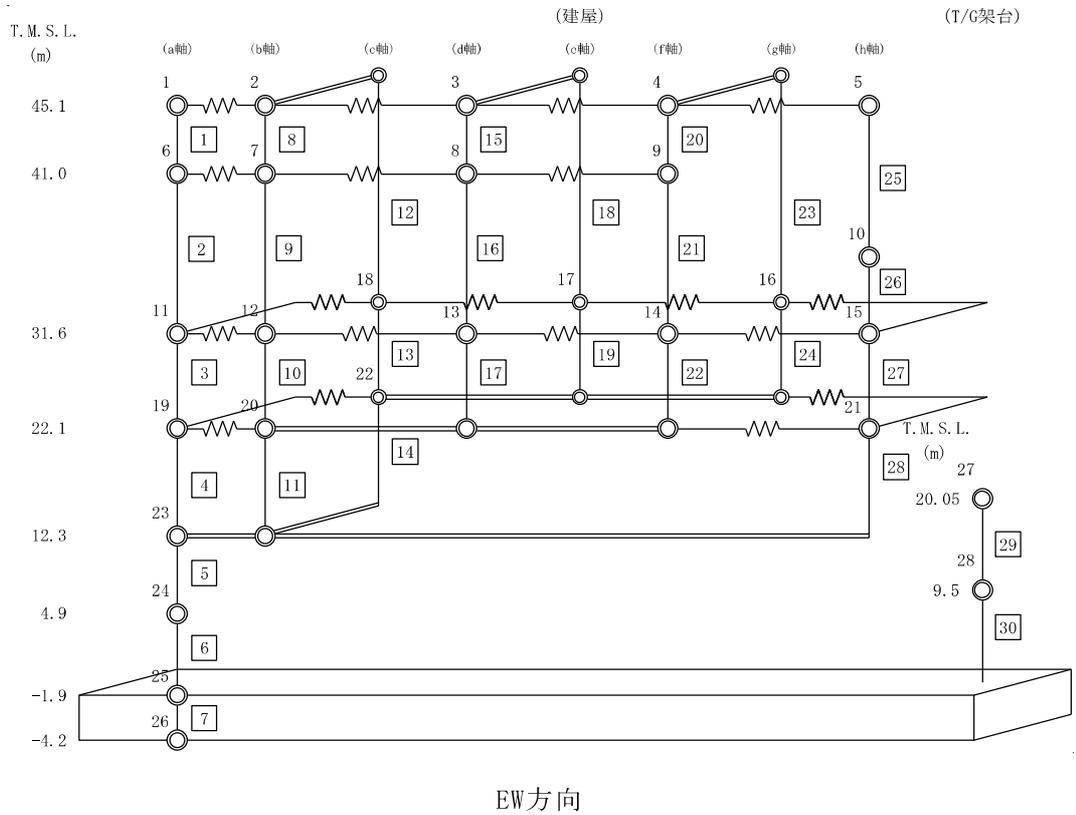
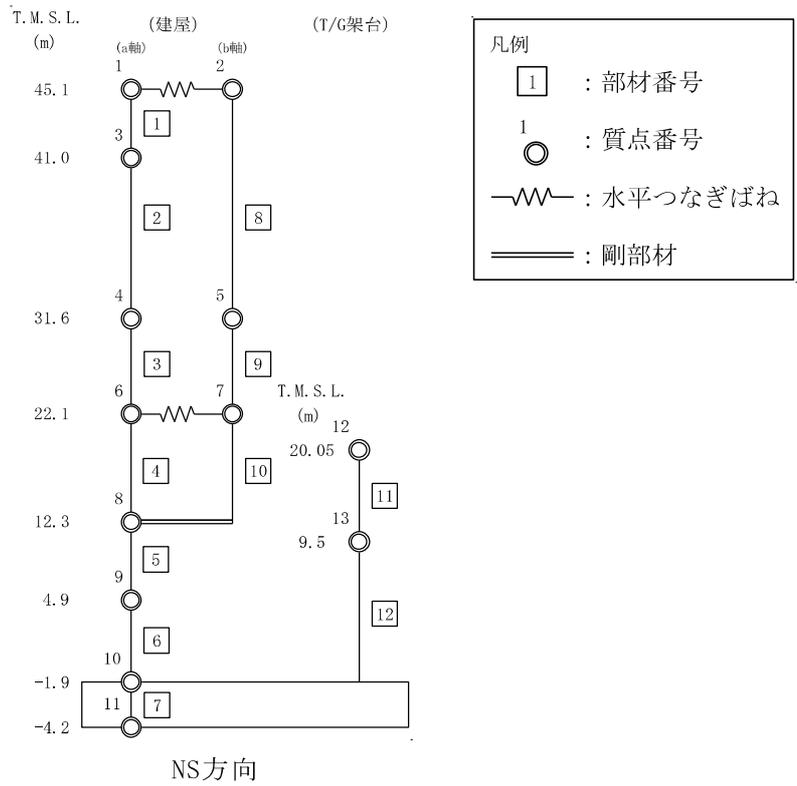


図3-4 地震応答解析モデル

表3-4 地震応答解析モデル諸元 (NS方向)

(a) 重量・回転慣性重量

| T. M. S. L. (m) | T/G架台 | 建屋 | |
|--------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 |
| 45.1 | | 25320 | 24920 |
| | | — | — |
| 41.0 | | 3 | |
| | | 11280 | |
| 31.6 | | 4 | 5 |
| | | 71010 | 77130 |
| 22.1 | 12 | 6 | 7 |
| | 105910 | 263700 | 186720 |
| 12.3 | 13 | 8 | |
| | 56670 | 515440 | |
| 4.9 | | 9 | |
| | | 404230 | |
| -1.9 | | 10 | |
| | | 634340 | |
| -4.2 | | 11 | |
| | | 247270 | |
| | | 3010.6 | |

| |
|--|
| 質点番号 |
| 重量(kN) |
| 回転慣性重量($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$) |

(b) セン断断面積・断面二次モーメント

| T. M. S. L. (m) | T/G架台 | 建屋 | |
|--------------------|-------|---------|--------|
| | | 1 | 8 |
| 45.1 | | 3.04 | 2.58 |
| | | — | |
| 41.0 | | 2 | — |
| | | 4.23 | |
| 31.6 | | 3 | 9 |
| | | 142.50 | 111.40 |
| 22.1 | 11 | 4 | 10 |
| | 20.20 | 308.24 | 301.28 |
| 12.3 | 12 | 5 | |
| | 12.80 | 786.25 | |
| 4.9 | | 6 | |
| | | 735.93 | |
| -1.9 | | 7 | |
| | | 8536.00 | |
| | | — | |

①コンクリート部
ヤング係数 E 2.48×10^4 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.03×10^4 (N/mm²)
ポアソン比 ν 0.20
減衰定数 h 5%

②鉄骨部
ヤング係数 E 2.05×10^5 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 7.90×10^4 (N/mm²)
ポアソン比 ν 0.30
減衰定数 h 2%

基礎形状 121.0m(NS方向) × 76.0m(EW方向)

| |
|----------------------------|
| 部材番号 |
| せん断断面積(m ²) |
| 断面二次モーメント(m ⁴) |

表3-5 地震応答解析モデル諸元 (EW方向) (1/2)

(a) 重量・回転慣性重量

| T. M. S. L. (m) | T/G架台 | 建屋 | | | | | | | |
|--------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 45.1 | | 9440 | 9580 | 9580 | 10170 | 11470 | | | |
| | | — | — | — | — | — | | | |
| 41.0 | | 2630 | 2910 | 3170 | 2570 | 10320 | | | |
| | | — | — | — | — | — | | | |
| 31.6 | | 25880 | 9760 | 16810 | 10280 | 24250 | 10710 | 13740 | 26390 |
| | | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 22.1 | | 105910 | 90450 | 150580 | 120670 | | | | 88720 |
| | | — | — | — | — | | | | — |
| 12.3 | | 56670 | 515440 | | | | | | |
| | | — | — | | | | | | |
| 4.9 | | 404230 | | | | | | | |
| | | — | | | | | | | |
| -1.9 | | 634340 | | | | | | | |
| | | — | | | | | | | |
| -4.2 | | 247270 | | | | | | | |
| | | 1127.8 | | | | | | | |

| |
|--|
| 質点番号 |
| 重量(kN) |
| 回転慣性重量($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$) |

表3-5 地震応答解析モデル諸元 (EW方向) (2/2)

(b) せん断断面積・断面二次モーメント

| T. M. S. L. (m) | T/G架台 | 建屋 | | | | | | | | |
|--------------------|-------|---------|--------|-------|-------|------|-------|-------|--------|--------|
| | | 1 | 8 | 12 | 15 | 18 | 20 | 23 | 25 | |
| 45.1 | | 2.42 | 0.40 | 0.15 | 0.40 | 0.14 | 0.61 | 0.14 | 2.44 | |
| | | — | — | | — | | — | | — | |
| | | 2 | 9 | 16 | 21 | 26 | | | | |
| 41.0 | | 2.25 | 0.83 | — | 0.83 | — | — | 26.30 | | |
| | | — | — | — | — | — | | | | |
| 31.6 | | 3 | 10 | 13 | 17 | 19 | 22 | 24 | 27 | |
| | | 52.10 | 18.90 | 16.03 | 16.80 | 0.82 | 21.66 | 26.86 | 46.40 | |
| | | 14660 | 311 | 1924 | 228 | 1890 | 276 | 2291 | 15800 | |
| 22.1 | 29 | 4 | 11 | 14 | | | | | 28 | |
| | | 13.40 | 150.00 | 90.50 | | | | | 135.26 | 154.35 |
| | | — | 85020 | 9385 | | | | | 19800 | 69130 |
| 12.3 | 30 | 5 | | | | | | | | |
| | | 585.58 | | | | | | | | |
| | | 217000 | | | | | | | | |
| 4.9 | 22.40 | 6 | | | | | | | | |
| | | 572.33 | | | | | | | | |
| | | 210300 | | | | | | | | |
| -1.9 | — | 7 | | | | | | | | |
| | | 8536.00 | | | | | | | | |
| | | — | | | | | | | | |

①コンクリート部

ヤング係数 E 2.48×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.03×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%

②鉄骨部

ヤング係数 E 2.05×10^5 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 7.90×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.30
 減衰定数 h 2%

基礎形状 121.0m(NS方向) × 76.0m(EW方向)

| |
|----------------------------|
| 部材番号 |
| せん断断面積(m ²) |
| 断面二次モーメント(m ⁴) |

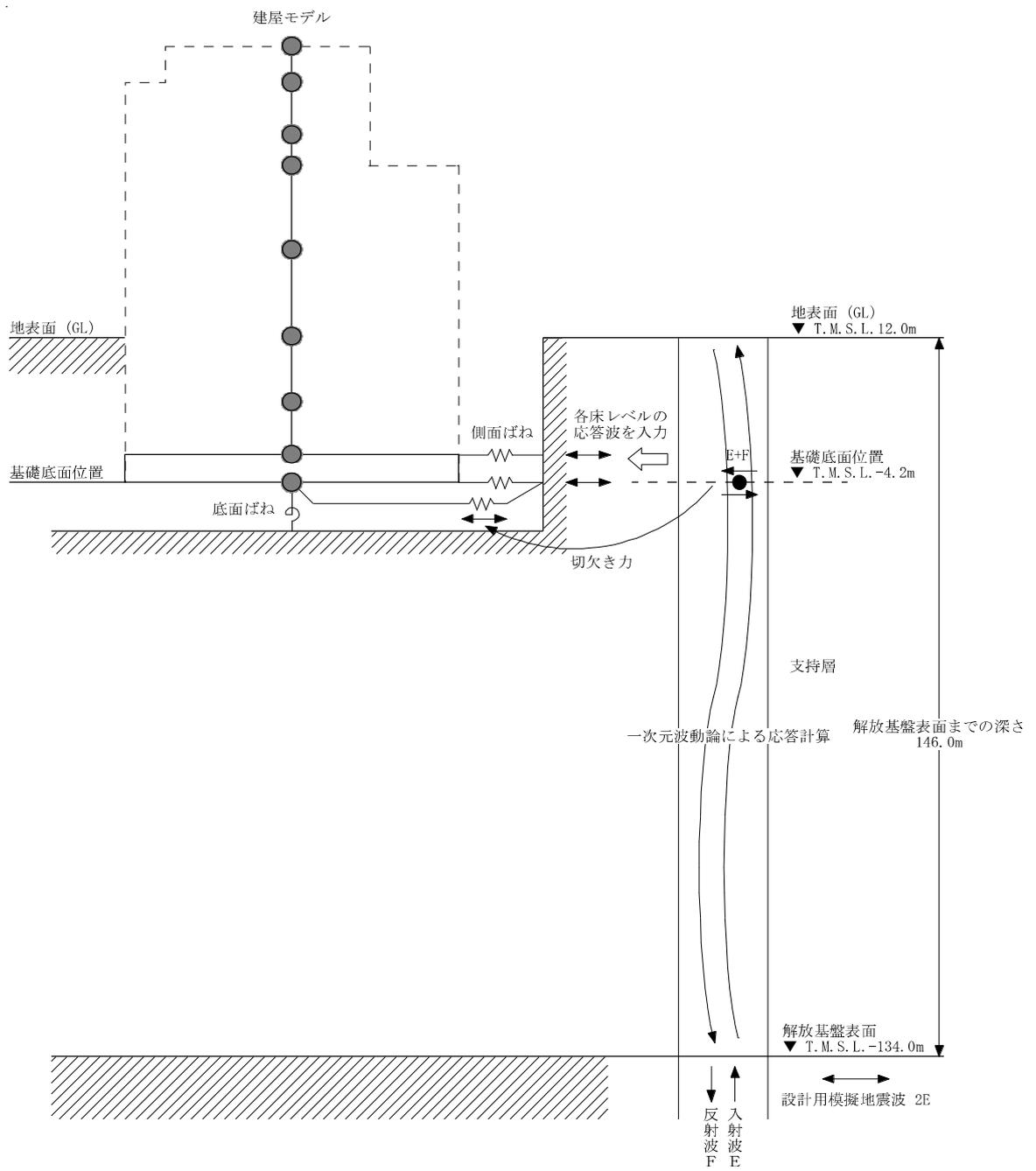


図3-5 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図

表3-6 地盤定数 (Ss-1)

| 標高 T. M. S. L. (m) | 地層 | せん断波 速度 V_s (m/s) | 単位体積 重量 γ_t (kN/m ³) | ポアソン比 ν | せん断 弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²) | 初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²) | 剛性 低下率 G/G_0 | 減衰 定数 h (%) |
|--------------------------|------|------------------------------|--|----------------|---|---|----------------------|------------------------|
| +12.0 | 埋戻土 | 182 | 17.6 | 0.415 | 0.213 | 0.592 | 0.36 | 13 |
| +8.0 | | 230 | 17.6 | 0.415 | 0.123 | 0.949 | 0.13 | 18 |
| +4.0 | | 256 | 17.6 | 0.415 | 0.129 | 1.18 | 0.11 | 19 |
| 0.0 | 古安田層 | 310 | 17.5 | 0.48 | 1.23 | 1.71 | 0.72 | 4 |
| -9.0 | 西山層 | 490 | 16.7 | 0.45 | 3.35 | 4.09 | 0.82 | 3 |
| -60.0 | | 560 | 17.2 | 0.44 | 4.45 | 5.50 | 0.81 | 3 |
| -100.0 | | 610 | 18.0 | 0.43 | 5.32 | 6.83 | 0.78 | 3 |
| -134.0 ∞ | 椎谷層 | 710 | 19.9 | 0.42 | 10.2 | 10.2 | 1.00 | - |

表3-7 地盤定数 (Ss-2)

| 標高 T. M. S. L. (m) | 地層 | せん断波 速度 V_s (m/s) | 単位体積 重量 γ_t (kN/m ³) | ポアソン比 ν | せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²) | 初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²) | 剛性 低下率 G/G_0 | 減衰 定数 h (%) |
|--------------------------|------|------------------------------|--|----------------|---|---|----------------------|------------------------|
| +12.0 | 埋戻土 | 182 | 17.6 | 0.415 | 0.236 | 0.592 | 0.40 | 11 |
| +8.0 | | 230 | 17.6 | 0.415 | 0.132 | 0.949 | 0.14 | 15 |
| +4.0 | | 256 | 17.6 | 0.415 | 0.106 | 1.18 | 0.09 | 17 |
| 0.0 | 古安田層 | 310 | 17.5 | 0.48 | 1.24 | 1.71 | 0.73 | 4 |
| -9.0 | 西山層 | 490 | 16.7 | 0.45 | 3.35 | 4.09 | 0.82 | 3 |
| -60.0 | | 560 | 17.2 | 0.44 | 4.67 | 5.50 | 0.85 | 3 |
| -100.0 | | 610 | 18.0 | 0.43 | 5.87 | 6.83 | 0.86 | 3 |
| -134.0 ∞ | 椎谷層 | 710 | 19.9 | 0.42 | 10.2 | 10.2 | 1.00 | - |

表3-8 地盤定数 (Ss-3)

| 標高 T. M. S. L. (m) | 地層 | せん断波 速度 V_s (m/s) | 単位体積 重量 γ_t (kN/m ³) | ポアソン比 ν | せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²) | 初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²) | 剛性 低下率 G/G_0 | 減衰 定数 h (%) |
|--------------------------|------|------------------------------|--|----------------|---|---|----------------------|------------------------|
| +12.0 | 埋戻土 | 182 | 17.6 | 0.415 | 0.266 | 0.592 | 0.45 | 10 |
| +8.0 | | 230 | 17.6 | 0.415 | 0.170 | 0.949 | 0.18 | 17 |
| +4.0 | | 256 | 17.6 | 0.415 | 0.129 | 1.18 | 0.11 | 19 |
| 0.0 | 古安田層 | 310 | 17.5 | 0.48 | 1.21 | 1.71 | 0.71 | 4 |
| -9.0 | 西山層 | 490 | 16.7 | 0.45 | 3.19 | 4.09 | 0.78 | 3 |
| -60.0 | | 560 | 17.2 | 0.44 | 4.12 | 5.50 | 0.75 | 4 |
| -100.0 | | 610 | 18.0 | 0.43 | 5.19 | 6.83 | 0.76 | 3 |
| -134.0 ∞ | 椎谷層 | 710 | 19.9 | 0.42 | 10.2 | 10.2 | 1.00 | - |

表3-9 地盤定数 (Ss-4)

| 標高 T. M. S. L. (m) | 地層 | せん断波 速度 V_s (m/s) | 単位体積 重量 γ_t (kN/m ³) | ポアソン比 ν | せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²) | 初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²) | 剛性 低下率 G/G_0 | 減衰 定数 h (%) |
|--------------------------|------|------------------------------|--|----------------|---|---|----------------------|------------------------|
| +12.0 | 埋戻土 | 182 | 17.6 | 0.415 | 0.242 | 0.592 | 0.41 | 8 |
| +8.0 | | 230 | 17.6 | 0.415 | 0.170 | 0.949 | 0.18 | 13 |
| +4.0 | | 256 | 17.6 | 0.415 | 0.177 | 1.18 | 0.15 | 14 |
| 0.0 | 古安田層 | 310 | 17.5 | 0.48 | 1.31 | 1.71 | 0.77 | 4 |
| -9.0 | 西山層 | 490 | 16.7 | 0.45 | 3.55 | 4.09 | 0.87 | 3 |
| -60.0 | | 560 | 17.2 | 0.44 | 4.78 | 5.50 | 0.87 | 3 |
| -100.0 | | 610 | 18.0 | 0.43 | 5.94 | 6.83 | 0.87 | 3 |
| -134.0 ∞ | 椎谷層 | 710 | 19.9 | 0.42 | 10.2 | 10.2 | 1.00 | - |

表3-10 地盤定数 (Ss-5)

| 標高 T. M. S. L. (m) | 地層 | せん断波 速度 V_s (m/s) | 単位体積 重量 γ_t (kN/m ³) | ポアソン比 ν | せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²) | 初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²) | 剛性 低下率 G/G_0 | 減衰 定数 h (%) |
|--------------------------|------|------------------------------|--|----------------|---|---|----------------------|------------------------|
| +12.0 | 埋戻土 | 182 | 17.6 | 0.415 | 0.242 | 0.592 | 0.41 | 7 |
| +8.0 | | 230 | 17.6 | 0.415 | 0.161 | 0.949 | 0.17 | 11 |
| +4.0 | | 256 | 17.6 | 0.415 | 0.188 | 1.18 | 0.16 | 14 |
| 0.0 | 古安田層 | 310 | 17.5 | 0.48 | 1.33 | 1.71 | 0.78 | 4 |
| -9.0 | 西山層 | 490 | 16.7 | 0.45 | 3.51 | 4.09 | 0.86 | 3 |
| -60.0 | | 560 | 17.2 | 0.44 | 4.56 | 5.50 | 0.83 | 3 |
| -100.0 | | 610 | 18.0 | 0.43 | 5.60 | 6.83 | 0.82 | 3 |
| -134.0 ∞ | 椎谷層 | 710 | 19.9 | 0.42 | 10.2 | 10.2 | 1.00 | - |

表3-11 地盤定数 (Ss-6)

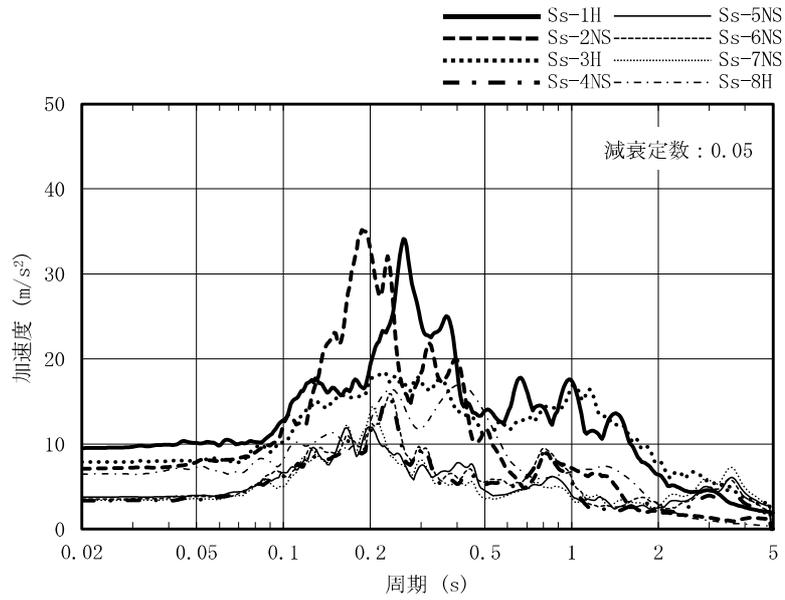
| 標高 T. M. S. L. (m) | 地層 | せん断波 速度 V_s (m/s) | 単位体積 重量 γ_t (kN/m ³) | ポアソン比 ν | せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²) | 初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²) | 剛性 低下率 G/G_0 | 減衰 定数 h (%) |
|--------------------------|------|------------------------------|--|----------------|---|---|----------------------|------------------------|
| +12.0 | 埋戻土 | 182 | 17.6 | 0.415 | 0.230 | 0.592 | 0.39 | 9 |
| +8.0 | | 230 | 17.6 | 0.415 | 0.161 | 0.949 | 0.17 | 14 |
| +4.0 | | 256 | 17.6 | 0.415 | 0.153 | 1.18 | 0.13 | 15 |
| 0.0 | 古安田層 | 310 | 17.5 | 0.48 | 1.29 | 1.71 | 0.76 | 3 |
| -9.0 | 西山層 | 490 | 16.7 | 0.45 | 3.51 | 4.09 | 0.86 | 3 |
| -60.0 | | 560 | 17.2 | 0.44 | 4.62 | 5.50 | 0.84 | 3 |
| -100.0 | | 610 | 18.0 | 0.43 | 5.66 | 6.83 | 0.83 | 3 |
| -134.0 ∞ | 椎谷層 | 710 | 19.9 | 0.42 | 10.2 | 10.2 | 1.00 | - |

表3-12 地盤定数 (Ss-7)

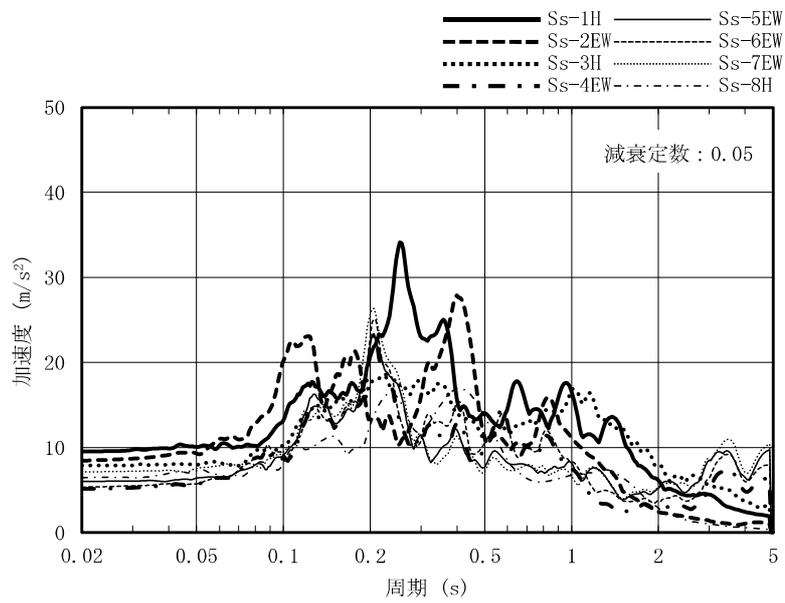
| 標高 T. M. S. L. (m) | 地層 | せん断波 速度 V_s (m/s) | 単位体積 重量 γ_t (kN/m ³) | ポアソン比 ν | せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²) | 初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²) | 剛性 低下率 G/G_0 | 減衰 定数 h (%) |
|--------------------------|------|------------------------------|--|----------------|---|---|----------------------|------------------------|
| +12.0 | 埋戻土 | 182 | 17.6 | 0.415 | 0.230 | 0.592 | 0.39 | 8 |
| +8.0 | | 230 | 17.6 | 0.415 | 0.170 | 0.949 | 0.18 | 11 |
| +4.0 | | 256 | 17.6 | 0.415 | 0.224 | 1.18 | 0.19 | 12 |
| 0.0 | 古安田層 | 310 | 17.5 | 0.48 | 1.35 | 1.71 | 0.79 | 4 |
| -9.0 | 西山層 | 490 | 16.7 | 0.45 | 3.47 | 4.09 | 0.85 | 3 |
| -60.0 | | 560 | 17.2 | 0.44 | 4.45 | 5.50 | 0.81 | 3 |
| -100.0 | | 610 | 18.0 | 0.43 | 5.46 | 6.83 | 0.80 | 3 |
| -134.0 ∞ | 椎谷層 | 710 | 19.9 | 0.42 | 10.2 | 10.2 | 1.00 | - |

