

| | |
|-----------------------------|----------------|
| 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | KK6補足-026-2 改1 |
| 提出年月日 | 2024年2月6日 |

タービン建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料

2024年2月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 設計及び工事の計画添付書類に係る補足説明資料

VI-2-2-6「タービン建屋の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。なお、応力解析には解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。

別紙 1 応力解析における既工認と今回設工認の解析モデル及び手法の比較

別紙 2 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件の考え方

別紙 3 地震荷重の入力方法

別紙 4 応力解析における断面の評価部位の選定

別紙 5 基礎スラブの応力解析における諸条件の変更に伴う影響検討

別紙 6 最大接地圧について

別紙 7 水平・鉛直を分離した解析について

: 今回提出範囲

別紙2 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件の考え方

目 次

| | |
|----------------------------------|--------|
| 1. 概要 | 別紙 2-1 |
| 2. 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件 | 別紙 2-2 |
| 3. 基礎スラブの段差部の設計上の取扱いについて | 別紙 2-6 |

1. 概要

本資料は、タービン建屋基礎スラブの応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件の考え方について示すものである。

2. 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件

タービン建屋基礎スラブの応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件を表 2-1 に示す。

直接基礎の底面地盤ばねの設定における基本的な考え方は，以下のとおり。

- ・ 水平ばね

振動アドミタンス理論に基づく水平ばねにより算出する。

- ・ 鉛直ばね

基礎浮上りを考慮し，回転ばね反力として生じる転倒モーメントを適切に評価するため，振動アドミタンス理論に基づく回転ばねより算出する。

有限要素法を用いた解析モデルにおける要素分割の考え方*については，以下のとおり。

- ・ シェル要素

要素分割は，基本的には発生する応力状態によって決まり，構造形状と荷重状態より要素分割数を考慮する。要素形状の縦横比（アスペクト比）は，重要部分で 1:2 以下，その他の領域や応力変化が少ない領域では，1:3 程度までで，分割に際しては 4 角形要素を利用して格子状とするのが一般的である。曲面版構造の場合は，平板要素や軸対象シェル要素の大きさは，集中荷重や不連続部を含む曲面部近傍では $2.5\sqrt{R/t}$ を 10~20 分割すると適切な応力分布が求められ，構造物の半径（R）と板厚（t）が考慮されている。また，面内曲げ・軸力及び面外のせん断や曲げを受ける部材のシェル要素の辺の長さは，シェルの広がり方向の応力分布の状態から決まり，応力変化が大きい領域は要素を小さくする必要がある。

注記*：構造解析のための有限要素法実践ハンドブック（非線形 CAE 協会，2008 年）を示す。

表 2-1 タービン建屋基礎スラブの応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件(1/3)