表3-13 地盤定数 (Ss-8)

| 標高 T. M. S. L. (m) | 地層 | せん断波 速度 V_s (m/s) | 単位体積 重量 γ_t (kN/m ³) | ポアソン比 ν | せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²) | 初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²) | 剛性 低下率 G/G_0 | 減衰 定数 h (%) |
|--------------------------|------|------------------------------|--|----------------|---|---|----------------------|------------------------|
| +12.0 | 埋戻土 | 182 | 17.6 | 0.415 | 0.272 | 0.592 | 0.46 | 10 |
| +8.0 | | 230 | 17.6 | 0.415 | 0.161 | 0.949 | 0.17 | 17 |
| +4.0 | | 256 | 17.6 | 0.415 | 0.118 | 1.18 | 0.10 | 19 |
| 0.0 | 古安田層 | 310 | 17.5 | 0.48 | 1.31 | 1.71 | 0.77 | 4 |
| -9.0 | 西山層 | 490 | 16.7 | 0.45 | 3.47 | 4.09 | 0.85 | 3 |
| -60.0 | | 560 | 17.2 | 0.44 | 4.56 | 5.50 | 0.83 | 3 |
| -100.0 | | 610 | 18.0 | 0.43 | 6.01 | 6.83 | 0.88 | 3 |
| -134.0 ∞ | 椎谷層 | 710 | 19.9 | 0.42 | 10.2 | 10.2 | 1.00 | - |



(a) NS方向



(b) EW方向

図3-6 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S_s , T.M.S.L. -4.2m)

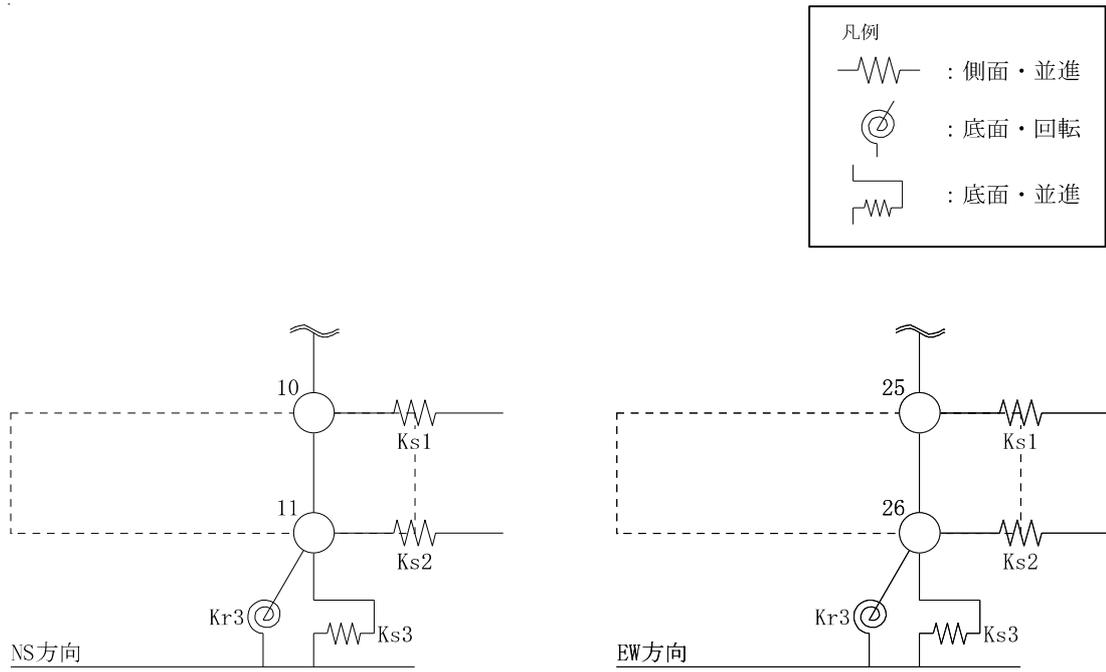


図3-7 地盤ばねの記号

表3-14 地盤ばね定数と減衰係数 (Ss-1)

(a) NS方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Ks1 | 10 | 側面・並進 | 1.64×10^6 | 1.15×10^6 |
| Ks2 | 11 | 側面・並進 | 6.19×10^5 | 4.35×10^5 |
| Ks3 | 11 | 底面・並進 | 1.04×10^8 | 6.71×10^6 |
| Kr3 | 11 | 底面・回転 | 4.10×10^{11} | 1.32×10^{10} |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

(b) EW方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|--------------------|
| Ks1 | 25 | 側面・並進 | 1.64×10^6 | 1.14×10^6 |
| Ks2 | 26 | 側面・並進 | 6.19×10^5 | 4.29×10^5 |
| Ks3 | 26 | 底面・並進 | 1.09×10^8 | 7.33×10^6 |
| Kr3 | 26 | 底面・回転 | 1.77×10^{11} | 3.66×10^9 |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

表3-15 地盤ばね定数と減衰係数 (Ss-2)

(a) NS方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Ks1 | 10 | 側面・並進 | 1.66×10^6 | 1.16×10^6 |
| Ks2 | 11 | 側面・並進 | 6.24×10^5 | 4.36×10^5 |
| Ks3 | 11 | 底面・並進 | 1.05×10^8 | 6.74×10^6 |
| Kr3 | 11 | 底面・回転 | 4.15×10^{11} | 1.33×10^{10} |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

(b) EW方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|--------------------|
| Ks1 | 25 | 側面・並進 | 1.66×10^6 | 1.14×10^6 |
| Ks2 | 26 | 側面・並進 | 6.24×10^5 | 4.31×10^5 |
| Ks3 | 26 | 底面・並進 | 1.10×10^8 | 7.36×10^6 |
| Kr3 | 26 | 底面・回転 | 1.79×10^{11} | 3.68×10^9 |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

表3-16 地盤ばね定数と減衰係数 (Ss-3)

(a) NS方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Ks1 | 10 | 側面・並進 | 1.62×10^6 | 1.14×10^6 |
| Ks2 | 11 | 側面・並進 | 6.10×10^5 | 4.30×10^5 |
| Ks3 | 11 | 底面・並進 | 9.89×10^7 | 6.55×10^6 |
| Kr3 | 11 | 底面・回転 | 3.88×10^{11} | 1.29×10^{10} |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

(b) EW方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|--------------------|
| Ks1 | 25 | 側面・並進 | 1.62×10^6 | 1.13×10^6 |
| Ks2 | 26 | 側面・並進 | 6.10×10^5 | 4.24×10^5 |
| Ks3 | 26 | 底面・並進 | 1.04×10^8 | 7.14×10^6 |
| Kr3 | 26 | 底面・回転 | 1.68×10^{11} | 3.59×10^9 |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

表3-17 地盤ばね定数と減衰係数 (Ss-4)

(a) NS方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Ks1 | 10 | 側面・並進 | 1.74×10^6 | 1.19×10^6 |
| Ks2 | 11 | 側面・並進 | 6.58×10^5 | 4.47×10^5 |
| Ks3 | 11 | 底面・並進 | 1.10×10^8 | 6.91×10^6 |
| Kr3 | 11 | 底面・回転 | 4.36×10^{11} | 1.36×10^{10} |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

(b) EW方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|--------------------|
| Ks1 | 25 | 側面・並進 | 1.74×10^6 | 1.17×10^6 |
| Ks2 | 26 | 側面・並進 | 6.58×10^5 | 4.41×10^5 |
| Ks3 | 26 | 底面・並進 | 1.16×10^8 | 7.54×10^6 |
| Kr3 | 26 | 底面・回転 | 1.89×10^{11} | 3.76×10^9 |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

表3-18 地盤ばね定数と減衰係数 (Ss-5)

(a) NS方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Ks1 | 10 | 側面・並進 | 1.78×10^6 | 1.19×10^6 |
| Ks2 | 11 | 側面・並進 | 6.73×10^5 | 4.49×10^5 |
| Ks3 | 11 | 底面・並進 | 1.08×10^8 | 6.84×10^6 |
| Kr3 | 11 | 底面・回転 | 4.25×10^{11} | 1.34×10^{10} |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

(b) EW方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|--------------------|
| Ks1 | 25 | 側面・並進 | 1.78×10^6 | 1.18×10^6 |
| Ks2 | 26 | 側面・並進 | 6.73×10^5 | 4.43×10^5 |
| Ks3 | 26 | 底面・並進 | 1.13×10^8 | 7.47×10^6 |
| Kr3 | 26 | 底面・回転 | 1.85×10^{11} | 3.73×10^9 |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

表3-19 地盤ばね定数と減衰係数 (Ss-6)

(a) NS方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Ks1 | 10 | 側面・並進 | 1.72×10^6 | 1.18×10^6 |
| Ks2 | 11 | 側面・並進 | 6.48×10^5 | 4.44×10^5 |
| Ks3 | 11 | 底面・並進 | 1.09×10^8 | 6.85×10^6 |
| Kr3 | 11 | 底面・回転 | 4.27×10^{11} | 1.35×10^{10} |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

(b) EW方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|--------------------|
| Ks1 | 25 | 側面・並進 | 1.72×10^6 | 1.16×10^6 |
| Ks2 | 26 | 側面・並進 | 6.48×10^5 | 4.38×10^5 |
| Ks3 | 26 | 底面・並進 | 1.14×10^8 | 7.48×10^6 |
| Kr3 | 26 | 底面・回転 | 1.86×10^{11} | 3.73×10^9 |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

表3-20 地盤ばね定数と減衰係数 (Ss-7)

(a) NS方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Ks1 | 10 | 側面・並進 | 1.81×10^6 | 1.20×10^6 |
| Ks2 | 11 | 側面・並進 | 6.82×10^5 | 4.51×10^5 |
| Ks3 | 11 | 底面・並進 | 1.07×10^8 | 6.81×10^6 |
| Kr3 | 11 | 底面・回転 | 4.20×10^{11} | 1.34×10^{10} |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

(b) EW方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|--------------------|
| Ks1 | 25 | 側面・並進 | 1.81×10^6 | 1.18×10^6 |
| Ks2 | 26 | 側面・並進 | 6.82×10^5 | 4.45×10^5 |
| Ks3 | 26 | 底面・並進 | 1.12×10^8 | 7.43×10^6 |
| Kr3 | 26 | 底面・回転 | 1.83×10^{11} | 3.71×10^9 |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

表3-21 地盤ばね定数と減衰係数 (Ss-8)

(a) NS方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Ks1 | 10 | 側面・並進 | 1.74×10^6 | 1.18×10^6 |
| Ks2 | 11 | 側面・並進 | 6.58×10^5 | 4.46×10^5 |
| Ks3 | 11 | 底面・並進 | 1.08×10^8 | 6.83×10^6 |
| Kr3 | 11 | 底面・回転 | 4.24×10^{11} | 1.34×10^{10} |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

(b) EW方向

| ばね番号 | 質点番号 | 地盤ばね成分 | ばね定数*1 | 減衰係数*2 |
|------|------|--------|-----------------------|--------------------|
| Ks1 | 25 | 側面・並進 | 1.74×10^6 | 1.17×10^6 |
| Ks2 | 26 | 側面・並進 | 6.58×10^5 | 4.39×10^5 |
| Ks3 | 26 | 底面・並進 | 1.13×10^8 | 7.45×10^6 |
| Kr3 | 26 | 底面・回転 | 1.84×10^{11} | 3.72×10^9 |

注記*1 : Ks1, Ks2, Ks3はkN/m Kr3はkN・m/rad

*2 : Ks1, Ks2, Ks3はkN・s/m Kr3はkN・m・s/rad

3.5.2 解析方法

タービン建屋の地震応答解析には、解析コード「DYN A 2 E」を用いる。

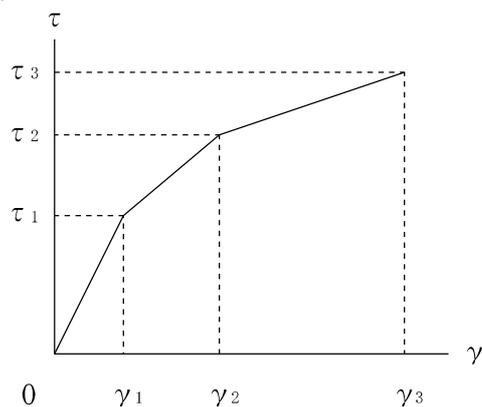
建物・構築物の動的解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき時刻歴応答解析により実施する。

なお、地震応答解析に用いる解析コードの検証，妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）」の概要に示す。

3.5.3 解析条件

(1) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき，トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係を図3-8に示す。



τ_1 : 第1折点のせん断応力度

τ_2 : 第2折点のせん断応力度

τ_3 : 終局点のせん断応力度

γ_1 : 第1折点のせん断ひずみ

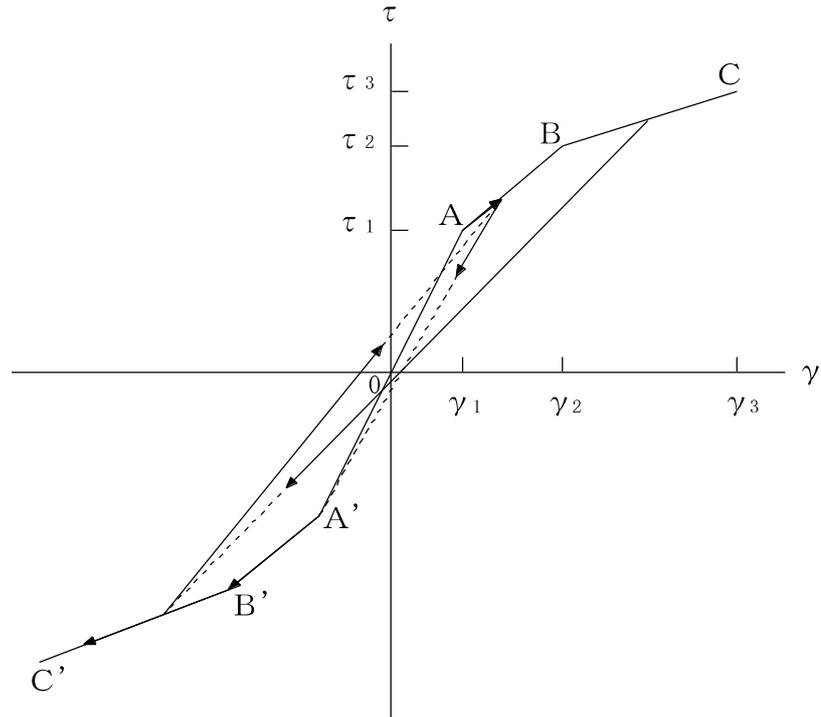
γ_2 : 第2折点のせん断ひずみ

γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

図3-8 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」に基づき、最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を図3-9に示す。

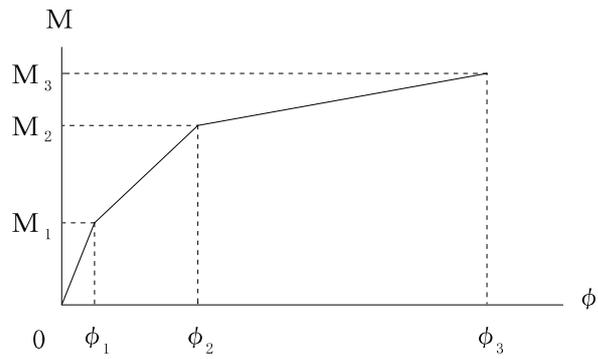


- 0-A間 : 弾性範囲。
- A-B間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第1折点を越えていなければ、負側第1折点に向かう。
- B-C間 : 負側最大点指向。
- 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- 安定ループは面積を持たない。

図3-9 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係) は, 「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」に基づき, トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を図3-10に示す。



M_1 : 第1折点の曲げモーメント

M_2 : 第2折点の曲げモーメント

M_3 : 終局点の曲げモーメント

ϕ_1 : 第1折点の曲率

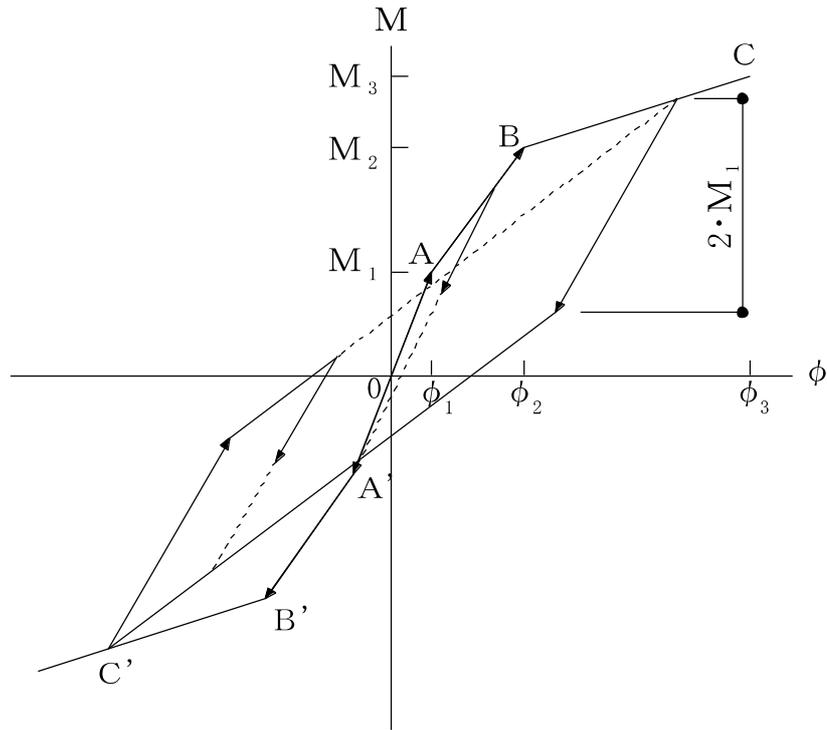
ϕ_2 : 第2折点の曲率

ϕ_3 : 終局点の曲率

図3-10 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を図3-11に示す。



- a. 0-A間 : 弾性範囲。
- b. A-B間 : 負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第1折点を過ぎていなければ、負側第1折点に向かう。
- c. B-C間 : 負側最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は、最大値から $2 \cdot M_1$ を減じた点とする。ただし、負側最大点が第2折点を過ぎていなければ、負側第2折点を最大点とする安定ループを形成する。また、安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は、安定ループの戻り剛性に同じとする。
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。

図3-11 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトン曲線の諸数値

タービン建屋の各部材について算出したせん断力及び曲げモーメントのスケルトン曲線の諸数値を表3-22～表3-24に示す。なお、NS方向は等価なせん断剛性を考慮したモデルのため、曲げモーメント－曲率関係は考慮しないものとする。

表3-22 せん断力のスケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (NS方向)

| 部材 番号 | 第1折点 | | 第2折点 | | 終局点 | |
|----------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| | τ_1 (N/mm ²) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) | τ_2 (N/mm ²) | γ_2 ($\times 10^{-3}$) | τ_3 (N/mm ²) | γ_3 ($\times 10^{-3}$) |
| 3 | 2.58 | 0.251 | 3.46 | 0.575 | 6.02 | 4.00 |
| 4 | 2.07 | 0.201 | 2.78 | 0.595 | 4.61 | 4.00 |
| 5 | 2.17 | 0.211 | 2.82 | 0.633 | 4.25 | 4.00 |
| 6 | 2.32 | 0.225 | 3.04 | 0.671 | 4.62 | 4.00 |
| 9 | 2.09 | 0.203 | 2.80 | 0.575 | 4.29 | 4.00 |
| 10 | 2.20 | 0.214 | 2.87 | 0.595 | 4.59 | 4.00 |

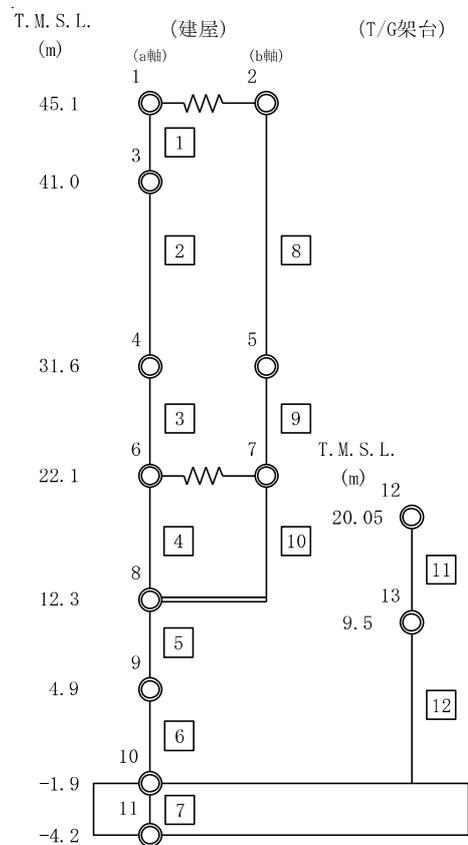


表3-23 せん断力のスケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (EW方向)

| 部材番号 | 第1折点 | | 第2折点 | | 終局点 | |
|------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| | τ_1 (N/mm ²) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) | τ_2 (N/mm ²) | γ_2 ($\times 10^{-3}$) | τ_3 (N/mm ²) | γ_3 ($\times 10^{-3}$) |
| 3 | 2.00 | 0.194 | 2.69 | 0.575 | 4.72 | 4.00 |
| 4 | 2.13 | 0.207 | 2.88 | 0.600 | 5.29 | 4.00 |
| 5 | 2.19 | 0.213 | 2.86 | 0.633 | 4.38 | 4.00 |
| 6 | 2.39 | 0.232 | 3.14 | 0.671 | 4.71 | 4.00 |
| 10 | 1.97 | 0.191 | 2.66 | 0.575 | 3.42 | 4.00 |
| 11 | 2.13 | 0.207 | 2.72 | 0.595 | 2.87 | 4.00 |
| 13 | 1.92 | 0.187 | 2.05 | 0.575 | 2.05 | 4.00 |
| 14 | 2.28 | 0.221 | 2.73 | 0.595 | 2.78 | 4.00 |
| 17 | 1.97 | 0.191 | 2.66 | 0.575 | 3.31 | 4.00 |
| 22 | 1.97 | 0.191 | 2.44 | 0.575 | 2.60 | 4.00 |
| 24 | 1.94 | 0.189 | 2.55 | 0.575 | 2.81 | 4.00 |
| 26 | 2.61 | 0.253 | 3.02 | 0.802 | 3.02 | 4.00 |
| 27 | 1.56 | 0.152 | 2.11 | 0.580 | 4.18 | 4.00 |
| 28 | 2.09 | 0.203 | 2.81 | 0.600 | 5.28 | 4.00 |

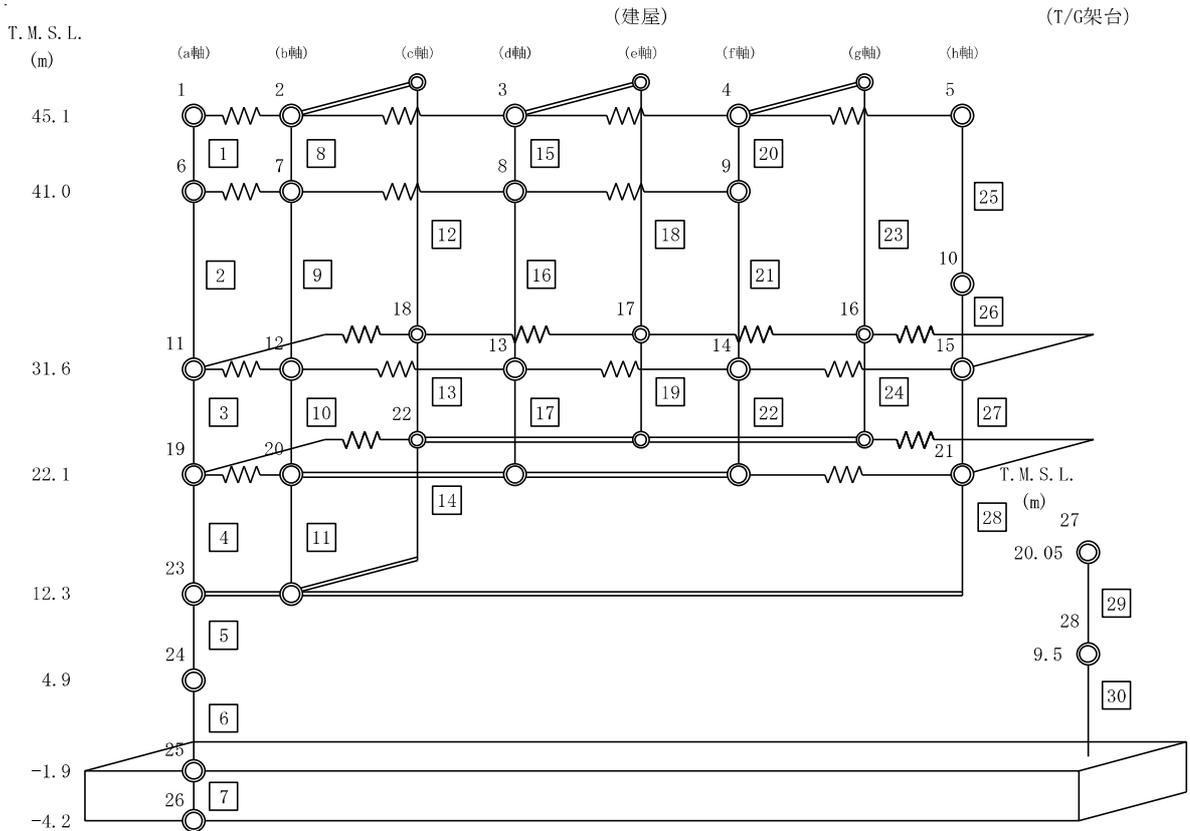
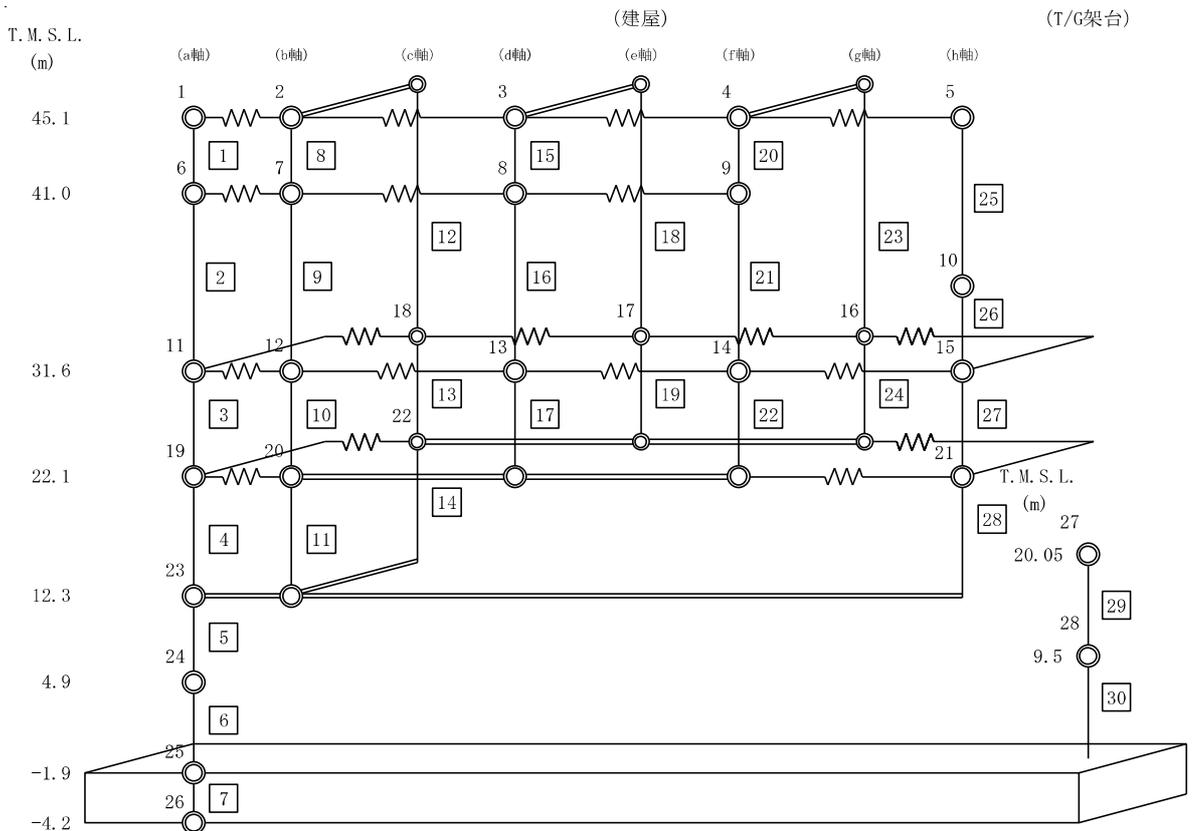


表3-24 曲げモーメントのスケルトン曲線 (M-φ 関係) (EW方向)

| 部材 番号 | 第1折点 | | 第2折点 | | 終局点 | |
|----------|---|--|---|--|---|--|
| | M ₁ (×10 ⁶ kN・m) | φ ₁ (×10 ⁻⁶ /m) | M ₂ (×10 ⁶ kN・m) | φ ₂ (×10 ⁻⁶ /m) | M ₃ (×10 ⁶ kN・m) | φ ₃ (×10 ⁻⁶ /m) |
| 3 | 1.80 | 4.94 | 2.43 | 29.0 | 3.57 | 580 |
| 4 | 5.47 | 2.59 | 7.04 | 33.7 | 9.95 | 674 |
| 5 | 30.8 | 5.73 | 39.8 | 31.2 | 50.9 | 624 |
| 6 | 37.7 | 7.22 | 55.2 | 31.3 | 71.6 | 626 |
| 10 | 0.275 | 35.7 | 0.312 | 194 | 0.388 | 3890 |
| 11 | 1.56 | 6.72 | 1.76 | 90.0 | 2.24 | 1800 |
| 13 | 0.160 | 3.34 | 0.174 | 189 | 0.222 | 3780 |
| 14 | 2.51 | 5.11 | 2.70 | 77.2 | 3.47 | 1540 |
| 17 | 0.214 | 37.9 | 0.260 | 196 | 0.333 | 3920 |
| 22 | 0.234 | 34.2 | 0.275 | 196 | 0.355 | 3920 |
| 24 | 0.515 | 9.06 | 0.582 | 69.0 | 0.756 | 1380 |
| 27 | 1.18 | 3.01 | 1.75 | 34.6 | 2.61 | 709 |
| 28 | 4.74 | 2.77 | 7.06 | 35.5 | 10.4 | 711 |



3.5.4 材料物性の不確かさ

解析においては、「3.5.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性の不確かさを考慮する。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は、建屋応答への影響が大きい地震動に対して実施することとし、基本ケースの地震応答解析の応答値のいずれかが最大となる地震動（Ss-1～Ss-3, Ss-7及びSs-8）に対して実施することとする。

材料物性の不確かさのうち、建屋剛性については、建設時コンクリートの28日強度の平均値程度の31.3N/mm²を基本とし、28日強度の±1σを考慮する。更に、マイナス側については、28日強度の値として95%信頼区間の下限値に相当する値を考慮し、プラス側については、実機の経年後のコア強度の平均値を考慮する。

地盤剛性については、地盤調査結果の平均値を基に設定した数値を基本ケースとし、地盤剛性の不確かさ検討に当たっては、標準偏差に相当するばらつき（±1σ）を考慮する。

材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを表3-25に示す。

表3-25 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

| 検討ケース | コンクリート剛性 | 地盤剛性 | 備考 |
|------------------------------|---|---|-------|
| ①ケース1 | 実強度 (31.3N/mm ²) | 標準地盤 | 基本ケース |
| ②ケース2 (建屋剛性+σ, 地盤剛性+σ) | 実強度+σ (34.3N/mm ²) | 標準地盤+σ (初期せん断弾性係数：埋戻土+54% せん断波速度： 古安田層+11%, 西山層+11%) | |
| ③ケース3 (建屋剛性-σ, 地盤剛性-σ) | 実強度-σ (28.4N/mm ²) | 標準地盤-σ (初期せん断弾性係数：埋戻土-35% せん断波速度： 古安田層-11%, 西山層-11%) | |
| ④ケース4 (建屋剛性コア平均) | 実強度 (コア平均) (49.0N/mm ²) | 標準地盤 | |
| ⑤ケース5 (建屋剛性-2σ) | 実強度-2σ (25.4N/mm ²) | 標準地盤 | |

3.6 評価方法

タービン建屋の波及的影響評価は、質点系モデルの地震応答解析に基づき、基準地震動 S_s に対して、タービン建屋の構造物全体としての変形性能の評価及び5号機原子炉建屋への相対変位による評価を行う。

3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法

タービン建屋の構造物全体としての変形性能の評価は、質点系モデルによる地震応答解析を行い、最大層間変形角及び最大せん断ひずみが設定した許容限界を超えないことを確認する。

3.6.2 5号機原子炉建屋への相対変位による評価方法

タービン建屋の5号機原子炉建屋への相対変位による評価は、まず、5号機原子炉建屋との最大相対変位により建屋衝突の有無を確認する。最大相対変位を算出する際の基準点は、5号機原子炉建屋の基礎底面レベルとし、衝突部位レベルに地震応答解析モデルの質点がない場合は、衝突部位レベルの上下質点の応答変位を用いた線形補間により、衝突部位レベルの変位を算出する。更に、最大相対変位が許容限界を超える箇所については、タービン建屋の時刻歴応答変位と5号機原子炉建屋の時刻歴応答変位による時刻歴相対変位が、許容限界を超えないことを確認する。

4. 評価結果

4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果

最大層間変形角を表4-1に、最大せん断ひずみを表4-2に、最大せん断ひずみとなったケースの最大せん断ひずみと $\tau - \gamma$ 関係を図4-1に示す。

材料物性の不確かさを考慮した最大層間変形角は1/41（部材番号(1)）であり、許容限界（1/30）を超えないことを確認した。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは 1.75×10^{-3} であり、許容限界（ 4.00×10^{-3} ）を超えないことを確認した。

表4-1 最大層間変形角

| 方向 | ケース1 | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 | 許容限界 |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| NS | 1/246 (Ss-1) | 1/235 (Ss-1) | 1/235 (Ss-1) | 1/243 (Ss-1) | 1/222 (Ss-1) | 1/30 |
| EW | 1/66 (Ss-1) | 1/83 (Ss-1) | 1/41 (Ss-1) | 1/50 (Ss-7) | 1/58 (Ss-1) | |

注：（ ）内は各ケースにおいて応答が最大となる地震動を示す。

表4-2 最大せん断ひずみ

(単位： $\times 10^{-3}$)

| 方向 | ケース1 | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 | 許容限界 |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| NS | 0.270 (Ss-1) | 0.198 (Ss-1) | 0.258 (Ss-1) | 0.200 (Ss-1) | 0.378 (Ss-1) | 4.00 |
| EW | 1.33 (Ss-2) | 0.717 (Ss-1) | 1.48 (Ss-2) | 0.723 (Ss-1) | 1.75 (Ss-1) | |

注：（ ）内は各ケースにおいて応答が最大となる地震動を示す。

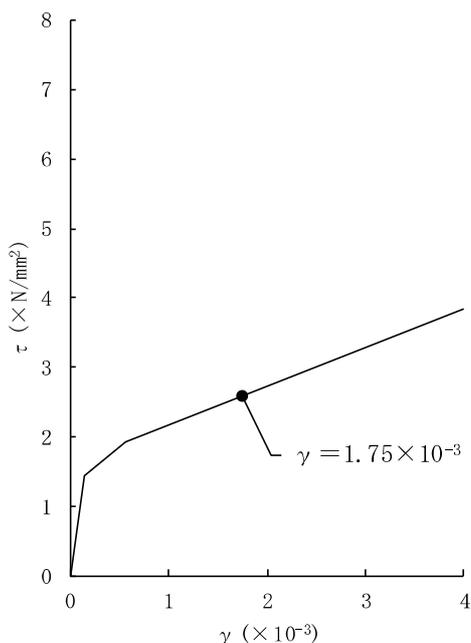


図4-1 最大せん断ひずみと $\tau - \gamma$ 関係（ケース5, EW方向, 部材番号(27)）

4.2 5号機原子炉建屋への相対変位による評価結果

4.2.1 最大相対変位による評価結果

タービン建屋と5号機原子炉建屋との最大相対変位を表4-3に示す。

最大相対変位は、最大で118mmとなり、許容限界を超える結果となった。最大相対変位が許容限界を超えるものについては、時刻歴相対変位を算定し、衝突の有無を確認する。

なお、表4-3に示す最大相対変位は、衝突の可能性のある部位全てのレベルの算定結果である。また、T.M.S.L. 33.00mから上部においては、建屋間の離隔距離が十分に大きい(約20m)ため、検討対象外としている。

表4-3 タービン建屋と5号機原子炉建屋との最大相対変位

| T. M. S. L. *1 (m) | 最大相対変位 (mm) | | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | ケース1 | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 |
| 33.00 *2 | 108 (Ss-2) | 79.9 (Ss-2) | 115 (Ss-2) | 94.8 (Ss-1) | 115 (Ss-2) |
| 28.60 *3 | 97.5 (Ss-2) | 74.8 (Ss-2) | 105 (Ss-8) | 86.5 (Ss-2) | 104 (Ss-2) |
| 27.08 *3 | 108 (Ss-2) | 84.1 (Ss-2) | 118 (Ss-2) | 96.6 (Ss-2) | 114 (Ss-2) |
| 20.85 *3 | 83.9 (Ss-2) | 68.6 (Ss-2) | 94.6 (Ss-8) | 82.4 (Ss-2) | 87.8 (Ss-2) |
| 12.30 | 65.9 (Ss-2) | 56.3 (Ss-2) | 75.4 (Ss-8) | 63.3 (Ss-2) | 68.6 (Ss-2) |
| 5.30 *2 | 55.6 (Ss-2) | 48.7 (Ss-2) | 64.3 (Ss-8) | 53.7 (Ss-2) | 57.5 (Ss-2) |
| -3.20 *3 | 41.8 (Ss-2) | 39.5 (Ss-2) | 50.5 (Ss-2) | 42.2 (Ss-2) | 42.0 (Ss-2) |
| -5.10 *3 | 40.3 (Ss-1) | 37.9 (Ss-2) | 48.8 (Ss-2) | 40.5 (Ss-2) | 40.2 (Ss-1) |

注記*1：衝突レベルを示す。

*2：タービン建屋質点間の変位は上下質点の変位を線形補間する。

*3：タービン建屋質点間及び5号機原子炉建屋質点間の変位は上下質点の変位を線形補間する。

注1：()内は各ケースにおいて応答が最大となる地震動を示す。

注2：ハッチングは許容限界(100mm)を超えた値を示す。

4.2.2 時刻歴相対変位による評価結果

最大相対変位が許容限界（100mm）を超えたもの全てに対してタービン建屋と5号機原子炉建屋の時刻歴相対変位の確認を行った結果、時刻歴相対変位の最大値は、37.3mmであり、S s地震時において、相対変位が許容限界を超えないことを確認した。S s地震時において、時刻歴相対変位が最大となるSs-2を入力した時のT. M. S. L. 27.08m位置での時刻歴相対変位を図4-2に示す。

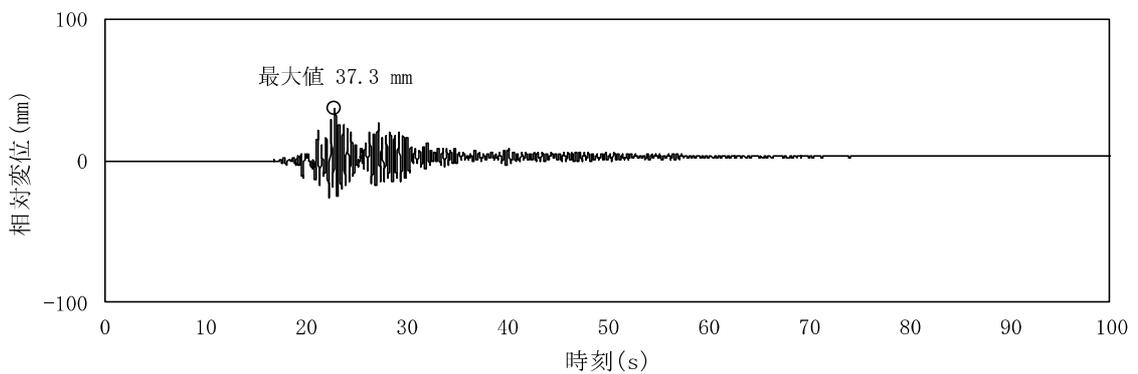


図4-2 時刻歴相対変位 (Ss-2, T. M. S. L. 27.08m, ケース3)

4.3 まとめ

タービン建屋の5号機原子炉建屋に対する波及的影響評価を行った。

構造物全体として変形性能の評価では、最大層間変形角が $1/30$ 以下に収まっていること及び最大せん断ひずみが 4.00×10^{-3} 以下に収まっていることにより、タービン建屋が倒壊しないことを確認した。

5号機原子炉建屋への相対変位による評価では、相対変位がクリアランスである100mm以下に収まっていることにより、タービン建屋が5号機原子炉建屋に衝突しないことを確認した。

以上より、タービン建屋が5号機原子炉建屋に及ぼす影響がないことを確認した。

別紙 1 地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

1. 概要

本資料は、5号機タービン建屋の既工認時及び今回工認時の地震応答解析モデル及び手法の比較を示すものである。

2. 地震応答解析モデル及び手法の比較

5号機タービン建屋の地震応答解析モデル及び手法の比較を表2-1に示す。また、今回工認時の地震応答解析モデルを図2-1に示す。

比較に用いる既工認時の地震応答解析モデル及び手法は、建設工認である。

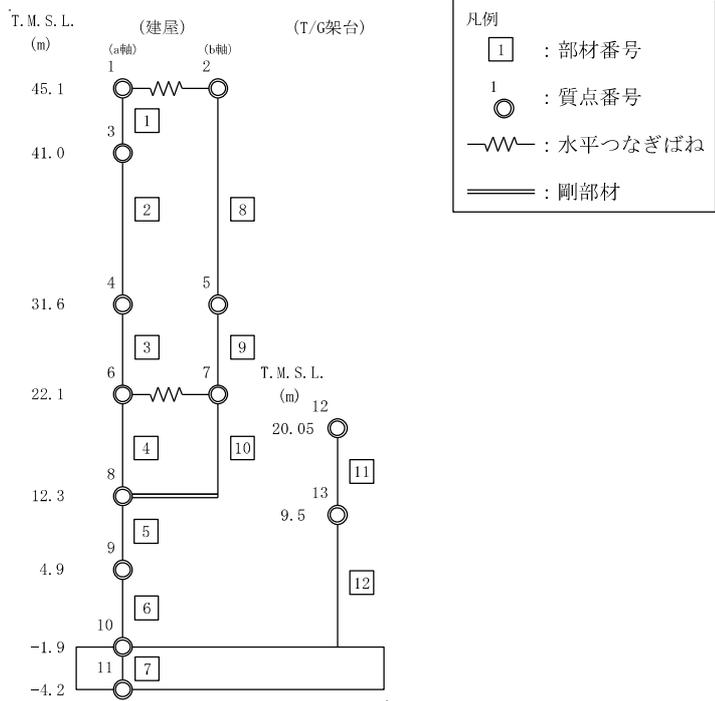
表 2-1 地震応答解析モデル及び手法の比較

| 項目 | 内容 | 既工認* | 今回工認 | 備考 |
|-----------|---------|--|---|----------------------------------|
| 入力地震動の算定法 | | 設計用模擬地震波を用いて、一次元波動論により算定 | 同左 | — |
| 解析コード | | D A C 2 | D Y N A 2 E | — |
| 建屋のモデル化 | モデル | 多質点系並列地盤モデル | 多質点系 SR モデル | ① |
| | 材料物性 | 検討時の各規準に基づき設定 ・コンクリートのヤング係数 $E = 20.6 \text{ kN/mm}^2$ (SI 換算) ・コンクリートのポアソン比 $\nu = 0.167$ ・鉄骨のヤング係数 $E = 206 \text{ kN/mm}^2$ (SI 換算) ・鉄骨のポアソン比 $\nu = 0.3$ | 適用規準の見直しによる再設定 ・コンクリートのヤング係数 $E = 24.8 \text{ kN/mm}^2$ ・コンクリートのポアソン比 $\nu = 0.2$ ・鉄骨のヤング係数 $E = 205 \text{ kN/mm}^2$ ・鉄骨のポアソン比 $\nu = 0.3$ | ②, ③ |
| | 剛性評価 | 耐震壁を考慮 (設計基準強度) | 耐震壁及び補助壁を考慮 (実強度) | ④, ⑤ |
| | 減衰定数 | RC (SRC 含む) : 5% S : 2% | RC (SRC 含む) : 5% S : 2% | — |
| | 回転拘束ばね | 考慮せず | 考慮せず | — |
| | 地盤のモデル化 | 底面ばね | 水平ばねは多質点系並列地盤モデルによる評価、回転ばねは多治見の矩形式による評価により水平及び回転ばねを考慮 | 振動アドミッタンス理論に基づく近似法により水平及び回転ばねを考慮 |
| 側面ばね | | 多質点系並列地盤モデルによる評価により水平ばねのみ考慮 | Novak の方法により設定 水平ばねのみ考慮 (表層の埋戻土は無視) | ⑦ |
| 非線形特性 | 耐震壁 | 考慮せず | 非線形特性を考慮 | ⑥, ⑧ |
| | 底面ばね | 考慮せず | 基礎浮上りによる幾何学的非線形特性考慮 | |

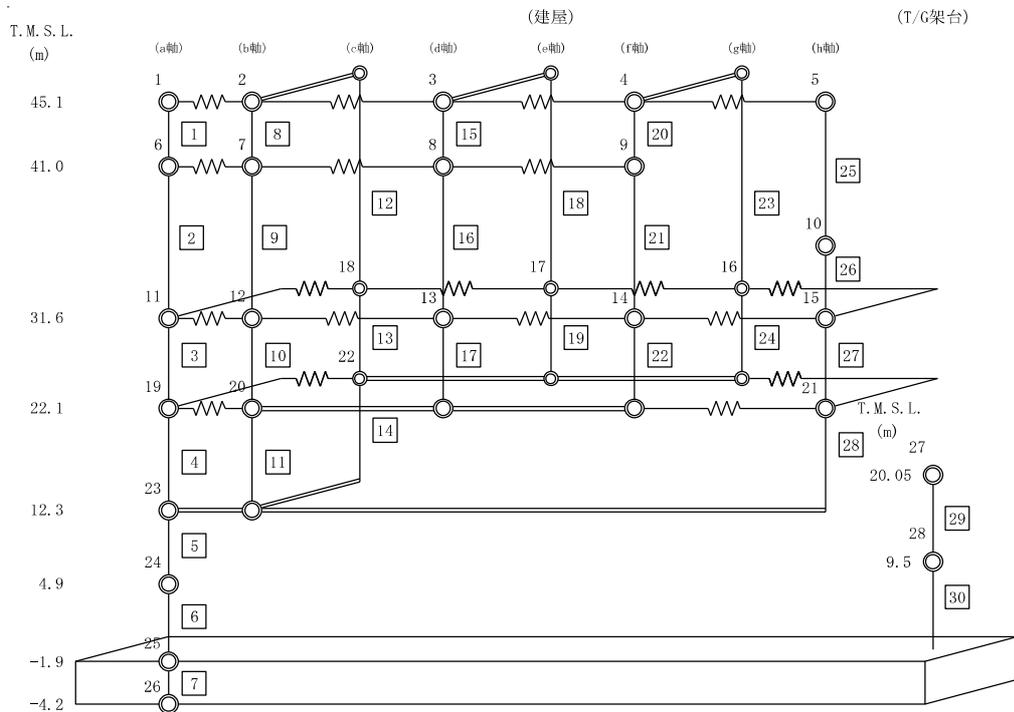
注記* : 柏崎刈羽原子力発電所 5 号機『既工事計画認可申請書「添付資料 IV-2-7 「タービン建屋の耐震性についての計算書」(58 資庁第 9522 号昭和 58 年 8 月 22 日認可)』

【具体的な反映事項】（表の備考欄に対応）

- ① 多質点系SRモデルは、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」（（社）日本電気協会）に基づく。
- ② コンクリートのヤング係数及びポアソン比は、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－」（（社）日本建築学会，1999改定）に基づく。
- ③ 鉄骨部のヤング係数は、「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－」（（社）日本建築学会，2005改定）に基づく。
- ④ 地震時の挙動をより実応答に近い形で評価するため，実際には耐震壁として考慮可能であると考えられる壁を補助壁として，その分の剛性を考慮。補助壁の評価方法については，原子炉建屋の地震応答計算書についての補足説明資料 別紙1-3「地震応答解析モデルにおける補助壁の評価方法について」に示す。
- ⑤ 地震時の挙動をより実応答に近い形で評価するため，建屋剛性の評価においてコンクリート実強度に基づき評価される実剛性を考慮。5号機タービン建屋のコンクリート強度については，5号機原子炉建屋と同時期に同じコンクリート製造設備からコンクリートを調達しており，コンクリートの調合及び10年毎の定期点検における強度増進の状況も同等であることから，5号機原子炉建屋と同じコンクリート強度を採用している。
- ⑥ 「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」（（社）日本電気協会）に基づく。
- ⑦ 地震時の挙動をより実応答に近い形で評価するため，地盤表層部の地盤ばねを考慮しない。地盤表層部の地盤ばねの取扱いについては，原子炉建屋の地震応答計算書についての補足説明資料 別紙1-6「表層ばねの取扱いについて」に示す。
- ⑧ 耐震壁及び鉄骨部の非線形特性の設定については別紙2に示す。



NS方向



EW方向

注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

図2-1 地震応答解析モデル

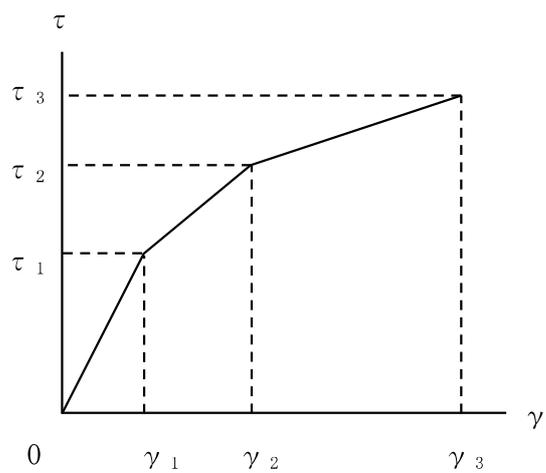
別紙 2 地震応答解析における耐震壁及び鉄骨部のせん断スケルトン曲線の設定

1. 概要

柏崎刈羽原子力発電所の 5 号機タービン建屋については、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体とした構造物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。このため、これらの建物・構築物の地震応答解析においては、鉄筋コンクリート造耐震壁（以下「RC 造耐震壁」という。）、鉄筋コンクリート造補助壁（以下「RC 造補助壁」という。）及び鉄骨部の非線形特性を考慮している。本資料は、これらの耐震壁、補助壁及び鉄骨部のせん断スケルトン曲線の設定について説明するものである。

2. 耐震壁の非線形特性の設定について

RC造耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）は、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）」（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）に基づき，トリリニア型スケルトン曲線とする。せん断応力度－せん断ひずみ関係を図 2-1 に示す。



- τ_1 : 第1折点のせん断応力度
- τ_2 : 第2折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第1折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第2折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

図 2-1 せん断応力度－せん断ひずみ関係

2.1 第1折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断スケルトン曲線の第1折点は、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_1 = \sqrt{\sqrt{F_c} (\sqrt{F_c + \sigma_v})}$$

$$\gamma_1 = \tau_1 / G$$

ここで、

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

G : コンクリートのせん断弾性係数 (kgf/cm²)

σ_v : 縦軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

2.2 第2折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断スケルトン曲線の第2折点は、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_2 = 1.35 \tau_1$$

$$\gamma_2 = 3 \gamma_1$$

2.3 終局点の設定

RC 造耐震壁におけるせん断スケルトン曲線の終局点は、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき、以下の式より算出している。

$\tau_s \leq 4.5\sqrt{F_c}$ の場合

$$\tau_3 = \left(1 - \frac{\tau_s}{4.5\sqrt{F_c}} \right) \tau_0 + \tau_s$$

$\tau_s > 4.5\sqrt{F_c}$ の場合

$$\tau_3 = 4.5\sqrt{F_c}$$

$$\gamma_3 = 4.0 \times 10^{-3}$$

ここで、

$$\tau_0 = \left(3 - \frac{1.8M}{QD} \right) \sqrt{F_c}$$

ただし、 $M/QD > 1$ のとき $M/QD = 1$

$$\tau_s = \frac{(P_v + P_H) \cdot \sigma_y}{2} + \frac{(\sigma_v + \sigma_H)}{2}$$

ここで、

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

P_v, P_H : 縦, 横筋比 (実数)

σ_v, σ_H : 縦, 横軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

σ_y : 鉄筋降伏応力度 (kgf/cm²)

M/QD : シアスパン比

ただし、耐震壁のうち内壁の終局せん断強度は、以下の式により算定している。

$$\tau_3 = \frac{0.068 p_{te}^{0.23} (F_c + 18)}{\sqrt{M/QD} + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_{wh} \sigma_{wh}} + 0.1 \sigma_0$$

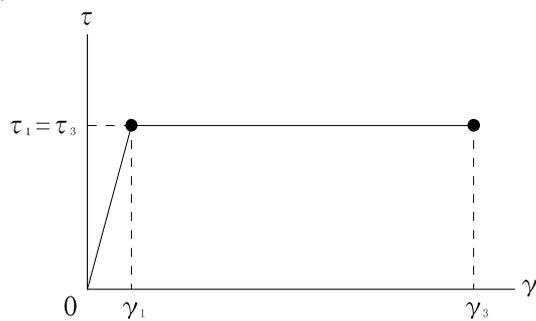
$$\gamma_3 = 4.0 \times 10^{-3}$$

ここで、

- F_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)
- p_{te} : 等価引張鉄筋比 (%)
- p_{wh} : b_e を厚さと考えた場合の水平せん断補強筋比 (実数)
ただし、 p_{wh} の値が 1.2% 以上の場合は、1.2% として計算する。
- b_e : I 型断面と長さ及び断面積が等しい矩形断面の幅 (mm)
ただし、 b_e は壁厚 t の 1.5 倍以下とする。
- σ_{wh} : 水平せん断補強筋の材料強度 (N/mm²)
- M/QD : シアスパン比
- σ_0 : 耐震壁の全断面積に対する平均軸方向応力度 (N/mm²)

3. 補助壁の非線形特性の設定について

RC造補助壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）は，J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版で評価される第1折点で降伏する，完全弾塑性型のスケルトン曲線として評価する方針とする。終局点を与えるせん断ひずみについても J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版の記載による値を採用する。せん断応力度－せん断ひずみ関係を図3-1に示す。



τ_1 : 第1折点のせん断応力度

τ_3 : 終局点のせん断応力度 ($\tau_3 = \tau_1$)

γ_1 : 第1折点のせん断ひずみ

γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

図3-1 せん断応力度－せん断ひずみ関係

3.1 第1折点の設定

RC造補助壁におけるせん断スケルトン曲線の第1折点は、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_1 = \sqrt{\sqrt{F_c} (\sqrt{F_c + \sigma_v})}$$

$$\gamma_1 = \tau_1 / G$$

ここで、

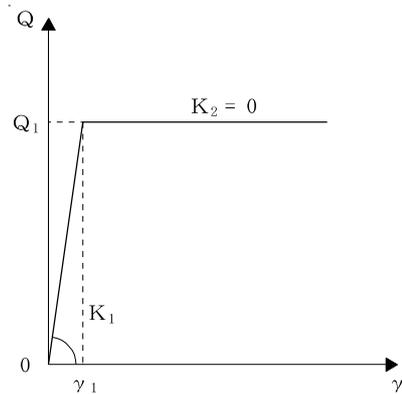
F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

G : コンクリートのせん断弾性係数 (kgf/cm²)

σ_v : 縦軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

4. 鉄骨部の非線形特性の設定について

鉄骨部のせん断力-せん断ひずみ関係（ $Q-\gamma$ 関係）は，J E A G 4 6 0 1-1991 追補版に基づき，バイリニア型スケルトン曲線とする。せん断力-せん断ひずみ関係を図4-1に示す。



Q_1 : 第1折点のせん断力

γ_1 : 第1折点のせん断ひずみ

K_1 : 第1せん断剛性

K_2 : 第2せん断剛性

図 4-1 せん断力-せん断ひずみ関係

4.1 第1折点の設定

鉄骨造におけるせん断スケルトン曲線の第1折点は、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき、以下の式より算出している。

(1) X型ブレース

$$Q_1 = \frac{2AF \cos \theta}{0.710 + 1.12\lambda_e}$$

$$\gamma_1 = Q_1 / K_1$$

ここで、 $Q_1 \leq 2AF \cos \theta$

F : ブレースの許容応力度を決定する場合の基準値 (tf/cm²)

A : ブレースの断面積 (cm²)

θ : ブレースとはりのなす角度 (rad)

λ_e : ブレースの一般化細長比 = $\lambda_e \sqrt{\frac{F}{\pi^2 E}}$

λ_e : 有効細長比 = $\alpha \cdot \lambda$

α : 座屈長さ係数

λ : ブレースの端部及び中央交差部をピンとした場合の細長比 = L / i_y

L : ブレースの端部及び中央交差部の節点間距離 = $\frac{1}{2} \sqrt{S^2 + H^2}$ (cm)

S : 架構の柱間の距離 (cm)

H : 架構の階高 (cm)

i_y : ブレースの弱軸についての断面二次半径 (cm)

E : 鋼材のヤング係数 (tf/cm²)

K_1 : X型ブレースの第1せん断剛性 = $\frac{2AES^2H}{\sqrt{(S^2+H^2)^3}}$ (tf/rad)

K_2 : X型ブレースの第2せん断剛性 = 0 (tf/rad)

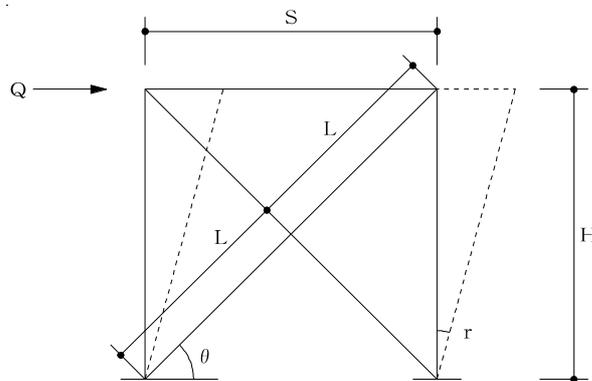


図 4-2 X型ブレース付きラーメン架構

前述で設定したスケルトン曲線を完全弾塑性モデルのバイリニア型スケルトン曲線と、スリップ型モデルのバイリニア型スケルトン曲線に分離する。

両者への分離は、分配率 β_1 により定める。なお、 β_1 はブレースの一般化細長比の関数により、次式で算定する。

$$\beta_1 = 1.29 - 1.12 \sqrt{\lambda}$$

完全弾塑性型モデルのスケルトン曲線は、次式により算定する（図 4-3 参照）。

$$Q_{P1} = Q_1 \cdot \beta_1$$

$$\gamma_{P1} = \gamma_1$$

スリップ型モデルのスケルトン曲線は、次式により算定する（図 4-4 参照）。

$$Q_{S1} = Q_1 \cdot (1 - \beta_1)$$

$$\gamma_{S1} = \gamma_1$$

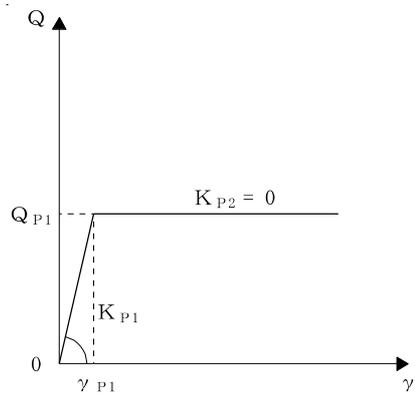


図 4-3 完全弾塑性型モデルのスケルトン曲線

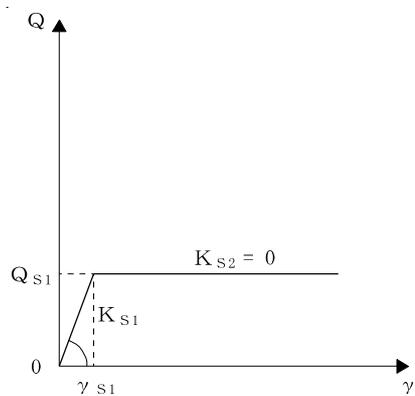


図 4-4 スリップ型モデルのスケルトン曲線

(2) K型ブレース

K型ブレース付き架構は、ブレースが取り付くはりの崩壊機構の違いにより、異なるスケルトン曲線を設定している。崩壊機構の判別は以下の式による。

はりの耐力が十分に強い場合（以下「はりが強い場合」という。）

$${}_bM_P \geq \frac{(N_y - N_u) H \cos \theta}{2}$$

はりの耐力が弱い場合（以下「はりが弱い場合」という。）

$${}_bM_P < \frac{(N_y - N_u) H \cos \theta}{2}$$

ここで、

${}_bM_P$: はりの全塑性モーメント (tf・cm)

N_y : 引張ブレース降伏軸力 = $A F$ (tf)

N_u : 引張ブレース降伏軸力 = $\frac{1}{6\lambda_e + 0.85} N_y$ (tf)

θ : ブレースとはりのなす角度 (rad)

λ_e : ブレースの一般化細長比 = $\lambda_e \sqrt{\frac{F}{\pi^2 E}}$

λ_e : 有効細長比 = $\alpha \cdot \lambda$

α : 座屈長さ係数

λ : ブレースの端部及び中央交差部をピンとした場合の細長比 = L / i_y

L : ブレースの端部及び中央交差部の節点間距離 = $\sqrt{\frac{S^2}{4} + H^2}$ (cm)

A : ブレースの断面積 (cm²)

S : 架構の柱間の距離 (cm)

H : 架構の階高 (cm)

i_y : ブレースの弱軸についての断面二次半径 (cm)

E : 鋼材のヤング係数 (tf/cm²)

F : ブレースの許容応力度を決定する場合の基準値 (tf/cm²)

a. はりが強い場合のスケルトン曲線

はりが強い場合のスケルトン曲線は、「(1) X型ブレース」の算出方法に
 算出している。

b. はりが弱い場合のスケルトン曲線

$$Q_1 = Q_u'$$

$$\gamma_1 = Q_1 / K_1$$

ここで、 $Q_u' = Q_B' + Q_R$

Q_B' : 圧縮及び引張ブレースの耐力 = $Q_C' + Q_t$ (tf)

Q_C' : 圧縮ブレースの耐力 (tf)

$\delta_c \leq \delta_r$ のとき

$$Q_C' = Q_{cmax} - \frac{1}{2} (\delta_c - Q_{cmax} / K_B) |k_d|$$

$\delta_c > \delta_r$ のとき

$$Q_C' = \frac{(Q_{cmax} - Q_{cmin})^2}{2(\delta_c - Q_{cmax} / K_B) |k_d|} + Q_{cmin}$$

δ_c : $= H \cdot 2 / 100$ (cm)

δ_r : $= (Q_{cmax} - Q_{cmin}) / |k_d| + Q_{cmax} / K_B$ (cm)

Q_t : 引張ブレースの耐力 = $N_t \cos \theta$ (tf)

Q_R : フレームの耐力 = $2(cM_P + M_P^*)$ (tf)

$Q_{cmax} = N_{cr} \cos \theta$ (tf)

$Q_{cmin} = N_u \cos \theta$ (tf)

$N_{cr} = \left\{ 1 - 0.24 \cdot (\overline{\lambda_e})^2 \right\} N_y$ (tf)

N_t : 引張ブレースの軸力 = $N_u + 2_b M_P / (H \cos \theta)$ (tf)

N_u : 圧縮ブレース座屈後の安定耐力 (tf)

N_y : 引張ブレースの降伏軸力 (tf)

M_P^* : $M I N (cM_P, bM_P)$ (tf・cm)

cM_P : 構面内方向の柱の全塑性モーメント (tf・cm)

bM_P : 構面内方向のはりの全塑性モーメント (tf・cm)

K_B : ブレース個材のせん断剛性 = $E A \cos^2 \theta / L$ (tf/cm)

k_d : 圧縮ブレース座屈後の劣化剛性 = $-0.15 (\pi \overline{\lambda_e} - 0.5) K_B$ (tf/cm)

- K_1 : K型ブレース付き架構の第1せん断剛性 (tf/rad)
 K_2 : K型ブレース付き架構の第2せん断剛性 = 0 (tf/rad)

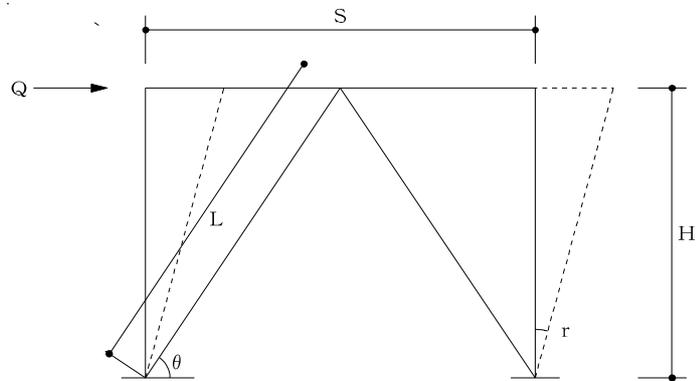


図 4-5 K型ブレース付きラーメン架構

前述で設定したスケルトン曲線を完全弾塑性型モデルと最大点指向バイリニア型モデルに分離する。

両者への分離は、分配率 β_2 により定める。なお、 β_2 はブレースの細長比、ブレースとフレームの剛性比及びはりとブレースの強度比を考慮した係数 (C) により次式で算定する。

$C \leq 0.76$ のとき

$$\beta_2 = 0$$

$C > 0.76$ のとき

$$\beta_2 = 0.15(C - 0.76)$$

$$\text{ここに, } C = \frac{1}{(\lambda_e)^2} \cdot \frac{K_R}{K_1} \cdot \frac{N_y H \cos \theta}{b M_P}$$

K_R : フレームの第1せん断剛性 (tf/rad)

完全弾塑性型モデルのスケルトン曲線は、次式により算定する(図 4-6 参照)。

$$Q_{P1} = Q_1 \cdot \beta_2$$

$$\gamma_{P1} = \gamma_1$$

最大点指向バイリニア型モデルのスケルトン曲線は、次式により算定する (図 4-7 参照)。

$$Q_{M1} = Q_1 (1 - \beta_2)$$

$$\gamma_{M1} = \gamma_1$$

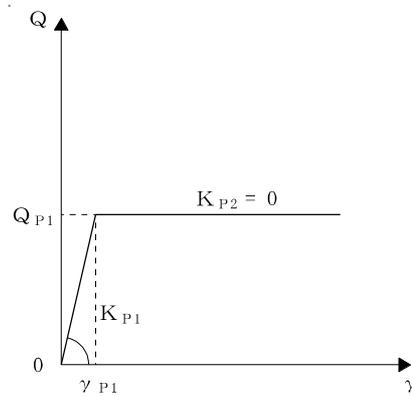


図 4-6 完全弾塑性型モデルのスケルトン曲線

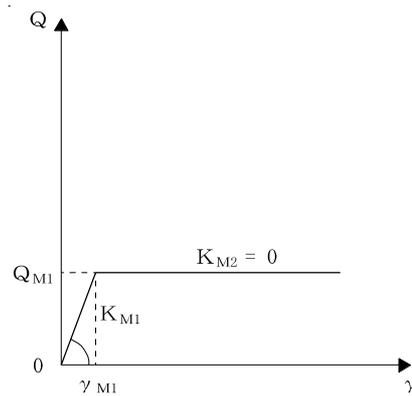


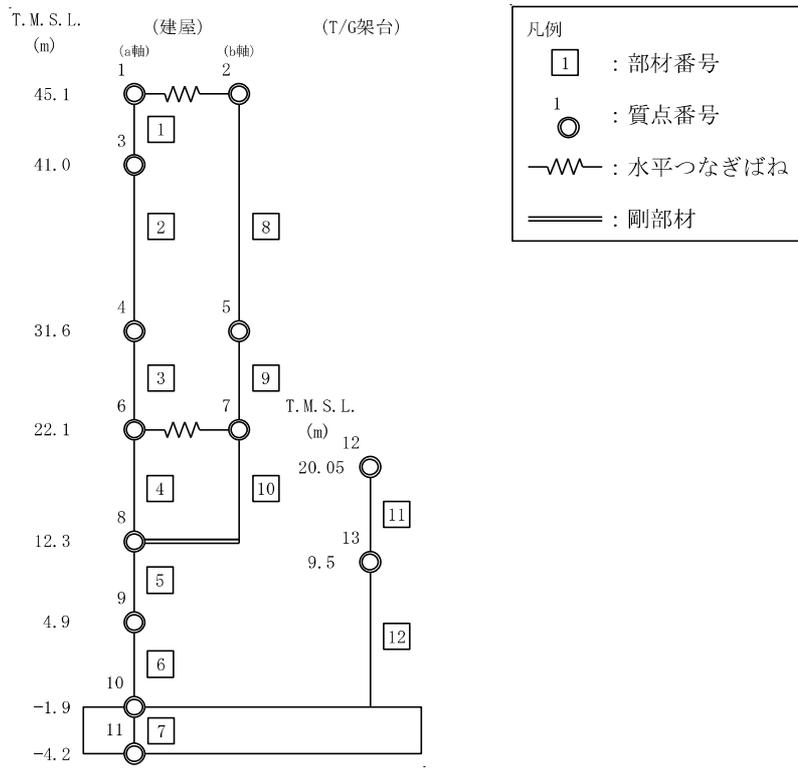
図 4-7 最大点指向型バイリニア型モデルのスケルトン曲線

5. せん断スケルトン曲線の設定について

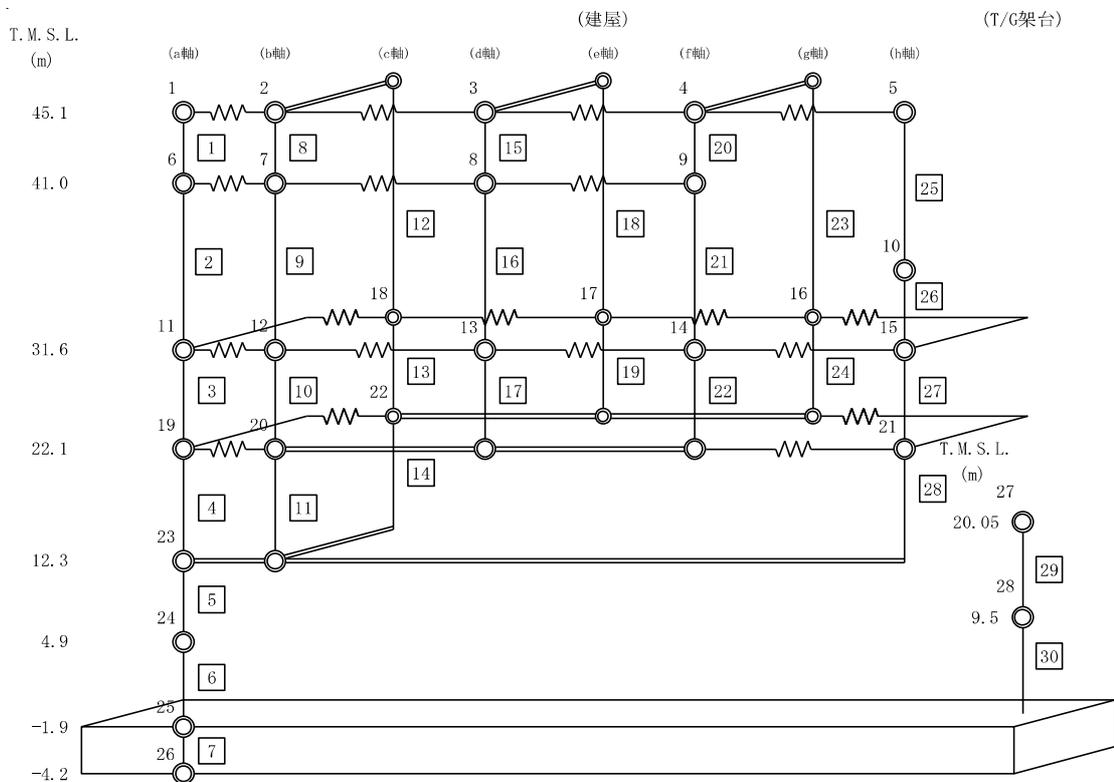
5.1 タービン建屋

5.1.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、耐震壁等の曲げ及びせん断剛性を評価した多質点系モデルとしている。地震応答解析モデルを図 5-1 に、解析モデルの諸元を表 5-1 及び表 5-2 に、各部材のモデル化について表 5-3 に示す。



NS 方向



EW 方向

図 5-1 地震応答解析モデル

表 5-1 地震応答解析モデル諸元 (NS 方向)

(a) 重量・回転慣性重量

| T. M. S. L. (m) | T/G架台 | 建屋 | |
|--------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 |
| 45.1 | | 25320 | 24920 |
| | | — | — |
| 41.0 | | 3 | |
| | | 11280 | |
| 31.6 | | 4 | 5 |
| | | 71010 | 77130 |
| 22.1 | 12 | 6 | 7 |
| | 105910 | 263700 | 186720 |
| 12.3 | 13 | 8 | |
| | 56670 | 515440 | |
| 4.9 | | 9 | |
| | | 404230 | |
| -1.9 | | 10 | |
| | | 634340 | |
| -4.2 | | 11 | |
| | | 247270 | |
| | | 3010.6 | |

| |
|--|
| 質点番号 |
| 重量(kN) |
| 回転慣性重量($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$) |

(b) せん断断面積

| T. M. S. L. (m) | T/G架台 | 建屋 | |
|--------------------|-------|---------|--------|
| | | 1 | 8 |
| 45.1 | | 3.04 | 2.58 |
| | | — | |
| 41.0 | | 2 | — |
| | | 4.23 | |
| 31.6 | | 3 | 9 |
| | | 142.50 | 111.40 |
| 22.1 | 11 | 4 | 10 |
| | 20.20 | 308.24 | 301.28 |
| 12.3 | 12 | 5 | |
| | 12.80 | 786.25 | |
| 4.9 | | 6 | |
| | | 735.93 | |
| -1.9 | | 7 | |
| | | 8536.00 | |
| | | — | |

①コンクリート部
ヤング係数 E 2.48×10^4 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 1.03×10^4 (N/mm²)
ポアソン比 ν 0.20
減衰定数 h 5%

②鉄骨部
ヤング係数 E 2.05×10^5 (N/mm²)
せん断弾性係数 G 7.90×10^4 (N/mm²)
ポアソン比 ν 0.30
減衰定数 h 2%

基礎形状 121.0m(NS方向) × 76.0m(EW方向)

| |
|----------------------------|
| 部材番号 |
| せん断断面積(m ²) |
| 断面二次モーメント(m ⁴) |

表 5-2 地震応答解析モデル諸元 (EW 方向) (1/2)

(a) 重量・回転慣性重量

| T. M. S. L. (m) | T/G架台 | 建屋 | | | | | | | |
|--------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | | 3 | | 4 | | 5 |
| 45.1 | | 9440 | 9580 | | 9580 | | 10170 | | 11470 |
| | | — | — | | — | | — | | — |
| 41.0 | | 6 | 7 | | 8 | | 9 | | 10 |
| | | 2630 | 2910 | | 3170 | | 2570 | | 10320 |
| 31.6 | | 11 | 12 | 18 | 13 | 17 | 14 | 16 | 15 |
| | | 25880 | 9760 | 16810 | 10280 | 24250 | 10710 | 13740 | 26390 |
| 22.1 | | 27 | 19 | 20 | 22 | | | | 21 |
| | | 105910 | 90450 | 150580 | 120670 | | | | 88720 |
| 12.3 | | 28 | 23 | | | | | | |
| | | 56670 | 515440 | | | | | | |
| 4.9 | | 24 | | | | | | | |
| | | 404230 | | | | | | | |
| -1.9 | | 25 | | | | | | | |
| | | 634340 | | | | | | | |
| -4.2 | | 26 | | | | | | | |
| | | 247270 | | | | | | | |
| | | 1127.8 | | | | | | | |

| |
|--|
| 質点番号 |
| 重量(kN) |
| 回転慣性重量($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$) |

表 5-2 地震応答解析モデル諸元 (EW 方向) (2/2)

(b) せん断断面積・断面二次モーメント

| T. M. S. L. (m) | T/G架台 | 建屋 | | | | | | | |
|--------------------|-------|---------|--------|-------|--------|------|-------|--------|-------|
| | | 1 | 8 | 12 | 15 | 18 | 20 | 23 | 25 |
| 45.1 | | 2.42 | 0.40 | 0.15 | 0.40 | 0.14 | 0.61 | 0.14 | 2.44 |
| | | — | — | | — | | — | | — |
| | | 2 | 9 | 16 | 21 | 26 | | | |
| 41.0 | | 2.25 | 0.83 | — | 0.83 | — | — | 26.30 | |
| | | — | — | — | — | — | | | |
| | | 3 | 10 | 13 | 17 | 19 | 22 | 24 | 27 |
| 31.6 | | 52.10 | 18.90 | 16.03 | 16.80 | 0.82 | 21.66 | 26.86 | 46.40 |
| | | 14660 | 311 | 1924 | 228 | 1890 | 276 | 2291 | 15800 |
| | | 29 | 4 | 11 | 14 | | | | 28 |
| 22.1 | | 13.40 | 150.00 | 90.50 | 135.26 | | | 154.35 | |
| | | — | 85020 | 9385 | 19800 | | | 69130 | |
| | | 30 | 5 | | | | | | |
| 12.3 | 22.40 | 585.58 | | | | | | | |
| | | 217000 | | | | | | | |
| | | 6 | | | | | | | |
| 4.9 | — | 572.33 | | | | | | | |
| | | 210300 | | | | | | | |
| | | 7 | | | | | | | |
| -1.9 | | 8536.00 | | | | | | | |
| | | — | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

①コンクリート部

ヤング係数 E 2.48×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.03×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.20
 減衰定数 h 5%

②鉄骨部

ヤング係数 E 2.05×10^5 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 7.90×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.30
 減衰定数 h 2%

基礎形状 121.0m(NS方向) × 76.0m(EW方向)

| 部材番号 |
|----------------------------|
| せん断断面積(m ²) |
| 断面二次モーメント(m ⁴) |

表 5-3 各部材のモデル化*

| 方向 | RC 部材 | S 部材 |
|----|--|--|
| NS | 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 | 1, 2, 8 |
| EW | 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 17, 19, 22, 24, 26, 27, 28 | 1, 2, 9, 12, 16, 18, 20, 21, 23, 25 |

注記* : 線形でモデル化している部材を除く。

5.1.2 使用材料の物性値

地震応答解析に用いるタービン建屋の使用材料の物性値を表 5-4 及び表 5-5 に示す。

表 5-4 使用材料の物性値 (コンクリート)

| 使用材料 | ヤング係数 E (N/mm ²) | せん断弾性係数 G (N/mm ²) | 減衰定数 h (%) |
|---|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| コンクリート* : $\sigma_c = 31.3 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ ($\sigma_c = 320 \text{ kgf/cm}^2$) | 2.48×10^4 | 1.03×10^4 | 5 |

注記* : 実強度に基づくコンクリート強度

表 5-5 使用材料の物性値 (鉄筋)

| 使用材料 | 降伏応力 σ_y (N/mm ²) |
|-----------------------|---|
| 鉄筋 : SD35 (SD345 相当*) | 345 |

注記* : 建設当時の鉄筋の種類はSD35であるが、現在の規格 (SD345) に読み替えた降伏応力度を示す。

5.1.3 RC 造耐震壁のせん断スケルトン曲線の諸数値

(1) 第 1 折点

RC 造耐震壁の各要素におけるせん断スケルトン曲線の第 1 折点の設定根拠を表 5-6 に示す。

表 5-6 セン断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点) (1/3)

(a) NS 方向

| 部材 番号 | 通り | コンクリート 強度 F_c (N/mm^2) | せん断弾性 係数 G ($\times 10^4 N/mm^2$) | 断面積 A_s (m^2) | 縦軸応力度 σ_v (N/mm^2) | τ_1 (N/mm^2) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) |
|----------|-------------|------------------------------------|---|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 3 | TF (T5~T7) | 31.3 | 1.03 | 19.5 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | TG (T5~T8) | 31.3 | 1.03 | 41.4 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | TH (T3~T11) | 31.3 | 1.03 | 49.5 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | TJ (T2~T11) | 31.3 | 1.03 | 70.9 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| 4 | TF (T3~T7) | 31.3 | 1.03 | 35.0 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | TG (T3~T8) | 31.3 | 1.03 | 63.7 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | TH (T3~T9) | 31.3 | 1.03 | 72.9 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | TJ (T1~T11) | 31.3 | 1.03 | 130.7 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| 5 | TA (T3~T8) | 31.3 | 1.03 | 89.7 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | TB (T1~T11) | 31.3 | 1.03 | 141.6 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | TC (T3~T7) | 31.3 | 1.03 | 41.3 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | TD (T3~T7) | 31.3 | 1.03 | 50.0 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | TF (T3~T7) | 31.3 | 1.03 | 39.1 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | TG (T3~T9) | 31.3 | 1.03 | 75.7 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | TH (T3~T10) | 31.3 | 1.03 | 80.7 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | TJ (T1~T11) | 31.3 | 1.03 | 145.2 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| 6 | TA (T3~T8) | 31.3 | 1.03 | 89.7 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | TB (T1~T11) | 31.3 | 1.03 | 141.6 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | TC (T3~T7) | 31.3 | 1.03 | 40.8 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | TD (T3~T6) | 31.3 | 1.03 | 39.2 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | TF (T3~T6) | 31.3 | 1.03 | 28.2 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | TG (T3~T10) | 31.3 | 1.03 | 90.9 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | TH (T3~T10) | 31.3 | 1.03 | 77.2 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | TJ (T1~T11) | 31.3 | 1.03 | 145.2 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| 9 | TA (T3~T8) | 31.3 | 1.03 | 32.3 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | TB (T7~T11) | 31.3 | 1.03 | 20.4 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | TC (T5~T8) | 31.3 | 1.03 | 41.4 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | TD (T5~T7) | 31.3 | 1.03 | 19.5 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| 10 | TA (T3~T8) | 31.3 | 1.03 | 83.8 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | TB (T1~T9) | 31.3 | 1.03 | 122.3 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | TC (T3~T5) | 31.3 | 1.03 | 23.5 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | TD (T3~T7) | 31.3 | 1.03 | 47.4 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |

表 5-6 セン断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点) (2/3)

(b) EW 方向

| 部材 番号 | 通り | コンクリート 強度 F_c (N/mm^2) | せん断弾性 係数 G ($\times 10^4 N/mm^2$) | 断面積 A_s (m^2) | 縦軸応力度 σ_v (N/mm^2) | τ_1 (N/mm^2) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) |
|----------|-------------|------------------------------------|---|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 3 | T2 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 36.4 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | T3 (TA~TJ) | 31.3 | 1.03 | 16.0 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| 4 | T1 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 60.8 | 0.669 | 2.06 | 0.200 |
| | T2 (TA~TJ) | 31.3 | 1.03 | 36.5 | 0.669 | 2.06 | 0.200 |
| | T3 (TA~TH) | 31.3 | 1.03 | 58.1 | 0.669 | 2.06 | 0.200 |
| 5 | T1 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 78.0 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T2 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 39.0 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T3 (TA~TG) | 31.3 | 1.03 | 54.4 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T4 (TA~TH) | 31.3 | 1.03 | 39.2 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T5 (TA~TG) | 31.3 | 1.03 | 55.9 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T6 (TA~TG) | 31.3 | 1.03 | 21.5 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T7 (TA~TG) | 31.3 | 1.03 | 17.6 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T8 (TA~TG) | 31.3 | 1.03 | 44.1 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T9 (TB~TH) | 31.3 | 1.03 | 21.2 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T10 (TB~TH) | 31.3 | 1.03 | 61.0 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| | T11 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 78.0 | 0.992 | 2.17 | 0.211 |
| 6 | T1 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 78.0 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T2 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 39.0 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T3 (TA~TH) | 31.3 | 1.03 | 58.1 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T4 (TA~TF) | 31.3 | 1.03 | 19.1 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T5 (TA~TH) | 31.3 | 1.03 | 64.1 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T6 (TA~TH) | 31.3 | 1.03 | 22.3 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T7 (TA~TH) | 31.3 | 1.03 | 20.9 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T8 (TA~TH) | 31.3 | 1.03 | 64.9 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T9 (TB~TG) | 31.3 | 1.03 | 33.3 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T10 (TB~TH) | 31.3 | 1.03 | 66.6 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |
| | T11 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 78.0 | 1.327 | 2.30 | 0.224 |

表 5-6 セン断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点) (3/3)

(b) EW 方向

| 部材 番号 | 通り | コンクリート 強度 F_c (N/mm^2) | せん断弾性 係数 G ($\times 10^4 N/mm^2$) | 断面積 A_s (m^2) | 縦軸応力度 σ_v (N/mm^2) | τ_1 (N/mm^2) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) |
|----------|-------------|------------------------------------|---|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 10 | T4 (TH~TJ) | 31.3 | 1.03 | 8.9 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | T5 (TH~TJ) | 31.3 | 1.03 | 10.0 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| 11 | T4 (TF~TG) | 31.3 | 1.03 | 3.2 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | T5 (TF~TH) | 31.3 | 1.03 | 25.4 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | T6 (TG~TH) | 31.3 | 1.03 | 12.8 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | T8 (TG~TH) | 31.3 | 1.03 | 16.6 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | T9 (TF~TH) | 31.3 | 1.03 | 25.4 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| 13 | T5 (TC~TD) | 31.3 | 1.03 | 13.2 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| 14 | T4 (TA~TB) | 31.3 | 1.03 | 19.8 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | T5 (TA~TD) | 31.3 | 1.03 | 35.2 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | T6 (TA~TB) | 31.3 | 1.03 | 13.0 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | T7 (TA~TB) | 31.3 | 1.03 | 15.0 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | T8 (TA~TC) | 31.3 | 1.03 | 24.6 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| | T9 (TB~TD) | 31.3 | 1.03 | 22.9 | 0.669 | 2.04 | 0.198 |
| 17 | T6 (TH~TJ) | 31.3 | 1.03 | 6.8 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | T7 (TH~TJ) | 31.3 | 1.03 | 10.0 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| 22 | T8 (TH~TJ) | 31.3 | 1.03 | 10.0 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| | T9 (TH~TJ) | 31.3 | 1.03 | 8.5 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| 24 | T8 (TA~TD) | 31.3 | 1.03 | 23.4 | 0.511 | 1.97 | 0.192 |
| 26 | T9 (TH~TJ) | 31.3 | 1.03 | 8.7 | 2.636 | 2.75 | 0.267 |
| | T10 (TH~TJ) | 31.3 | 1.03 | 8.4 | 2.636 | 2.75 | 0.267 |
| | T11 (TH~TJ) | 31.3 | 1.03 | 7.8 | 2.636 | 2.75 | 0.267 |
| 27 | T11 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 36.4 | 0.511 | 1.99 | 0.193 |
| 28 | T10 (TB~TH) | 31.3 | 1.03 | 67.7 | 0.669 | 2.06 | 0.200 |
| | T11 (TB~TJ) | 31.3 | 1.03 | 85.8 | 0.669 | 2.06 | 0.200 |

(2) 第 2 折点

RC 造耐震壁の各要素におけるせん断スケルトン曲線の第 2 折点の設定根拠を表 5-7 に示す。

表 5-7 セン断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 第 2 折点) (1/3)

(a) NS 方向

| 部材 番号 | 通り | τ_2 (N/mm ²) | γ_2 ($\times 10^{-3}$) |
|-------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 3 | TF (T5~T7) | 2.66 | 0.575 |
| | TG (T5~T8) | 2.66 | 0.575 |
| | TH (T3~T11) | 2.66 | 0.575 |
| | TJ (T2~T11) | 2.66 | 0.575 |
| 4 | TF (T3~T7) | 2.76 | 0.595 |
| | TG (T3~T8) | 2.76 | 0.595 |
| | TH (T3~T9) | 2.76 | 0.595 |
| | TJ (T1~T11) | 2.76 | 0.595 |
| 5 | TA (T3~T8) | 2.94 | 0.633 |
| | TB (T1~T11) | 2.94 | 0.633 |
| | TC (T3~T7) | 2.94 | 0.633 |
| | TD (T3~T7) | 2.94 | 0.633 |
| | TF (T3~T7) | 2.94 | 0.633 |
| | TG (T3~T9) | 2.94 | 0.633 |
| | TH (T3~T10) | 2.94 | 0.633 |
| TJ (T1~T11) | 2.94 | 0.633 | |
| 6 | TA (T3~T8) | 3.11 | 0.671 |
| | TB (T1~T11) | 3.11 | 0.671 |
| | TC (T3~T7) | 3.11 | 0.671 |
| | TD (T3~T6) | 3.11 | 0.671 |
| | TF (T3~T6) | 3.11 | 0.671 |
| | TG (T3~T10) | 3.11 | 0.671 |
| | TH (T3~T10) | 3.11 | 0.671 |
| | TJ (T1~T11) | 3.11 | 0.671 |
| 9 | TA (T3~T8) | 2.66 | 0.575 |
| | TB (T7~T11) | 2.66 | 0.575 |
| | TC (T5~T8) | 2.66 | 0.575 |
| | TD (T5~T7) | 2.66 | 0.575 |
| 10 | TA (T3~T8) | 2.76 | 0.595 |
| | TB (T1~T9) | 2.76 | 0.595 |
| | TC (T3~T5) | 2.76 | 0.595 |
| | TD (T3~T7) | 2.76 | 0.595 |

表 5-7 せん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 第 2 折点) (2/3)

(b) EW 方向

| 部材 番号 | 通り | τ_2 (N/mm ²) | γ_2 ($\times 10^{-3}$) |
|----------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 3 | T2 (TB~TJ) | 2.66 | 0.575 |
| | T3 (TA~TJ) | 2.66 | 0.575 |
| 4 | T1 (TB~TJ) | 2.78 | 0.600 |
| | T2 (TA~TJ) | 2.78 | 0.600 |
| | T3 (TA~TH) | 2.78 | 0.600 |
| 5 | T1 (TB~TJ) | 2.94 | 0.633 |
| | T2 (TB~TJ) | 2.94 | 0.633 |
| | T3 (TA~TG) | 2.94 | 0.633 |
| | T4 (TA~TH) | 2.94 | 0.633 |
| | T5 (TA~TG) | 2.94 | 0.633 |
| | T6 (TA~TG) | 2.94 | 0.633 |
| | T7 (TA~TG) | 2.94 | 0.633 |
| | T8 (TA~TG) | 2.94 | 0.633 |
| | T9 (TB~TH) | 2.94 | 0.633 |
| | T10 (TB~TH) | 2.94 | 0.633 |
| | T11 (TB~TJ) | 2.94 | 0.633 |
| 6 | T1 (TB~TJ) | 3.11 | 0.671 |
| | T2 (TB~TJ) | 3.11 | 0.671 |
| | T3 (TA~TH) | 3.11 | 0.671 |
| | T4 (TA~TF) | 3.11 | 0.671 |
| | T5 (TA~TH) | 3.11 | 0.671 |
| | T6 (TA~TH) | 3.11 | 0.671 |
| | T7 (TA~TH) | 3.11 | 0.671 |
| | T8 (TA~TH) | 3.11 | 0.671 |
| | T9 (TB~TG) | 3.11 | 0.671 |
| | T10 (TB~TH) | 3.11 | 0.671 |
| | T11 (TB~TJ) | 3.11 | 0.671 |

表 5-7 せん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 第 2 折点) (3/3)

(b) EW 方向

| 部材 番号 | 通り | τ_2 (N/mm ²) | γ_2 ($\times 10^{-3}$) |
|----------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 10 | T4 (TH~TJ) | 2.66 | 0.575 |
| | T5 (TH~TJ) | 2.66 | 0.575 |
| 11 | T4 (TF~TG) | 2.76 | 0.595 |
| | T5 (TF~TH) | 2.76 | 0.595 |
| | T6 (TG~TH) | 2.76 | 0.595 |
| | T8 (TG~TH) | 2.76 | 0.595 |
| | T9 (TF~TH) | 2.76 | 0.595 |
| 13 | T5 (TC~TD) | 2.66 | 0.575 |
| 14 | T4 (TA~TB) | 2.76 | 0.595 |
| | T5 (TA~TD) | 2.76 | 0.595 |
| | T6 (TA~TB) | 2.76 | 0.595 |
| | T7 (TA~TB) | 2.76 | 0.595 |
| | T8 (TA~TC) | 2.76 | 0.595 |
| | T9 (TB~TD) | 2.76 | 0.595 |
| 17 | T6 (TH~TJ) | 2.66 | 0.575 |
| | T7 (TH~TJ) | 2.66 | 0.575 |
| 22 | T8 (TH~TJ) | 2.66 | 0.575 |
| | T9 (TH~TJ) | 2.66 | 0.575 |
| 24 | T8 (TA~TD) | 2.66 | 0.575 |
| 26 | T9 (TH~TJ) | 3.72 | 0.802 |
| | T10 (TH~TJ) | 3.72 | 0.802 |
| | T11 (TH~TJ) | 3.72 | 0.802 |
| 27 | T11 (TB~TJ) | 2.69 | 0.580 |
| 28 | T10 (TB~TH) | 2.78 | 0.600 |
| | T11 (TB~TJ) | 2.78 | 0.600 |

(3) 終局点

RC造耐震壁の終局点は、「2.3 終局点の設定」に基づき、各層の終局せん断応力度を算出する。 σ_H は安全側に0.0としている。

RC造耐震壁の各要素におけるせん断スケルトン曲線の終局点の設定根拠を表5-8に示す。また、タービン建屋のT.M.S.L. 12.3m～T.M.S.L. 22.1mについて、各耐震壁の配筋（一例）を示したものを図5-2に示す。

表 5-8 セン断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 終局点) (1/3)

(a) NS 方向

| 部材 番号 | 通り | P_V (p_{te}^*) | P_H (p_{wh}^*) | 縦軸応力度 σ_V (N/mm^2) | M/QD | τ_3 (N/mm^2) | γ_3 ($\times 10^{-3}$) |
|-------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|------------------------------------|
| 3 | TF (T5~T7) * | 0.00507 | 0.00507 | 0.511 | 0.400 | 3.60 | 4.000 |
| | TG (T5~T8) * | 0.00325 | 0.00325 | 0.511 | 0.400 | 3.13 | 4.000 |
| | TH (T3~T11) | 0.00459 | 0.00459 | 0.511 | 0.240 | 5.36 | 4.000 |
| | TJ (T2~T11) | 0.00511 | 0.00511 | 0.511 | 0.240 | 5.44 | 4.000 |
| 4 | TF (T3~T7) * | 0.00316 | 0.00316 | 0.669 | 0.400 | 3.12 | 4.000 |
| | TG (T3~T8) * | 0.00416 | 0.00416 | 0.669 | 0.400 | 3.40 | 4.000 |
| | TH (T3~T9) | 0.00524 | 0.00524 | 0.669 | 0.346 | 5.26 | 4.000 |
| | TJ (T1~T11) | 0.00409 | 0.00409 | 0.669 | 0.240 | 5.31 | 4.000 |
| 5 | TA (T3~T8) | 0.00433 | 0.00433 | 0.992 | 0.249 | 5.40 | 4.000 |
| | TB (T1~T11) | 0.00377 | 0.00353 | 0.992 | 0.240 | 5.31 | 4.000 |
| | TC (T3~T7) * | 0.00367 | 0.00367 | 0.992 | 0.400 | 3.30 | 4.000 |
| | TD (T3~T7) * | 0.00334 | 0.00334 | 0.992 | 0.400 | 3.21 | 4.000 |
| | TF (T3~T7) * | 0.00342 | 0.00342 | 0.992 | 0.400 | 3.23 | 4.000 |
| | TG (T3~T9) * | 0.00346 | 0.00346 | 0.992 | 0.400 | 3.24 | 4.000 |
| | TH (T3~T10) | 0.00350 | 0.00350 | 0.992 | 0.293 | 5.15 | 4.000 |
| TJ (T1~T11) | 0.00383 | 0.00338 | 0.992 | 0.240 | 5.30 | 4.000 | |
| 6 | TA (T3~T8) | 0.00478 | 0.00433 | 1.327 | 0.320 | 5.35 | 4.000 |
| | TB (T1~T11) | 0.00555 | 0.00442 | 1.327 | 0.240 | 5.60 | 4.000 |
| | TC (T3~T7) * | 0.00468 | 0.00468 | 1.327 | 0.400 | 3.59 | 4.000 |
| | TD (T3~T6) * | 0.00423 | 0.00423 | 1.327 | 0.400 | 3.48 | 4.000 |
| | TF (T3~T6) * | 0.00524 | 0.00524 | 1.327 | 0.400 | 3.72 | 4.000 |
| | TG (T3~T10) * | 0.00453 | 0.00453 | 1.327 | 0.400 | 3.56 | 4.000 |
| | TH (T3~T10) | 0.00344 | 0.00344 | 1.327 | 0.325 | 5.14 | 4.000 |
| TJ (T1~T11) | 0.00645 | 0.00428 | 1.327 | 0.240 | 5.66 | 4.000 | |
| 9 | TA (T3~T8) | 0.00471 | 0.00471 | 0.511 | 0.240 | 5.38 | 4.000 |
| | TB (T7~T11) | 0.00508 | 0.00508 | 0.511 | 0.240 | 5.44 | 4.000 |
| | TC (T5~T8) * | 0.00325 | 0.00325 | 0.511 | 0.621 | 2.79 | 4.000 |
| | TD (T5~T7) * | 0.00507 | 0.00507 | 0.511 | 0.400 | 3.60 | 4.000 |
| 10 | TA (T3~T8) | 0.00349 | 0.00349 | 0.669 | 0.240 | 5.21 | 4.000 |
| | TB (T1~T9) | 0.00341 | 0.00341 | 0.669 | 0.240 | 5.20 | 4.000 |
| | TC (T3~T5) * | 0.00325 | 0.00325 | 0.669 | 0.626 | 2.80 | 4.000 |
| | TD (T3~T7) * | 0.00326 | 0.00326 | 0.669 | 0.400 | 3.15 | 4.000 |

注記* : 内壁を示す。

表 5-8 セン断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 終局点) (2/3)

(b) EW 方向

| 部材 番号 | 通り | P_V (p_{tc}^*) | P_H (p_{wh}^*) | 縦軸応力度 σ_V (N/mm^2) | M/QD | τ_3 (N/mm^2) | γ_3 ($\times 10^{-3}$) |
|-------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|------------------------------------|
| 3 | T2 (TB~TJ) | 0.00364 | 0.00364 | 0.511 | 0.256 | 5.16 | 4.000 |
| | T3 (TA~TJ) * | 0.00430 | 0.00430 | 0.511 | 0.400 | 3.65 | 4.000 |
| 4 | T1 (TB~TJ) | 0.00310 | 0.00310 | 0.669 | 0.240 | 5.15 | 4.000 |
| | T2 (TA~TJ) | 0.00324 | 0.00324 | 0.669 | 0.398 | 4.77 | 4.000 |
| | T3 (TA~TH) | 0.00393 | 0.00393 | 0.669 | 0.240 | 5.28 | 4.000 |
| 5 | T1 (TB~TJ) | 0.00383 | 0.00338 | 0.992 | 0.240 | 5.30 | 4.000 |
| | T2 (TB~TJ) | 0.00383 | 0.00383 | 0.992 | 0.400 | 4.96 | 4.000 |
| | T3 (TA~TG) | 0.00364 | 0.00364 | 0.992 | 0.277 | 5.22 | 4.000 |
| | T4 (TA~TH) * | 0.00379 | 0.00379 | 0.992 | 0.400 | 3.68 | 4.000 |
| | T5 (TA~TG) * | 0.00447 | 0.00447 | 0.992 | 0.400 | 3.74 | 4.000 |
| | T6 (TA~TG) * | 0.00524 | 0.00524 | 0.992 | 0.400 | 4.21 | 4.000 |
| | T7 (TA~TG) * | 0.00532 | 0.00532 | 0.992 | 0.400 | 4.36 | 4.000 |
| | T8 (TA~TG) * | 0.00443 | 0.00427 | 0.992 | 0.400 | 3.70 | 4.000 |
| | T9 (TB~TH) * | 0.00635 | 0.00635 | 0.992 | 0.400 | 4.17 | 4.000 |
| | T10 (TB~TH) | 0.00540 | 0.00540 | 0.992 | 0.305 | 5.45 | 4.000 |
| T11 (TB~TJ) | 0.00383 | 0.00338 | 0.992 | 0.327 | 5.09 | 4.000 | |
| 6 | T1 (TB~TJ) | 0.00645 | 0.00428 | 1.327 | 0.240 | 5.66 | 4.000 |
| | T2 (TB~TJ) | 0.00516 | 0.00516 | 1.327 | 0.446 | 5.19 | 4.000 |
| | T3 (TA~TH) | 0.00540 | 0.00519 | 1.327 | 0.325 | 5.47 | 4.000 |
| | T4 (TA~TF) * | 0.00509 | 0.00509 | 1.327 | 2.156 | 2.65 | 4.000 |
| | T5 (TA~TH) * | 0.00540 | 0.00540 | 1.327 | 0.400 | 3.92 | 4.000 |
| | T6 (TA~TH) * | 0.00551 | 0.00551 | 1.327 | 0.400 | 4.28 | 4.000 |
| | T7 (TA~TH) * | 0.00585 | 0.00585 | 1.327 | 0.400 | 4.36 | 4.000 |
| | T8 (TA~TH) * | 0.00444 | 0.00444 | 1.327 | 0.400 | 3.71 | 4.000 |
| | T9 (TB~TG) * | 0.00432 | 0.00432 | 1.327 | 0.400 | 3.99 | 4.000 |
| | T10 (TB~TH) | 0.00500 | 0.00500 | 1.327 | 0.429 | 5.20 | 4.000 |
| | T11 (TB~TJ) | 0.00645 | 0.00428 | 1.327 | 0.394 | 5.34 | 4.000 |

注記* : 内壁を示す。

表 5-8 セン断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 終局点) (3/3)

(b) EW 方向

| 部材 番号 | 通り | P_V (p_{te}^*) | P_H (p_{wh}^*) | 縦軸応力度 σ_V (N/mm^2) | M/QD | τ_3 (N/mm^2) | γ_3 ($\times 10^{-3}$) |
|----------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|------------------------------------|
| 10 | T4 (TH~TJ) * | 0.00481 | 0.00481 | 0.511 | 1.094 | 3.12 | 4.000 |
| | T5 (TH~TJ) * | 0.00428 | 0.00428 | 0.511 | 0.542 | 3.69 | 4.000 |
| 11 | T4 (TF~TG) * | 0.00318 | 0.00318 | 0.669 | 1.500 | 2.96 | 4.000 |
| | T5 (TF~TH) * | 0.00394 | 0.00394 | 0.669 | 0.681 | 3.17 | 4.000 |
| | T6 (TG~TH) * | 0.00310 | 0.00310 | 0.669 | 1.395 | 2.58 | 4.000 |
| | T8 (TG~TH) * | 0.00395 | 0.00395 | 0.669 | 1.694 | 2.48 | 4.000 |
| | T9 (TF~TH) * | 0.00325 | 0.00325 | 0.669 | 0.745 | 2.88 | 4.000 |
| 13 | T5 (TC~TD) * | 0.00349 | 0.00349 | 0.511 | 2.409 | 2.13 | 4.000 |
| 14 | T4 (TA~TB) * | 0.00321 | 0.00321 | 0.669 | 2.050 | 2.28 | 4.000 |
| | T5 (TA~TD) * | 0.00338 | 0.00338 | 0.669 | 0.703 | 2.85 | 4.000 |
| | T6 (TA~TB) * | 0.00395 | 0.00395 | 0.669 | 2.565 | 2.40 | 4.000 |
| | T7 (TA~TB) * | 0.00423 | 0.00423 | 0.669 | 3.000 | 2.12 | 4.000 |
| | T8 (TA~TC) * | 0.00309 | 0.00309 | 0.669 | 1.205 | 2.44 | 4.000 |
| | T9 (TB~TD) * | 0.00361 | 0.00361 | 0.669 | 0.861 | 2.89 | 4.000 |
| 17 | T6 (TH~TJ) * | 0.00629 | 0.00629 | 0.511 | 0.692 | 3.61 | 4.000 |
| | T7 (TH~TJ) * | 0.00428 | 0.00428 | 0.511 | 0.830 | 3.13 | 4.000 |
| 22 | T8 (TH~TJ) * | 0.00428 | 0.00428 | 0.511 | 0.947 | 3.00 | 4.000 |
| | T9 (TH~TJ) * | 0.00503 | 0.00503 | 0.511 | 2.758 | 2.35 | 4.000 |
| 24 | T8 (TA~TD) * | 0.00304 | 0.00304 | 0.511 | 0.684 | 2.96 | 4.000 |
| 26 | T9 (TH~TJ) * | 0.00501 | 0.00501 | 2.636 | 1.000 | 3.04 | 4.000 |
| | T10 (TH~TJ) * | 0.00396 | 0.00396 | 2.636 | 1.000 | 2.83 | 4.000 |
| | T11 (TH~TJ) * | 0.00559 | 0.00559 | 2.636 | 0.500 | 3.72 | 4.000 |
| 27 | T11 (TB~TJ) | 0.00451 | 0.00451 | 0.511 | 0.246 | 5.33 | 4.000 |
| 28 | T10 (TB~TH) | 0.00454 | 0.00454 | 0.669 | 0.263 | 5.33 | 4.000 |
| | T11 (TB~TJ) | 0.00416 | 0.00416 | 0.669 | 0.282 | 5.22 | 4.000 |

注記* : 内壁を示す。



| 記号* | 縦筋 | 横筋 |
|---|--|--|
| W50 | 内 : D16@250 外 : D16@250 | 内 : D16@250 外 : D16@250 |
| W60 | 内 : D16, D19 交互@250 外 : D16, D19 交互@250 | 内 : D16, D19 交互@250 外 : D16, D19 交互@250 |
| W90A,  W130A, W150 | 内 : D32@250 外 : D32@250 | 内 : D32@250 外 : D32@250 |
| W90B,  | 内 : D22@250 外 : D22@250 | 内 : D22@250 外 : D22@250 |
| W100A, W130B  W160,  | 内 : D29@250 外 : D29@250 | 内 : D29@250 外 : D29@250 |
| W110,  | 内 : D22, D25 交互@250 外 : D22, D25 交互@250 | 内 : D22, D25 交互@250 外 : D22, D25 交互@250 |

図 5-2 耐震壁の配筋図 (T. M. S. L. 12. 3m~T. M. S. L. 22. 1m)

5.1.4 RC造補助壁のせん断スケルトン曲線の諸数値

(1) 第1折点

RC造耐震壁の各要素におけるせん断スケルトン曲線の第1折点の設定根拠を表5-9に示す。

表 5-9 セン断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点)

(a) NS 方向

| 部材番号 | コンクリート強度 F_c (N/mm ²) | せん断弾性係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²) | 当該部分が支える重量 (kN) | 断面積 (m ²) | 縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²) | τ_1 (N/mm ²) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) |
|------|-------------------------------------|---|-----------------|-----------------------|---|-------------------------------|---------------------------------|
| 3 | 31.3 | 1.03 | 145315 | 410.5 | 0.354 | 1.90 | 0.185 |
| 4 | 31.3 | 1.03 | 449037 | 987.1 | 0.455 | 1.95 | 0.189 |
| 5 | 31.3 | 1.03 | 515438 | 1185.0 | 0.435 | 1.94 | 0.188 |
| 6 | 31.3 | 1.03 | 404230 | 1190.1 | 0.340 | 1.90 | 0.184 |
| 9 | 31.3 | 1.03 | 145315 | 410.5 | 0.354 | 1.90 | 0.185 |
| 10 | 31.3 | 1.03 | 449037 | 987.1 | 0.455 | 1.95 | 0.189 |

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積。

(b) EW 方向

| 部材番号 | コンクリート強度 F_c (N/mm ²) | せん断弾性係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²) | 当該部分が支える重量 (kN) | 断面積 (m ²) | 縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²) | τ_1 (N/mm ²) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) |
|------|-------------------------------------|---|-----------------|-----------------------|---|-------------------------------|---------------------------------|
| 5 | 31.3 | 1.03 | 515438 | 1185.0 | 0.435 | 1.94 | 0.188 |
| 6 | 31.3 | 1.03 | 404230 | 1190.1 | 0.340 | 1.90 | 0.184 |
| 11 | 31.3 | 1.03 | 449037 | 987.1 | 0.455 | 1.95 | 0.189 |
| 13 | 31.3 | 1.03 | 145315 | 410.5 | 0.354 | 1.90 | 0.185 |
| 14 | 31.3 | 1.03 | 449037 | 987.1 | 0.455 | 1.95 | 0.189 |
| 22 | 31.3 | 1.03 | 145315 | 410.5 | 0.354 | 1.90 | 0.185 |
| 24 | 31.3 | 1.03 | 145315 | 410.5 | 0.354 | 1.90 | 0.185 |
| 28 | 31.3 | 1.03 | 449037 | 987.1 | 0.455 | 1.95 | 0.189 |

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積。

5.1.5 鉄骨部のせん断スケルトン曲線の諸数値

(1) 第1折点

鉄骨部の各要素におけるせん断スケルトン曲線の第1折点の諸数値を表5-10に示す。

表5-10 せん断スケルトン曲線 (Q- γ 関係, 第1折点)

(a) NS方向

| 部材 番号 | 第1折点 | | | | |
|----------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | Q ₁ (kN) | Q _{P1} (kN) | Q _{S1} (kN) | Q _{M1} (kN) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) |
| 1 | 76051 | 45430 | 18618 | 12003 | 2.429 |
| 2 | 104531 | 61656 | 22018 | 20857 | 2.397 |
| 8 | 56347 | 38688 | 17659 | 0 | 2.117 |

(b) EW方向

| 部材 番号 | 第1折点 | | | | |
|----------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | Q ₁ (kN) | Q _{P1} (kN) | Q _{S1} (kN) | Q _{M1} (kN) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) |
| 1 | 32746 | 24956 | 7790 | 0 | 1.313 |
| 2 | 42720 | 16055 | 8673 | 17992 | 1.847 |
| 8 | 17992 | 0 | 0 | 17992 | 2.104 |
| 12 | 9665 | 9665 | 0 | 0 | 6.173 |
| 15 | 17992 | 0 | 0 | 17992 | 2.104 |
| 18 | 9665 | 9665 | 0 | 0 | 6.687 |
| 20 | 25820 | 25820 | 0 | 0 | 4.123 |
| 21 | 17780 | 8784 | 0 | 8996 | 2.079 |
| 23 | 9665 | 9665 | 0 | 0 | 6.687 |
| 25 | 43082 | 34595 | 8487 | 0 | 1.711 |

6. まとめ

柏崎刈羽原子力発電所の5号機タービン建屋におけるせん断スケルトン曲線の設定について整理した。耐震壁及び補助壁について算出したせん断スケルトン曲線の諸数値を表6-1に、鉄骨部について算出したせん断スケルトン曲線の諸数値を表6-2に示す。

表 6-1 せん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (1/2)

(a) NS 方向

| 部材 番号 | 第1折点 | | 第2折点 | | 終局点 | |
|----------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| | τ_1 (N/mm ²) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) | τ_2 (N/mm ²) | γ_2 ($\times 10^{-3}$) | τ_3 (N/mm ²) | γ_3 ($\times 10^{-3}$) |
| 3 | 2.58 | 0.251 | 3.46 | 0.575 | 6.02 | 4.00 |
| 4 | 2.07 | 0.201 | 2.78 | 0.595 | 4.61 | 4.00 |
| 5 | 2.17 | 0.211 | 2.82 | 0.633 | 4.25 | 4.00 |
| 6 | 2.32 | 0.225 | 3.04 | 0.671 | 4.62 | 4.00 |
| 9 | 2.09 | 0.203 | 2.80 | 0.575 | 4.29 | 4.00 |
| 10 | 2.20 | 0.214 | 2.87 | 0.595 | 4.59 | 4.00 |

表 6-1 せん断スケルトン曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) (2/2)

(b) EW 方向

| 部材 番号 | 第1折点 | | 第2折点 | | 終局点 | |
|----------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| | τ_1 (N/mm ²) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) | τ_2 (N/mm ²) | γ_2 ($\times 10^{-3}$) | τ_3 (N/mm ²) | γ_3 ($\times 10^{-3}$) |
| 3 | 2.00 | 0.194 | 2.69 | 0.575 | 4.72 | 4.00 |
| 4 | 2.13 | 0.207 | 2.88 | 0.600 | 5.29 | 4.00 |
| 5 | 2.19 | 0.213 | 2.86 | 0.633 | 4.38 | 4.00 |
| 6 | 2.39 | 0.232 | 3.14 | 0.671 | 4.71 | 4.00 |
| 10 | 1.97 | 0.191 | 2.66 | 0.575 | 3.42 | 4.00 |
| 11 | 2.13 | 0.207 | 2.72 | 0.595 | 2.87 | 4.00 |
| 13 | 1.92 | 0.187 | 2.05 | 0.575 | 2.05 | 4.00 |
| 14 | 2.28 | 0.221 | 2.73 | 0.595 | 2.78 | 4.00 |
| 17 | 1.97 | 0.191 | 2.66 | 0.575 | 3.31 | 4.00 |
| 22 | 1.97 | 0.191 | 2.44 | 0.575 | 2.60 | 4.00 |
| 24 | 1.94 | 0.189 | 2.55 | 0.575 | 2.81 | 4.00 |
| 26 | 2.61 | 0.253 | 3.02 | 0.802 | 3.02 | 4.00 |
| 27 | 1.56 | 0.152 | 2.11 | 0.580 | 4.18 | 4.00 |
| 28 | 2.09 | 0.203 | 2.81 | 0.600 | 5.28 | 4.00 |

表 6-2 せん断スケルトン曲線 (Q- γ 関係)

(a) NS 方向

| 部材 番号 | 第1折点 | | | | |
|----------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | Q ₁ (kN) | Q _{P1} (kN) | Q _{S1} (kN) | Q _{M1} (kN) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) |
| 1 | 76051 | 45430 | 18618 | 12003 | 2.429 |
| 2 | 104531 | 61656 | 22018 | 20857 | 2.397 |
| 8 | 56347 | 38688 | 17659 | 0 | 2.117 |

(b) EW 方向

| 部材 番号 | 第1折点 | | | | |
|----------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| | Q ₁ (kN) | Q _{P1} (kN) | Q _{S1} (kN) | Q _{M1} (kN) | γ_1 ($\times 10^{-3}$) |
| 1 | 32746 | 24956 | 7790 | 0 | 1.313 |
| 2 | 42720 | 16055 | 8673 | 17992 | 1.847 |
| 8 | 17992 | 0 | 0 | 17992 | 2.104 |
| 12 | 9665 | 9665 | 0 | 0 | 6.173 |
| 15 | 17992 | 0 | 0 | 17992 | 2.104 |
| 18 | 9665 | 9665 | 0 | 0 | 6.687 |
| 20 | 25820 | 25820 | 0 | 0 | 4.123 |
| 21 | 17780 | 8784 | 0 | 8996 | 2.079 |
| 23 | 9665 | 9665 | 0 | 0 | 6.687 |
| 25 | 43082 | 34595 | 8487 | 0 | 1.711 |

別紙3 水平2方向地震力に対する上部鉄骨部層間変形角の検討

1. 概要

5号機タービン建屋（以下「タービン建屋」という。）の波及的影響評価において、質点系モデルの地震応答解析結果である水平1方向地震力に対する上部鉄骨部層間変形角が許容限界（1/30）を超えないことを確認している。ここでは、水平2方向地震力に対する上部鉄骨部層間変形角が許容限界（1/30）を超えないことを確認する。

2. 検討方法

水平2方向地震力に対する上部鉄骨部層間変形角は、質点系モデルへの集約方法の違いによりNS方向質点系モデルとEW方向質点系モデルにおいて部材長が異なる部分があるため、各通り個材の層間変形角を確認することとし、各柱の相対変位を部材長で除した柱の層間変形角を用いる。検討に用いる層間変形角については、添付資料8「5号機タービン建屋の波及的影響について」にて実施したNS方向及びEW方向のそれぞれの地震応答解析結果における相対変位のベクトル和から算出する。本検討では保守的に、水平1方向地震力によるNS方向及びEW方向の相対変位を1.0:1.0で組み合わせることとする。タービン建屋の概略平面図を図2-1に示す。

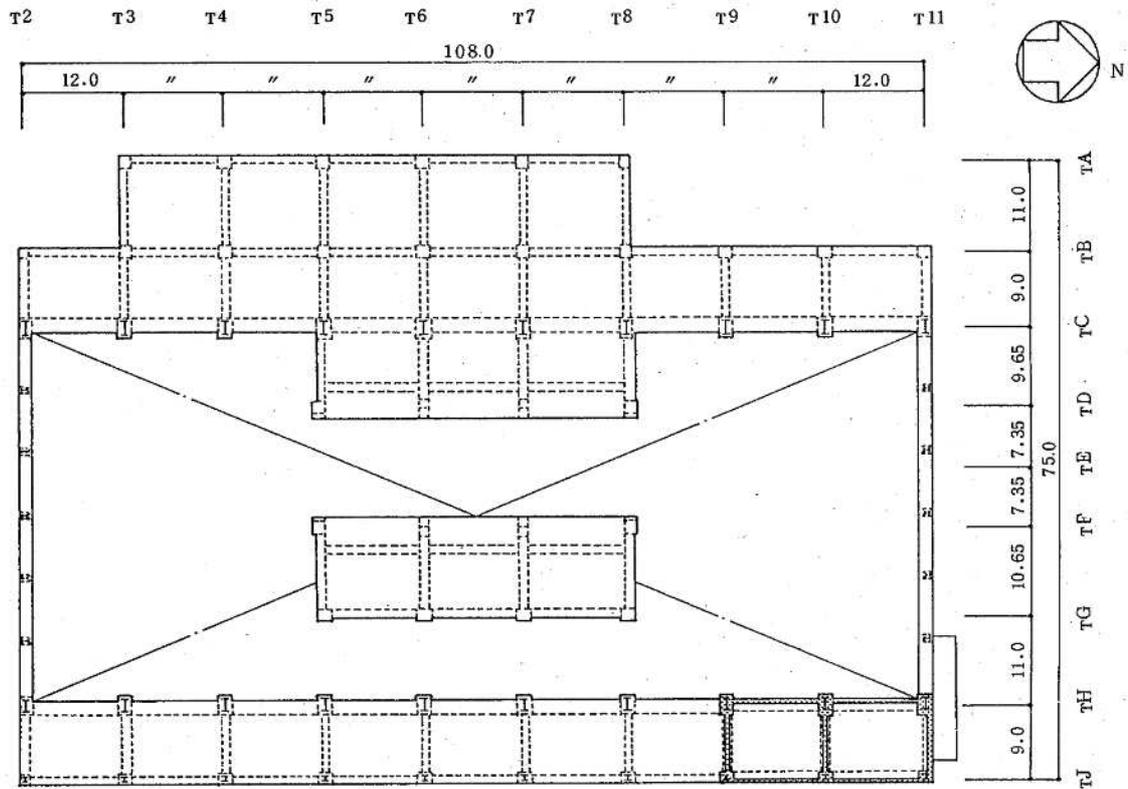


図2-1 概略平面図 (T. M. S. L. 31.6m)

3. 層間変形角の算出方法

タービン建屋の地震応答解析は質点系モデルを用いたものであり、解析結果は正負の方向性を持たないため、水平2方向地震力に対する層間変形角の算出に当たっては、各方向の絶対値の最大相対変位（以下「最大相対変位」という。）を用いる。また、最大相対変位は、保守的に、地震応答解析における全ての解析ケースを包絡した最大相対変位を用いる。層間変形角の算出方法を以下に示す。

$$\theta = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{h}$$

ここで、

θ : 水平2方向地震力に対する層間変形角

x : NS方向の最大相対変位（全ケース包絡値）

y : EW方向の最大相対変位（全ケース包絡値）

h : 部材長

4. 検討結果

水平2方向地震力に対する上部鉄骨部層間変形角の検討結果を表4-1に示す。

表4-1より、最大層間変形角は、T2通り及びT3通りの各柱におけるT.M.S.L. 45.1m～41.0mの1/40であり、水平2方向地震力に対する上部鉄骨部層間変形角が許容限界(1/30)を超えないことを確認した。

表 4-1 評価結果 (1/2)

| 通り | T. M. S. L. (m) | 部材長 h (mm) | 相対変位 (mm) | | | 層間変形角 θ | |
|----|--------------------|---------------|-----------|----------|----------------------------------|----------------|-------|
| | | | ① x (NS) | ② y (EW) | $\sqrt{\text{①}^2 + \text{②}^2}$ | | |
| T2 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 100 | 102 | 1/40 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 50.3 | 65.8 | 1/142 |
| | TD | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 100 | 102 | 1/40 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 50.3 | 65.8 | 1/142 |
| | TE | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 100 | 102 | 1/40 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 50.3 | 65.8 | 1/142 |
| | TF | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 100 | 102 | 1/40 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 50.3 | 57.9 | 1/162 |
| | TG西 | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 100 | 102 | 1/40 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 50.3 | 57.9 | 1/162 |
| | TG東 | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 100 | 102 | 1/40 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 50.3 | 57.9 | 1/162 |
| TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 100 | 102 | 1/40 | |
| | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 50.3 | 57.9 | 1/162 | |
| TJ | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 50.3 | 57.9 | 1/162 | |
| T3 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 100 | 102 | 1/40 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 50.3 | 65.8 | 1/142 |
| | TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 100 | 102 | 1/40 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 50.3 | 57.9 | 1/162 |
| | TJ | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 50.3 | 57.9 | 1/162 |
| T4 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 60.3 | 63.1 | 1/64 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 139 | 146 | 1/64 |
| | TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 57.8 | 59.6 | 1/68 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 117 | 121 | 1/77 |
| | TJ | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 117 | 121 | 1/77 |
| T5 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 60.3 | 63.1 | 1/64 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 139 | 146 | 1/64 |
| | TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 57.8 | 59.6 | 1/68 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 117 | 121 | 1/77 |
| | TJ | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 117 | 121 | 1/77 |
| T6 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 66.2 | 68.8 | 1/59 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 152 | 158 | 1/59 |
| | TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 57.0 | 58.8 | 1/69 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 137 | 140 | 1/67 |
| | TJ | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 137 | 140 | 1/67 |

表 4-1 評価結果 (2/2)

| 通り | T. M. S. L. (m) | 部材長 h (mm) | 相対変位 (mm) | | | 層間変形角 θ | |
|-----------|--------------------|---------------|-----------|----------|----------------------|----------------|-------|
| | | | ① x (NS) | ② y (EW) | $\sqrt{\{①^2+②^2\}}$ | | |
| T7 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 66.2 | 68.8 | 1/59 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 152 | 158 | 1/59 |
| | TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 57.0 | 58.8 | 1/69 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 137 | 140 | 1/67 |
| TJ | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 137 | 140 | 1/67 | |
| T8 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 42.8 | 46.7 | 1/87 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 98.0 | 107 | 1/87 |
| | TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 82.0 | 83.3 | 1/49 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 126 | 130 | 1/72 |
| | TJ | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 126 | 130 | 1/72 |
| T9 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 42.8 | 46.7 | 1/87 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 98.0 | 107 | 1/87 |
| | TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 82.0 | 83.3 | 1/49 |
| | | 41.0~35.6 | 5400 | 16.4 | 72.0 | 73.9 | 1/73 |
| | TJ | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 82.0 | 83.3 | 1/49 |
| 41.0~35.6 | | 5400 | 16.4 | 72.0 | 73.9 | 1/73 | |
| T10 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 23.3 | 29.8 | 1/137 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 53.5 | 68.3 | 1/137 |
| | TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 23.3 | 27.3 | 1/150 |
| | | 41.0~35.6 | 5400 | 16.4 | 30.7 | 34.9 | 1/154 |
| TJ | 45.1~35.6 | 9500 | 28.8 | 54.0 | 61.2 | 1/155 | |
| T11 | TC | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 23.3 | 29.8 | 1/137 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 53.5 | 68.3 | 1/137 |
| | TD | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 23.3 | 29.8 | 1/137 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 53.5 | 68.3 | 1/137 |
| | TE | 45.1~41.0 | 4100 | 18.5 | 23.3 | 29.8 | 1/137 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 42.4 | 53.5 | 68.3 | 1/137 |
| | TF | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 23.3 | 27.3 | 1/150 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 53.5 | 60.7 | 1/154 |
| | TG西 | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 23.3 | 27.3 | 1/150 |
| | | 41.0~31.6 | 9400 | 28.5 | 53.5 | 60.7 | 1/154 |
| | TG東 | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 23.3 | 27.3 | 1/150 |
| | | 41.0~35.6 | 5400 | 16.4 | 30.7 | 34.9 | 1/154 |
| | TH | 45.1~41.0 | 4100 | 14.2 | 23.3 | 27.3 | 1/150 |
| 41.0~35.6 | | 5400 | 16.4 | 30.7 | 34.9 | 1/154 | |
| TJ | 45.1~35.6 | 9500 | 28.8 | 54.0 | 61.2 | 1/155 | |

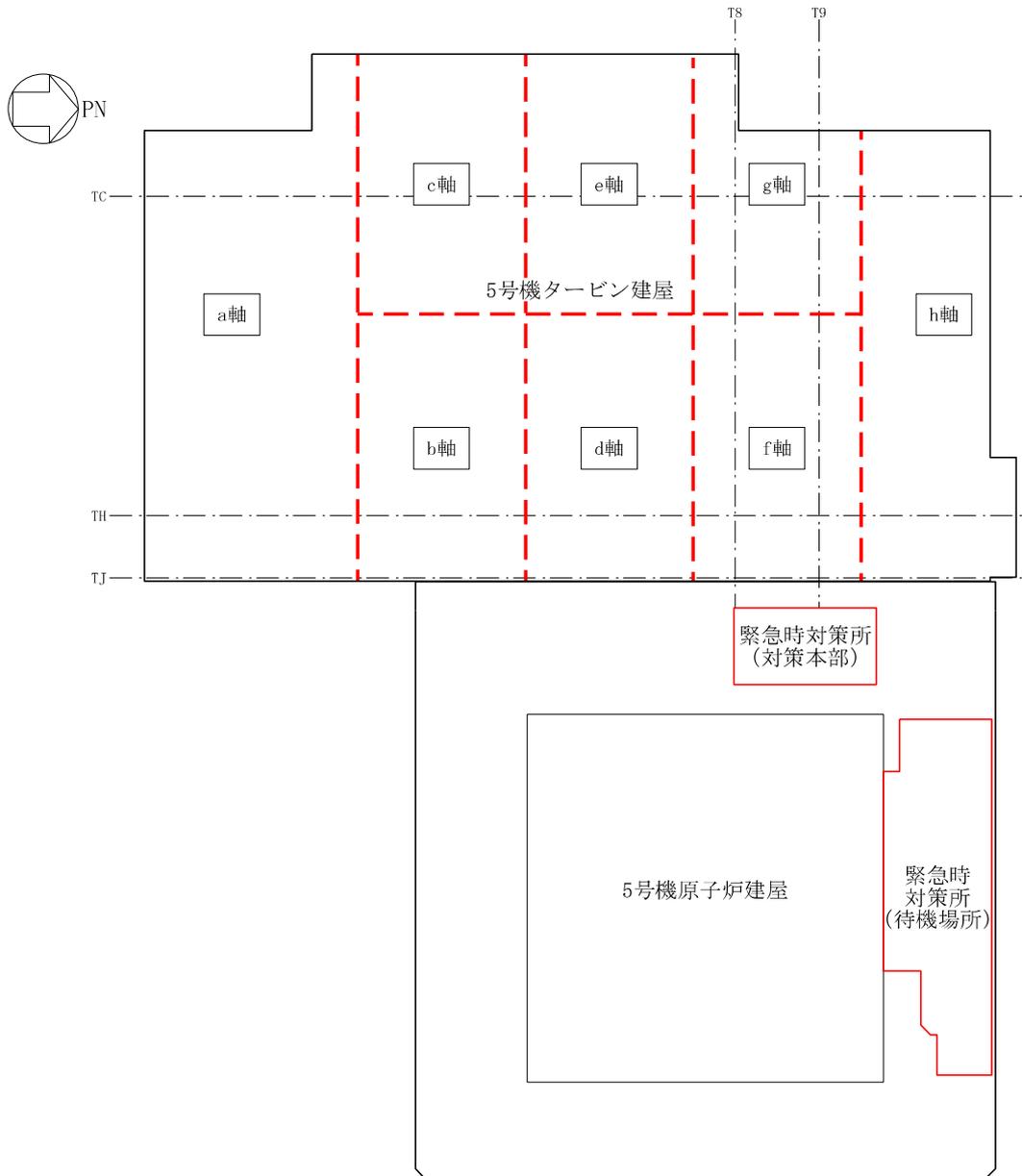
別紙 4 応力解析による鉄骨フレームの検討

1. 概要

5号機タービン建屋（以下「タービン建屋」という。）の波及的影響評価において、質点系モデルの地震応答解析結果である上部鉄骨部層間変形角が許容限界（1/30）を超えないことで、倒壊に至らないことを確認している。本資料では、応力解析による上部鉄骨部の健全性を確認することで、部材の損傷・落下に至らないことを確認する。

2. 評価対象部位

応力解析による上部鉄骨部の評価対象部位は、上位クラス施設である緊急時対策所（5号機原子炉建屋内緊急時対策所）（以下「5号機原子炉建屋」という。）に面しており、かつ地震応答解析結果（層間変形角）が最も大きい部位を選定する。建屋配置図を図2-1に、EW方向質点系モデルの地震応答解析結果（最大層間変形角）を表2-1に示す。図2-1及び表2-1より、応力解析による上部鉄骨部の評価対象部位は、EW方向質点系モデルのf軸及びg軸を構成するT8通り鉄骨フレーム及びT9通り鉄骨フレームとする。

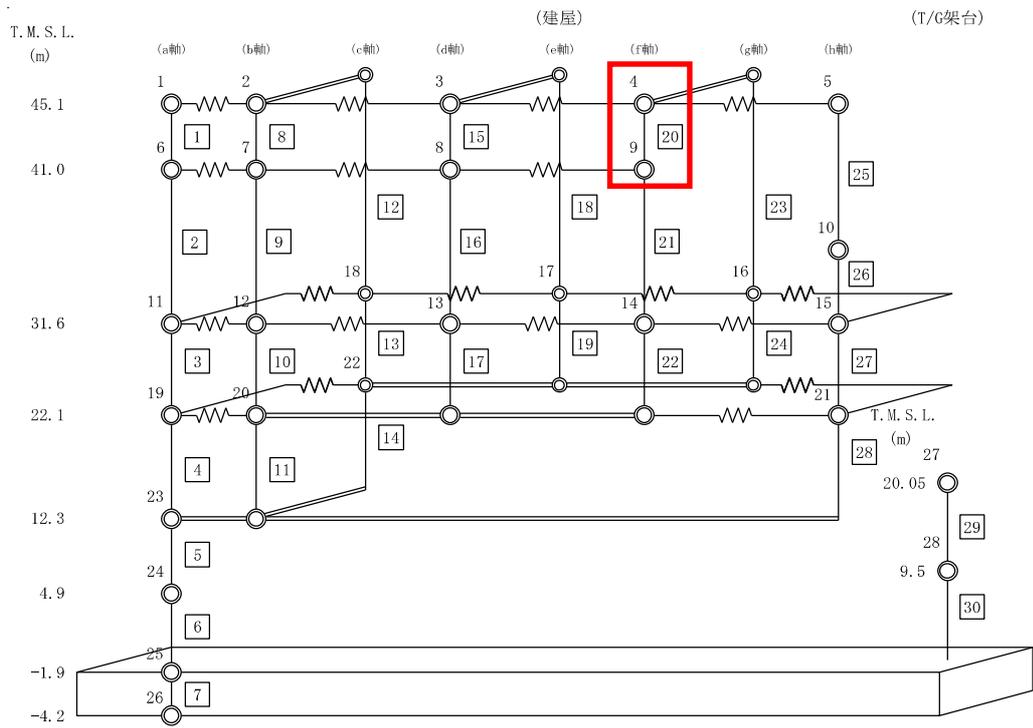


注：タービン建屋部分の赤破線は、EW 方向質点系モデルの軸範囲を示す。

図 2-1 建屋配置図

表 2-1 最大層間変形角 (EW 方向)

| 部材番号 | 最大層間変形角 | 基準地震動 S_s (ケース) |
|-------------|---------|-------------------|
| 20 (f 軸) | 1/50 | S_{s-7} (ケース 4) |



注：東京湾平均海面（以下、「T.M.S.L.」という。）

図 2-2 質点系モデル (EW 方向)

3. 評価方法

応力解析による上部鉄骨部の評価は、2次元フレームモデルを用いた弾塑性応力解析によるものとする。

許容限界を表 3-1 に示す。

表 3-1 タービン建屋鉄骨フレームの波及的影響評価における許容限界

| 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界 |
|----------------------|-------------|--------|------------------------------|---------------|
| 5号機原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない | 基準地震動 S_s | 鉄骨フレーム | 波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認 | 崩壊機構が形成されないこと |

4. 解析モデル及び解析方法

4.1 解析モデル

解析モデルは、T8 通り鉄骨フレーム及び T9 通り鉄骨フレームを柱、はり及びブレース部材全てをはり要素としてモデル化した 2 次元フレームモデルとし、RC 部との接合部である脚部(T.M.S.L. 31.6m 及び 35.6m)を固定とする。解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの物性値を表 4-1 に示す。

4.2 解析方法

固定荷重、積載荷重及び積雪荷重は分布荷重として入力する。

地震荷重は、基準地震動 S_s に対する EW 方向質点系モデルの地震応答解析結果（材料物性の不確かさを含む）から設定した地震荷重とし、T8 通り鉄骨フレーム及び T9 通り鉄骨フレームの載荷面（T.M.S.L. 45.1m 及び 41.0m）に 2 構面同時に集中荷重として入力する。設定した地震荷重を表 4-2 に示す。

解析ケースは、地震荷重の入力方向（図 4-1 における X 方向の正負）を考慮したものとす。解析ケースを表 4-3 に示す。

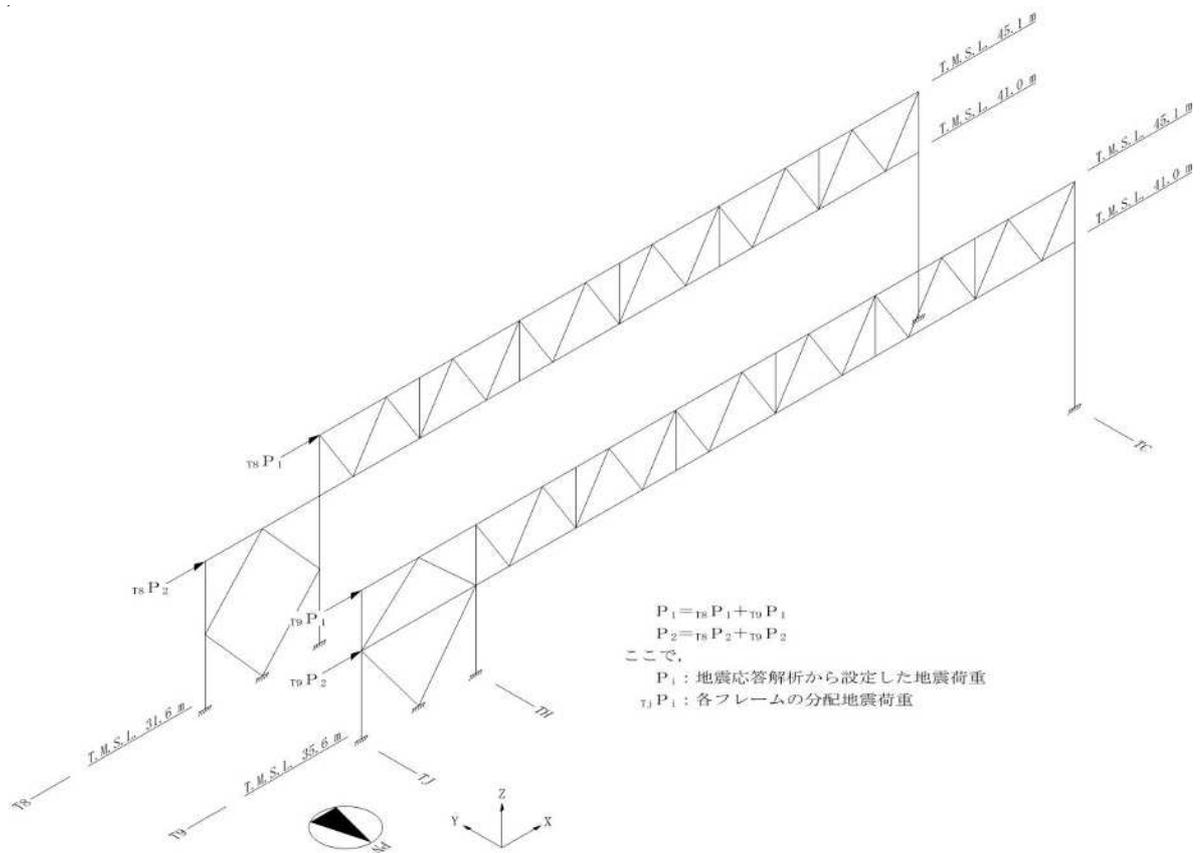


図 4-1 解析モデル

表 4-1 解析モデルの物性値

| 部位 | 使用材料 | ヤング係数 E (N/mm ²) | せん断弾性係数 G (N/mm ²) |
|--------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 鉄骨フレーム | 鉄骨 : SS41 (SS400相当) | 2.05 × 10 ⁵ | 0.79 × 10 ⁵ |
| | 鉄骨 : SM41A (SM400A相当) | 2.05 × 10 ⁵ | 0.79 × 10 ⁵ |
| | 鉄骨 : SM50A (SM490A相当) | 2.05 × 10 ⁵ | 0.79 × 10 ⁵ |

表 4-2 地震荷重

| T. M. S. L. (m) | 地震荷重 ($\times 10^3 \text{kN}$) | 基準地震動 S_s (ケース) |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------|
| 45.1 | 32.0 | S_{S-1} (ケース 4) |
| 41.0 | | S_{S-7} (ケース 4) |
| 31.6 | 17.8 | S_{S-7} (ケース 4) |

表 4-3 解析ケース

| ケース No. | 入力荷重 |
|---------|-----------------------|
| 1 | $F_d + F_s + 1.0 F_k$ |
| 2 | $F_d + F_s - 1.0 F_k$ |

〔記号の説明〕

F_d : 固定荷重 + 積載荷重

F_s : 積雪荷重

F_k : 地震荷重

5. 評価結果

応力解析結果の塑性ヒンジ図を図 5-1～図 5-4 に示す。塑性ヒンジとは、部材が降伏し変形に対する抵抗が失われている部位を示す。荷重の増加に伴い、フレーム内に形成される塑性ヒンジも増加するが、フレーム全体として変形に対する抵抗が失われる数の塑性ヒンジが形成され、水平力に対して耐えられなくなった場合にフレームは崩壊することになる。

図 5-1～図 5-4 より、地震荷重に対して柱及び TH-TJ 通り間のブレースの一部において塑性ヒンジが形成されているが、全ての柱の柱頭及び柱脚に塑性ヒンジが形成されていないことから、T8 通り鉄骨フレーム及び T9 通り鉄骨フレームに崩壊機構が形成されていないことを確認した。

以上より、タービン建屋の上部鉄骨部において、崩壊機構が形成されないことを確認した。

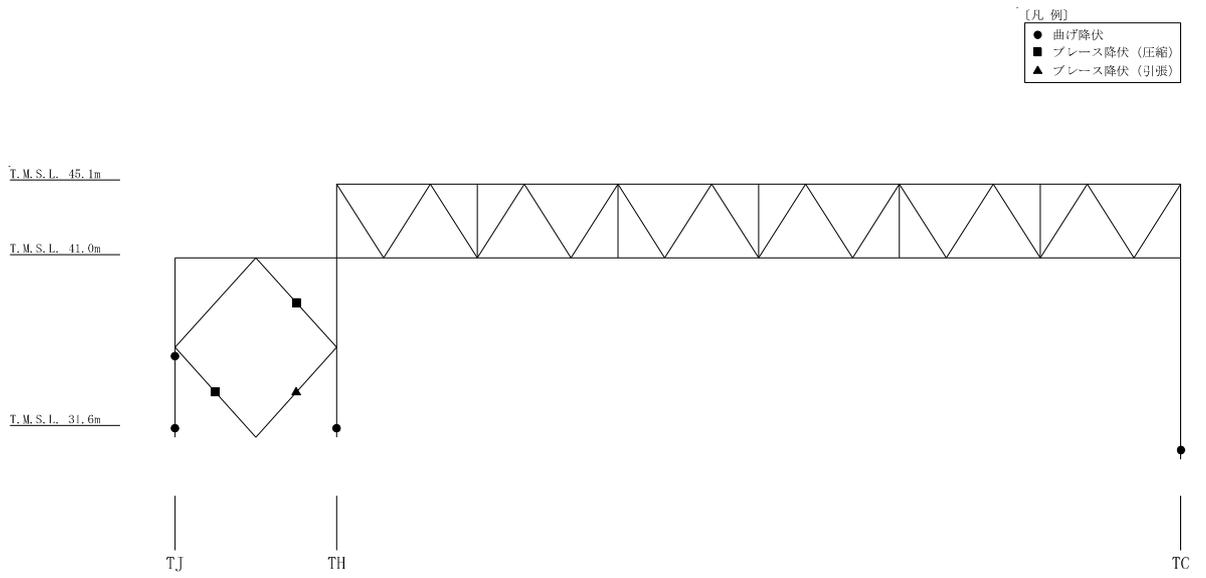


図 5-1 塑性ヒンジ図 (T8 通り, ケース 1)

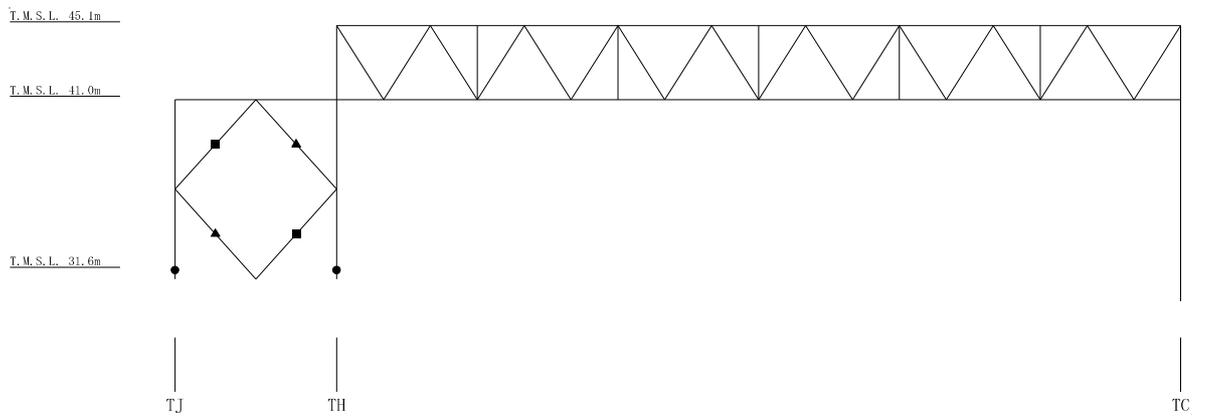


図 5-2 塑性ヒンジ図 (T8 通り, ケース 2)

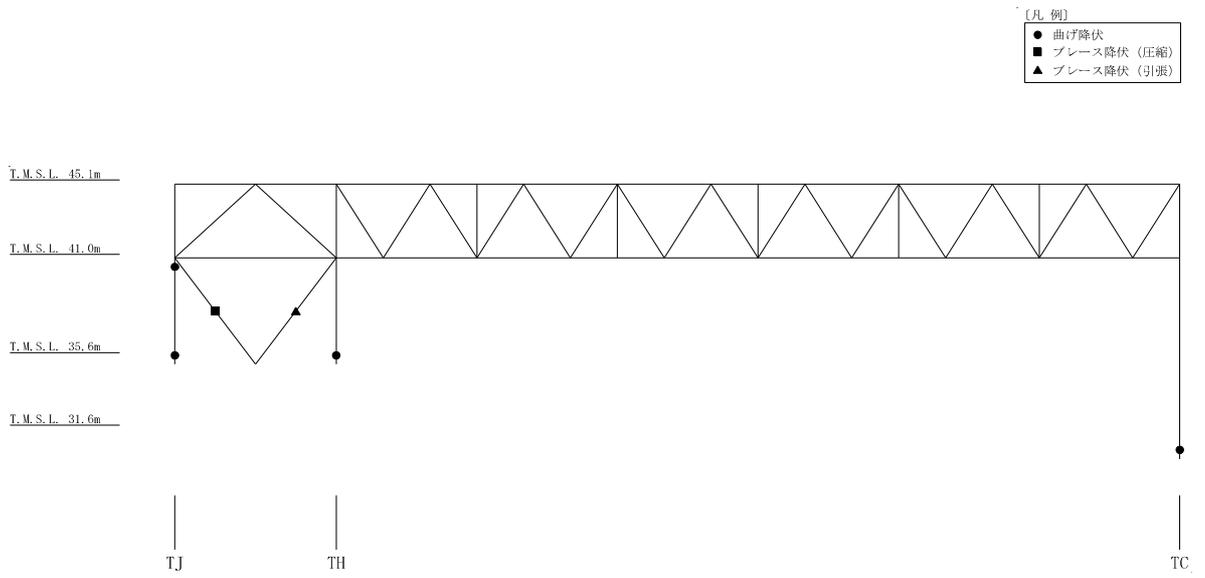


図 5-3 塑性ヒンジ図 (T9 通り, ケース 1)

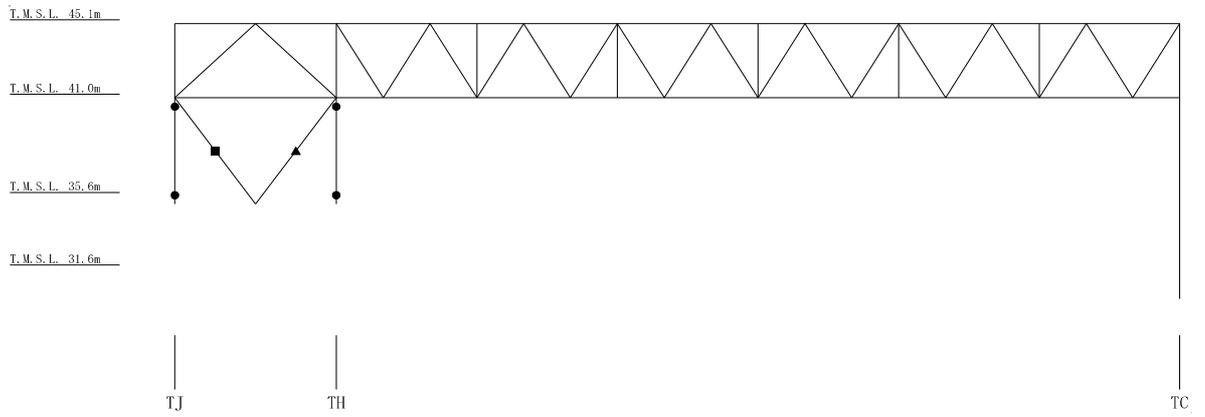


図 5-4 塑性ヒンジ図 (T9 通り, ケース 2)

6号機のSクラス施設等及び重要SA施設からの波及的影響について

7号機の工事計画認可申請対象ではない6号機のSクラス施設等及び重要SA施設のうち、7号機の上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼす位置関係等にあるものは図1及び表1の通りである。抽出した6号機のSクラス施設等及び重要SA施設が7号機の上位クラス施設と耐震設計方針が同一であること及び構造計画に類似性があること等により、7号機の上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないとした根拠を以下に示す。

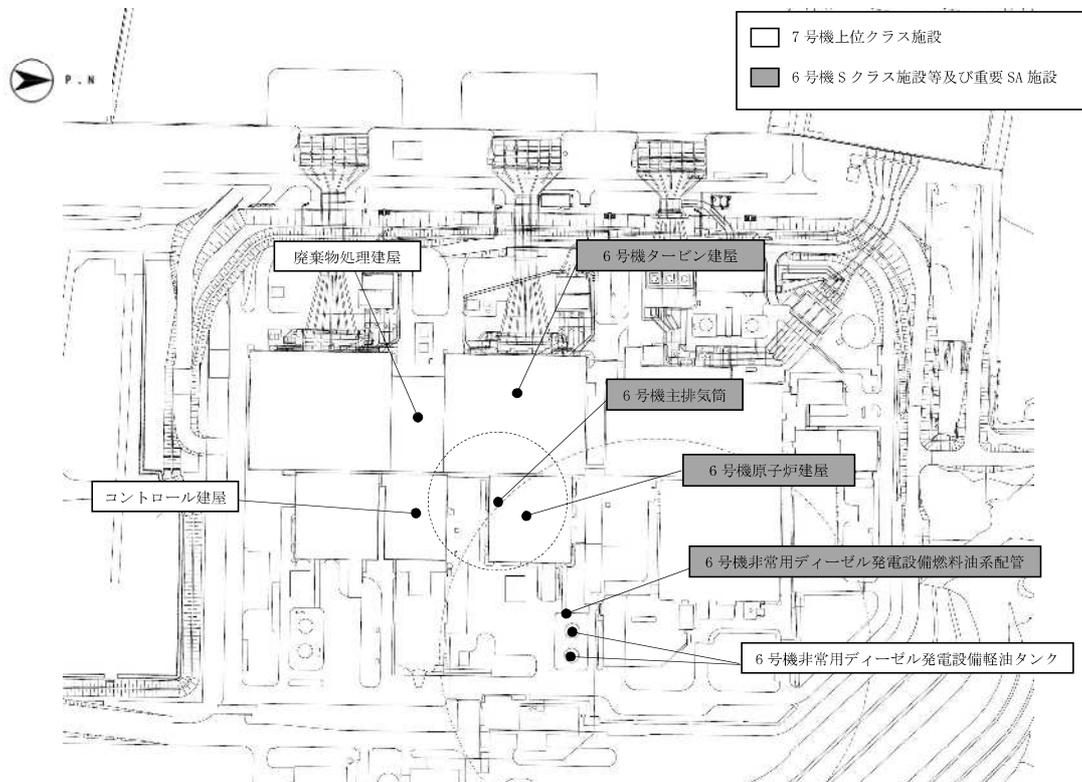


図1 波及的影響を及ぼす位置関係等にある6号機のSクラス施設等及び重要SA施設

表1 波及的影響を及ぼす位置関係等にある6号機のSクラス施設等及び重要SA施設

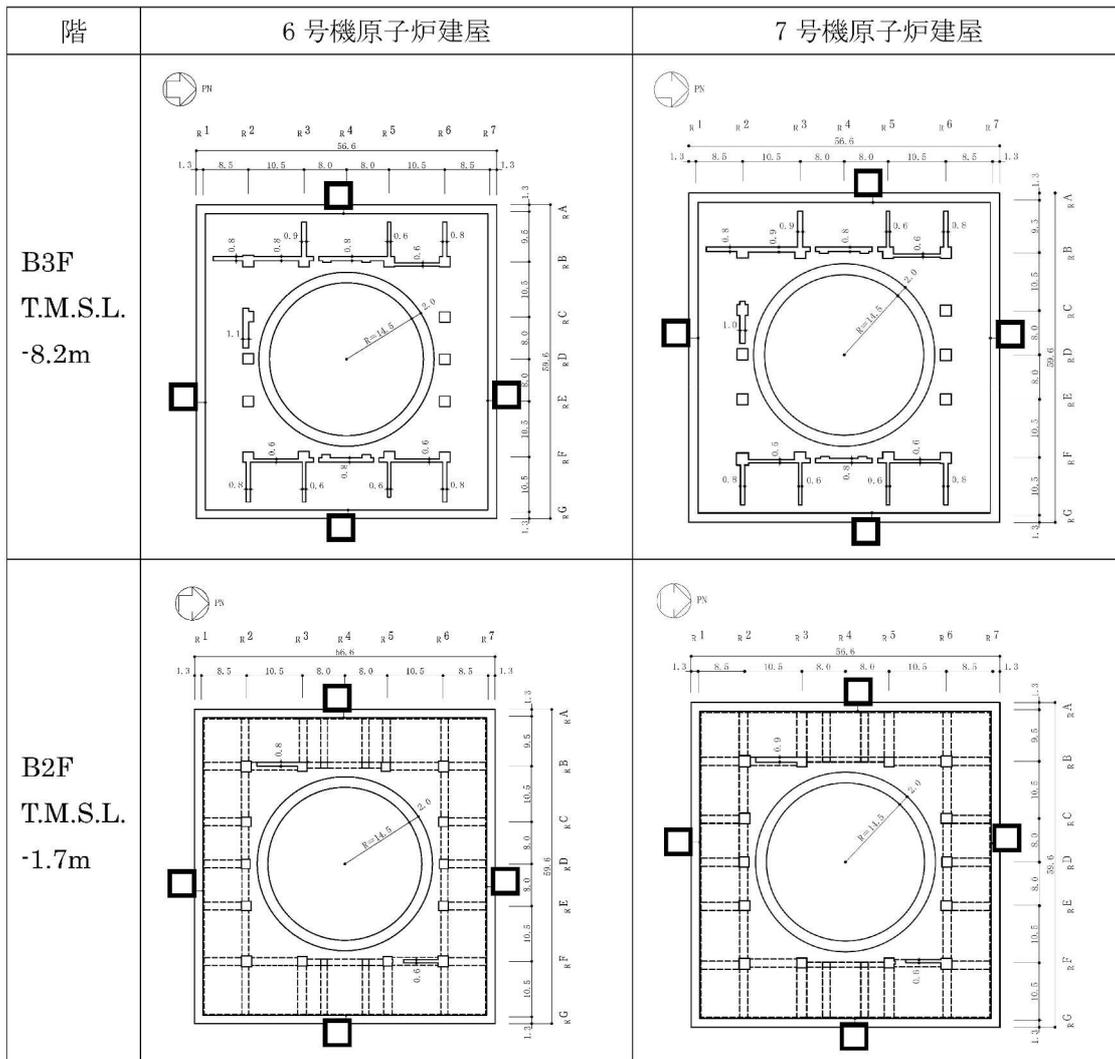
| 7号機上位クラス施設 | 6号機のSクラス施設等 及び重要SA施設 | 波及的影響のおそれ (○：有，×：無) | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------|----------------|
| | | 不等 沈下 | 相対 変位 | 損傷 転倒 落下 |
| ・コントロール建屋 | 6号機原子炉建屋 | ○ | × | ○ |
| ・コントロール建屋 | 6号機タービン建屋 | ○ | × | ○ |
| ・廃棄物処理建屋 | 6号機タービン建屋 | ○ | ○ | ○ |
| ・コントロール建屋 ・廃棄物処理建屋 | 6号機主排気筒 | × | × | ○ |
| ・6号機非常用ディーゼル発電 設備軽油タンク | 6号機非常用ディーゼル発電 設備燃料油系配管 | × | × | ○ |

1. 6号機原子炉建屋

6号機原子炉建屋及び7号機原子炉建屋の概略平面図を図2, 概略断面図を図3に示す。

図2及び図3に示すとおり, 構造計画的に概ね同等であると判断できる。

図2 6号機原子炉建屋及び7号機原子炉建屋の概略平面図 (1/4) (単位:m)



注：東京湾平均海面（以下，「T.M.S.L.」という。）

図2 6号機原子炉建屋及び7号機原子炉建屋の概略平面図(2/4)(単位:m)

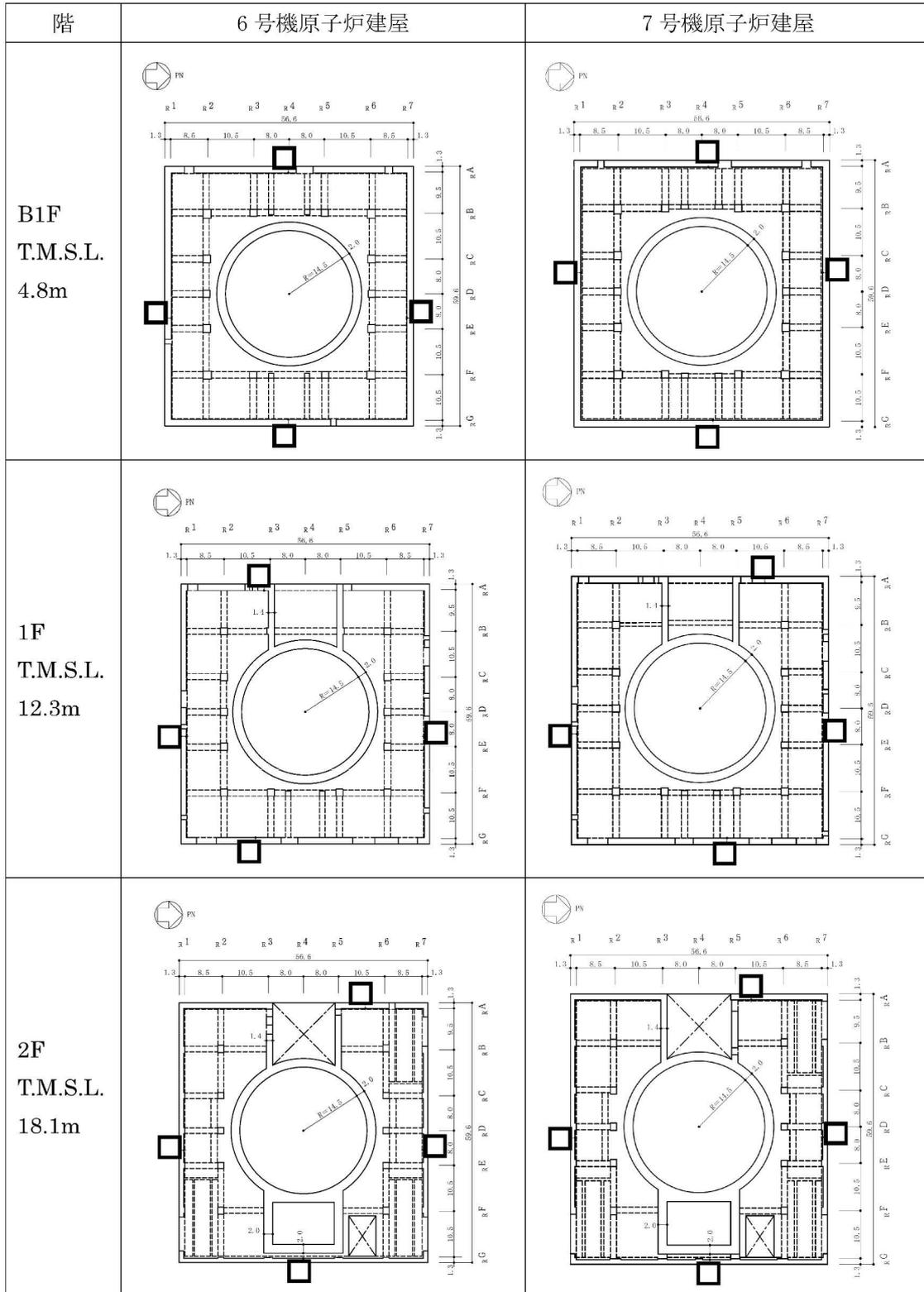


図2 6号機原子炉建屋及び7号機原子炉建屋の概略平面図(3/4)(単位:m)

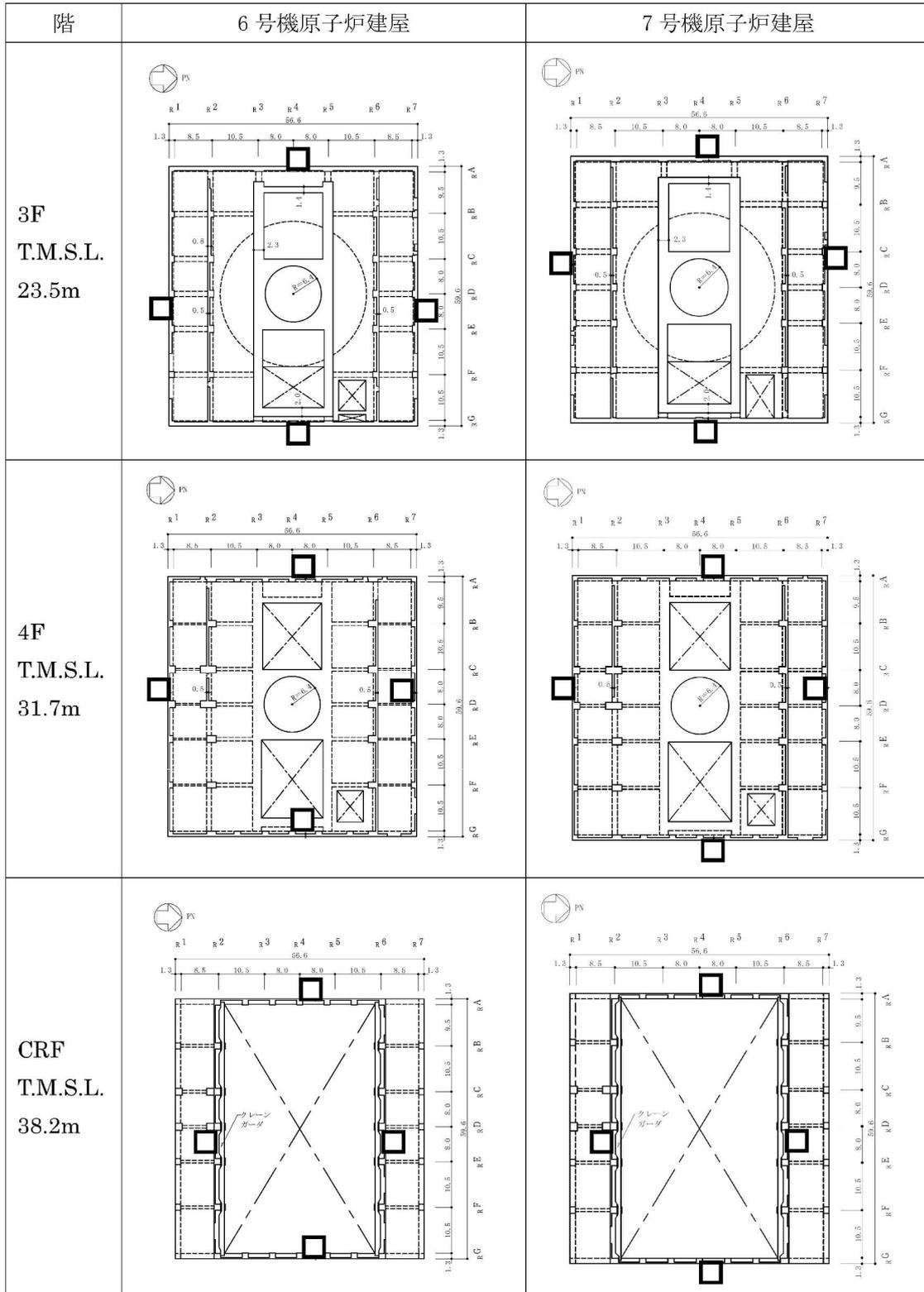


図2 6号機原子炉建屋及び7号機原子炉建屋の概略平面図(4/4)(単位:m)

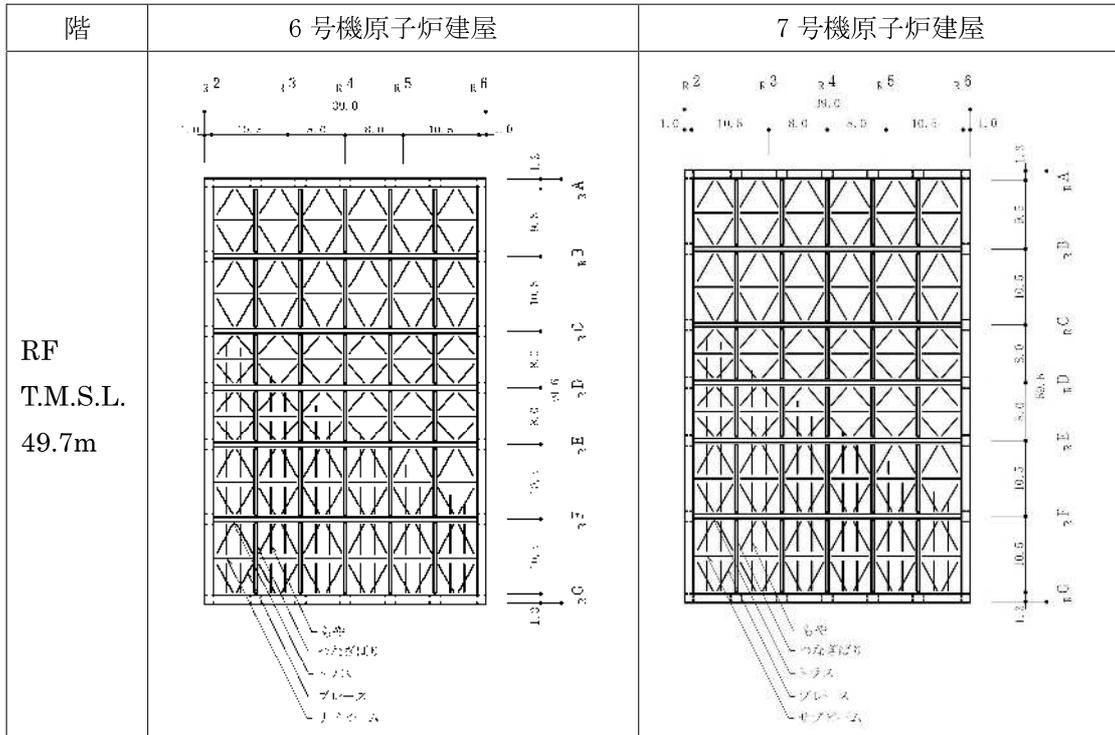
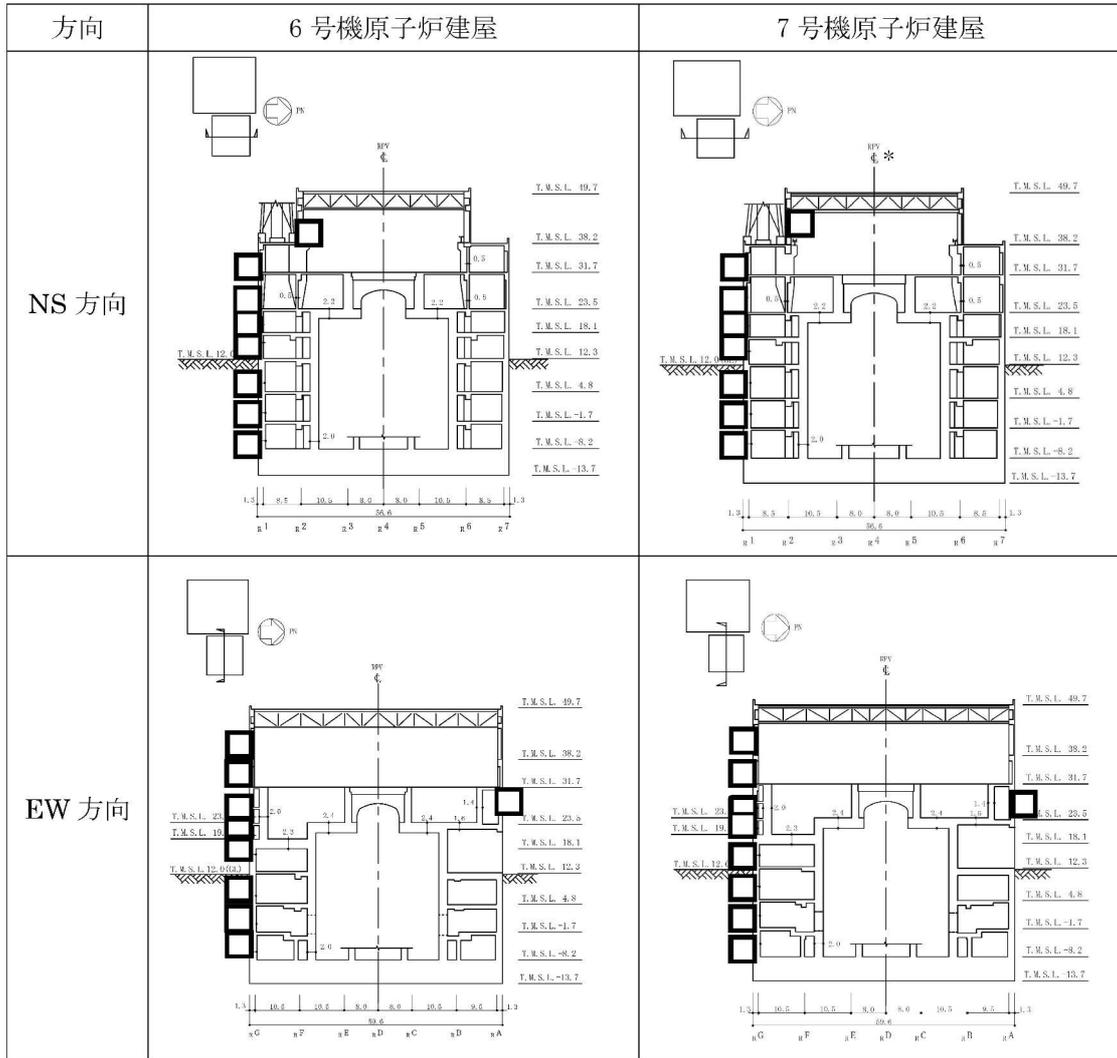


図3 6号機原子炉建屋及び7号機原子炉建屋の概略断面図(単位:m)



注記*: 原子炉圧力容器(以下、「RPV」という。)

2. 6号機タービン建屋

6号機タービン建屋及び7号機タービン建屋の概略平面図を図4, 概略断面図を図5に示す。図4及び図5に示すとおり, 構造計画的に概ね同等であると判断できる。

図4 6号機タービン建屋及び7号機タービン建屋の概略平面図 (1/2) (単位:m)

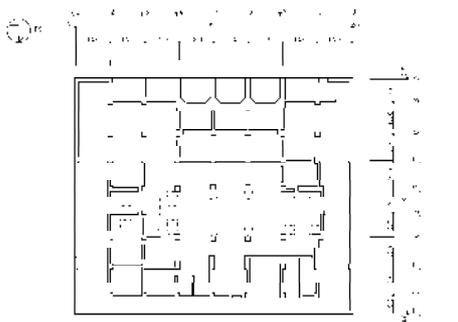
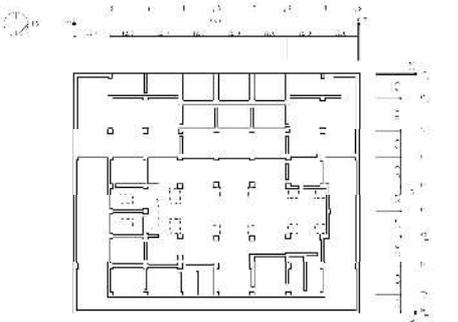
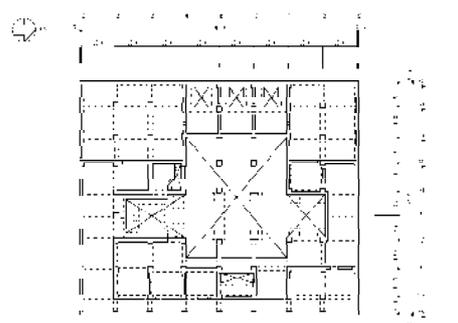
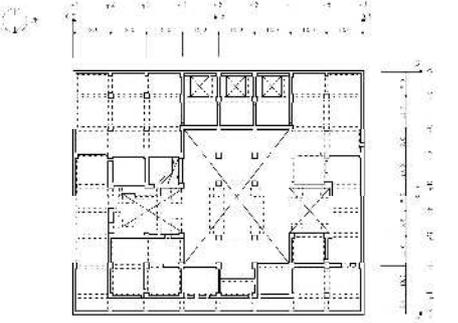
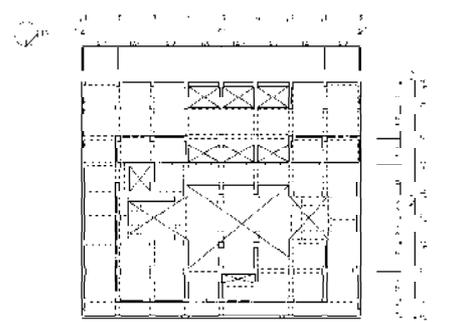
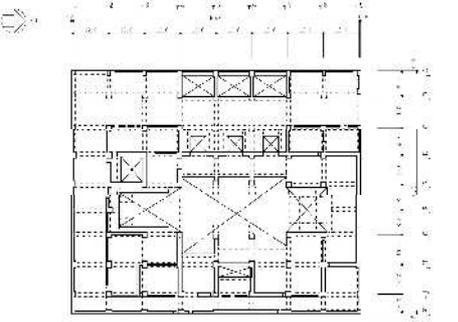
| 階 | 6号機タービン建屋 | 7号機タービン建屋 |
|--------------------------|---|--|
| B2F T.M.S.L. -5.1m |  |  |
| B1F T.M.S.L. 4.9m |  |  |
| 1F T.M.S.L. 12.3m |  |  |

図4 6号機タービン建屋及び7号機タービン建屋の概略平面図(2/2)(単位:m)

| 階 | 6号機タービン建屋 | 7号機タービン建屋 |
|-------------------------|-----------|-----------|
| 2F T.M.S.L. 20.4m | | |
| 3F T.M.S.L. 30.9m | | |
| RF T.M.S.L. 44.3m | | |

図5 6号機タービン建屋及び7号機タービン建屋の概略断面図(1/2)(単位:m)

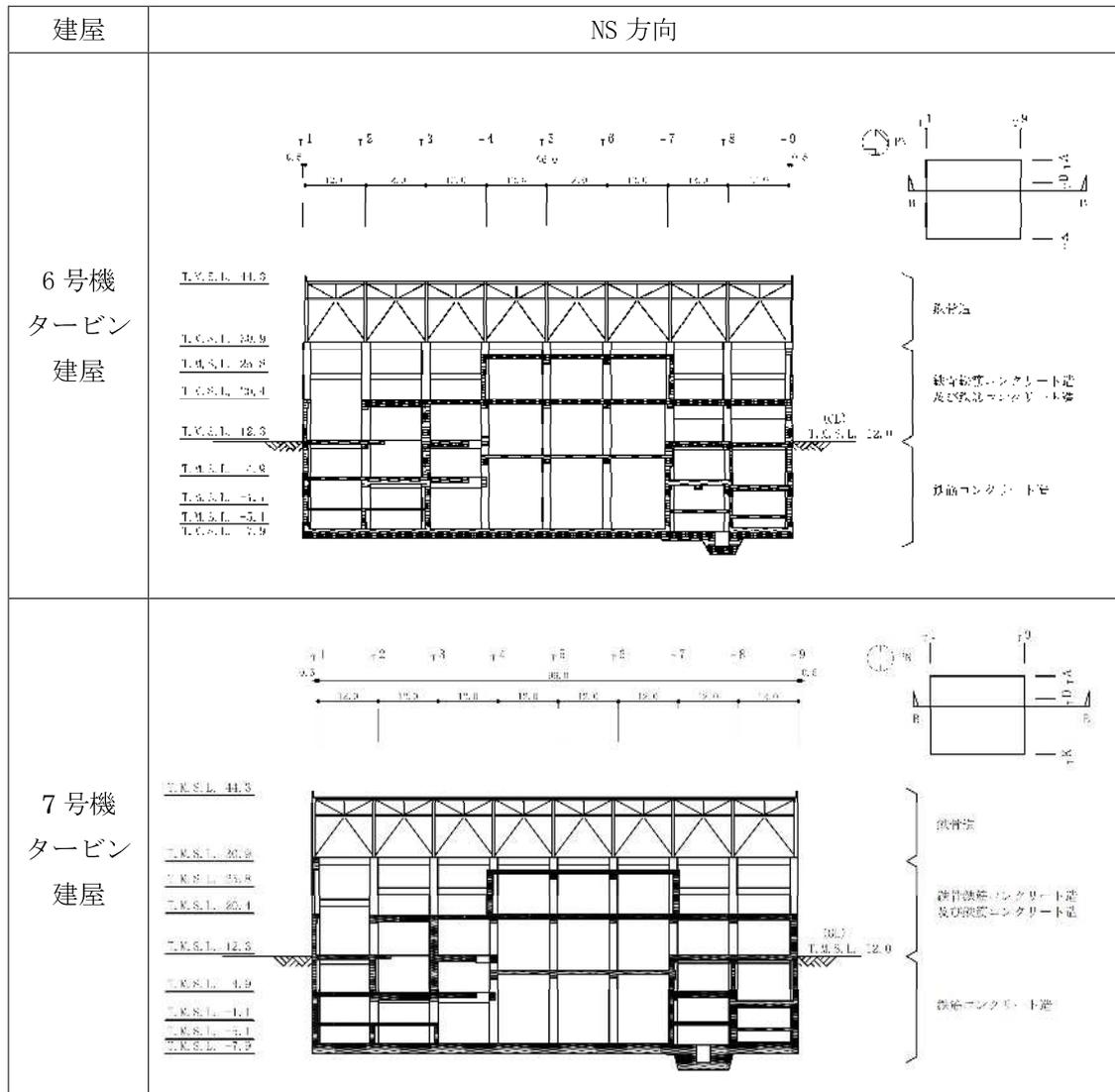
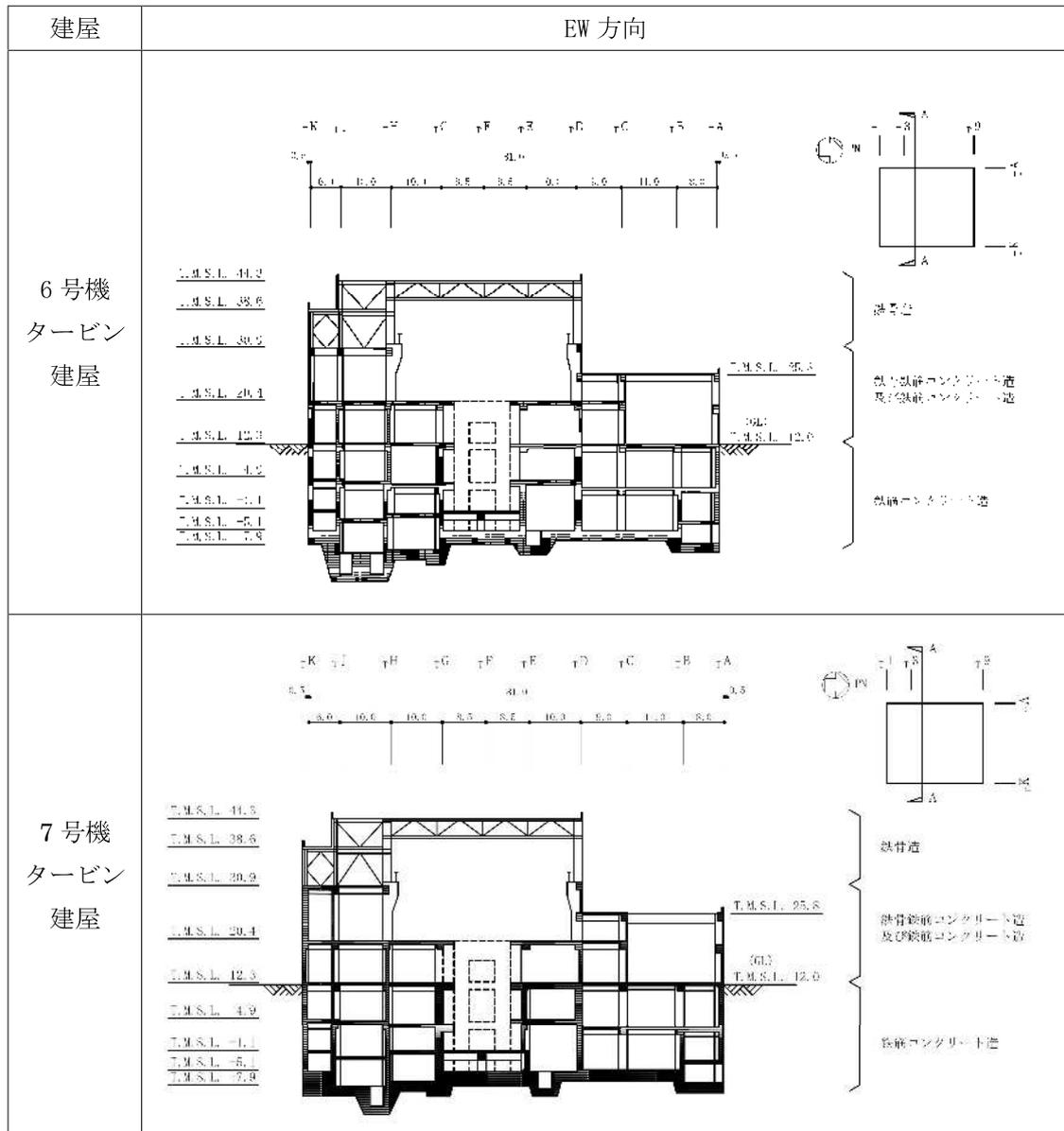


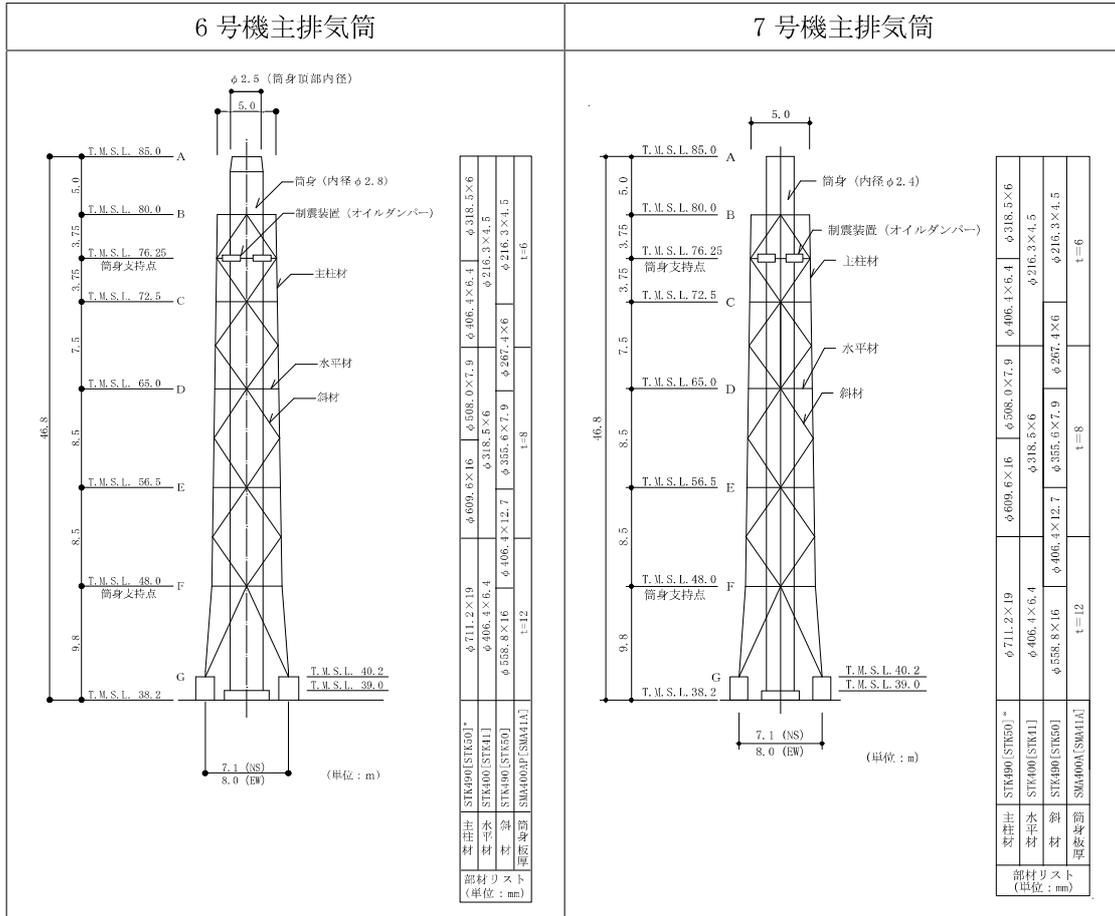
図5 6号機タービン建屋及び7号機タービン建屋の概略断面図(2/2)(単位:m)



3. 6号機主排気筒

6号機主排気筒及び7号機主排気筒の概略図を、図6に示す。図6に示すとおり、構造計画的に概ね同等であると判断できる。

図6 6号機主排気筒及び7号機主排気筒の概略図



4. 6号機非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管損傷時の波及的影響について

7号機の工事計画認可申請対象ではない6号機の非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管が、地震により損傷したとしても7号機の上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないとした根拠を以下に示す。

4.1 対象となる7号機の上位クラス施設

6号機非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管と接続される6号機軽油タンク（7号機重要SA施設）を対象とする。

4.2 波及的影響の確認方法

7号機重要SA施設である6号機軽油タンクに要求される機能は、重大事故等時に動作要求があるSA設備が7日間運転できるだけの燃料（軽油）を貯蔵できることである。これを踏まえ、6号機軽油タンクへの波及的影響の確認方法として、6号機軽油タンクに接続されている6号機非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管が損傷した場合においても、7号機SA設備の運転に必要な燃料量を確保出来ることを確認する。

(1) 必要燃料量

7号機SA設備の運転に必要な燃料量は表2のとおり260kLとなる。

表2 7号機SA設備の運転に必要な燃料量

| 7号機SA設備 | 台数 ^{※1} | 必要燃料量 ^{※2} |
|-----------------------------|------------------|---------------------|
| 可搬型代替注水ポンプ（A-2級） | 4 | 15kL |
| 第一ガスタービン発電機 | 1 | 168kL |
| 電源車 | 2 | 37kL |
| モニタリング・ポスト用発電機 | 3 | 5kL |
| 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所用 可搬型電源設備 | 1 | 8kL |
| 大容量送水車（熱交換器ユニット用） | 1 | 27kL |
| 合計 | | 260kL |

※1：7号機運転、6号機停止で必要となる台数

※2：7日間（168時間）運転に必要な燃料量

(2) 6号機軽油タンク隔離が必要となる時間

地震により6号機非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管が損傷した場合においても、7号機SA設備を7日間運転するために必要となる燃料を確保するため、6号機軽油タンクの燃料が(1)で算出した必要燃料量260kL未滿となる前に軽油タンクの

隔離が必要となる。

配管損傷後の燃料の漏出量を、保守的に燃料移送ポンプの定格容量（4kL/h）とすると、配管損傷後に軽油タンクの隔離が必要となるまでの時間は、

$$(510\text{kL}^{\ast} - 260\text{kL}) \div 4\text{kL/h} = 61\text{h}$$

従って、配管損傷から 61 時間後までに軽油タンクを隔離することにより、必要な燃料量を確保可能となる。

※：保安規定に定められる軽油タンク内燃料最少保有量

(3) 6号機軽油タンク隔離に要する時間

軽油タンクの巡視点検は1回以上/日行うことが保安規定にて定められていることから、地震発生（6号機非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管損傷）後、当日もしくは翌日までに当直員が軽油タンクの巡視点検を行い、油面レベルを確認する。この際、前日の油面レベルとの比較を行うことから、6号機非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管損傷により、軽油の漏出がある場合には、巡視点検で検知が可能である。軽油漏出の検知後、速やかに軽油タンクを隔離することが可能であることから、1日程度（約24時間）で軽油タンクの隔離が完了する。

4.3 確認結果

以上のように、地震発生（6号機非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管損傷）後、約24時間で6号機軽油タンクの隔離が完了し、7号機SA設備の運転に必要な十分な量の燃料が確保されることから、6号機非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管損傷による波及的影響はない。