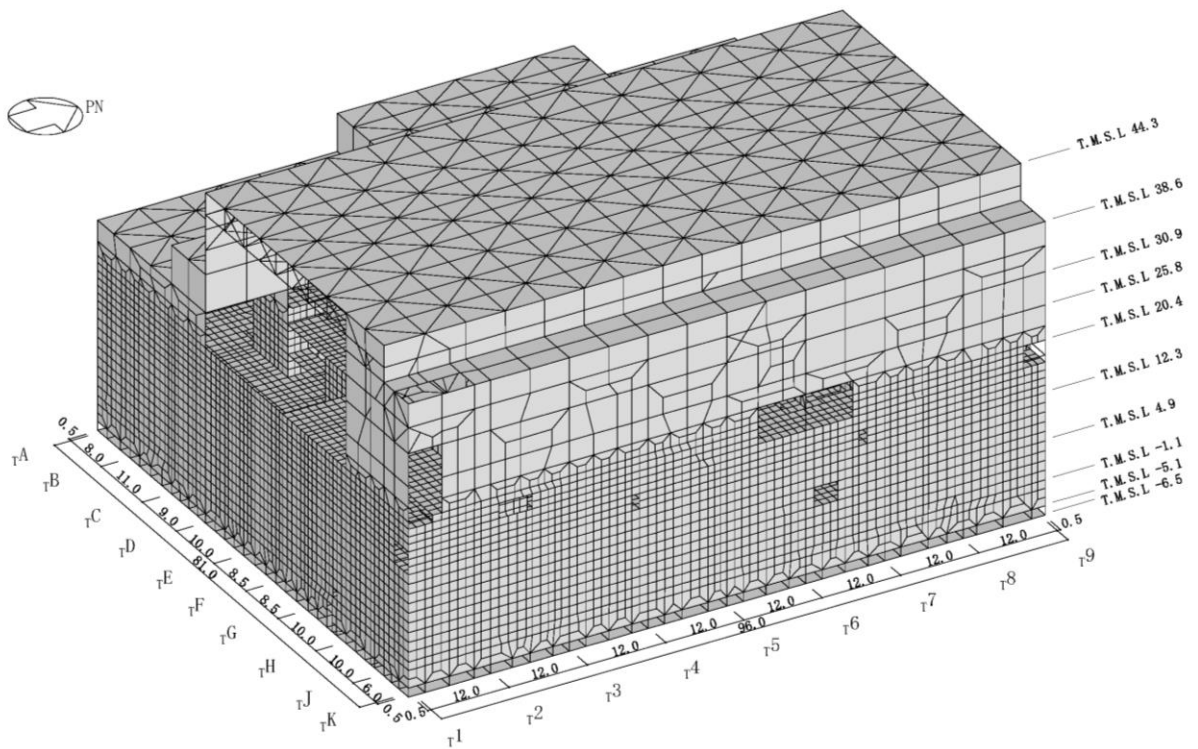
モデル化概要

○モデル化範囲

- ・基礎スラブ及び上部構造をモデル化する。

○使用要素

- ・基礎スラブ, スラブ及び壁: シェル要素
- ・柱, はり及びブレース: はり要素及びトラス要素



注: 東京湾平均海面を, 以下「T. M. S. L.」という。

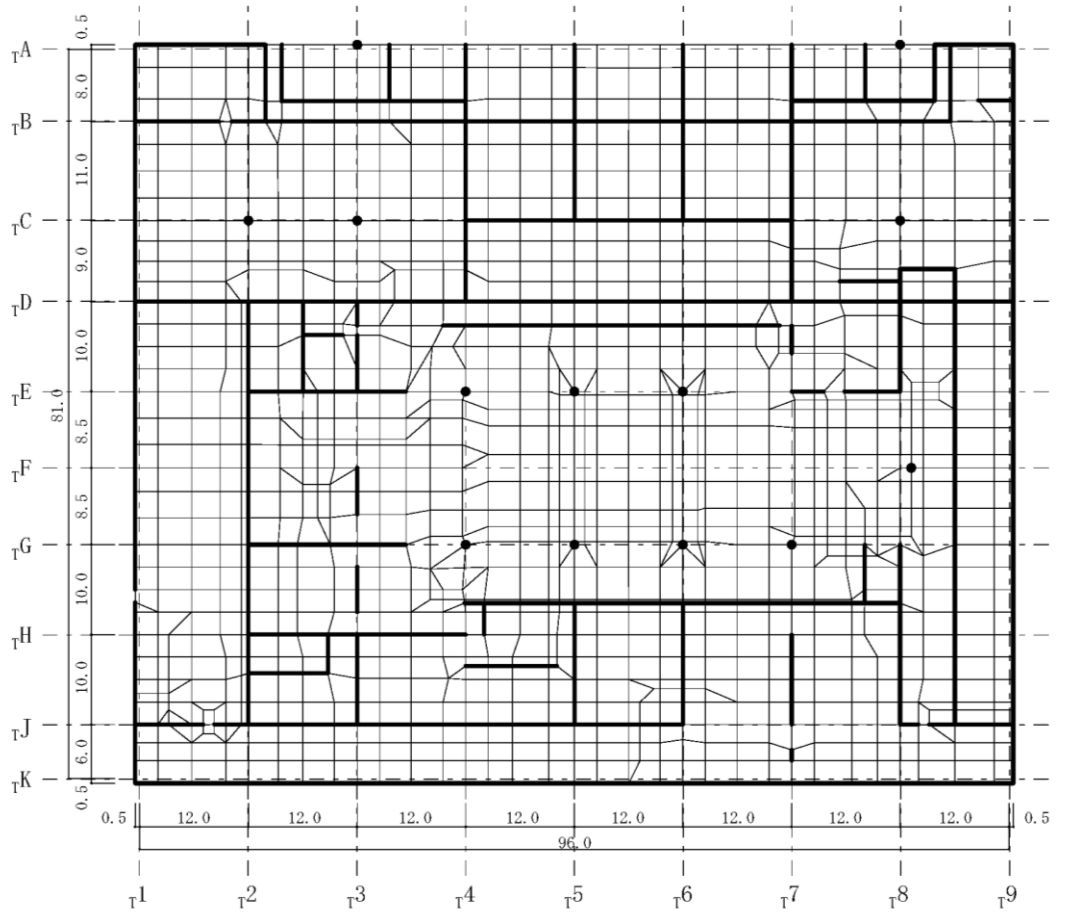
モデル概要 (全体図) (単位: m)

表 2-1 タービン建屋基礎スラブの応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件 (2/3)

モデル化概要

○要素分割

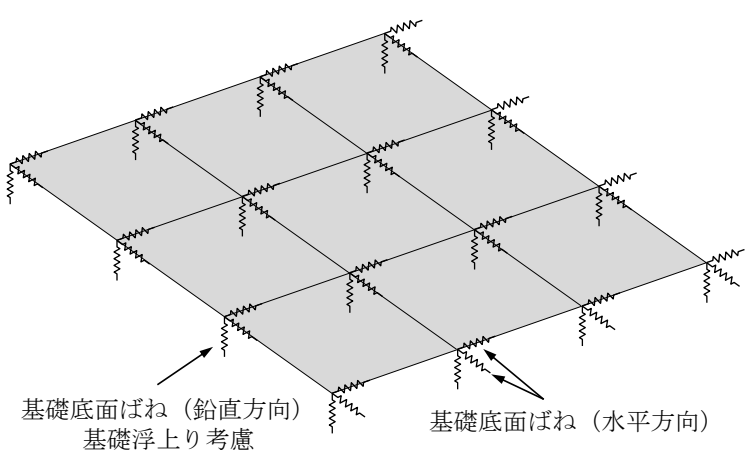
- 要素の一辺の長さを 2~3m 程度とし, 壁及び柱位置を考慮して分割する。T/G 架台脚部は断面が大きいため, 架台脚部の断面形状に合わせて分割する。



注：太線部は耐震壁及び補助壁，黒丸は独立柱の位置を示す。

モデル概要（基礎スラブ）（単位：m）

表 2-1 タービン建屋基礎スラブの応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件(3/3)

| 境界条件及び拘束条件 | |
|---|--|
| 上部構造物と基礎スラブの境界 | <ul style="list-style-type: none"> 基礎スラブと上部構造物との境界部においては、上部構造物の剛性を考慮することで、基礎スラブの応力・変形状態を評価する。 主要な開口部については、要素を設置しないことで考慮する。 基礎スラブから立ち上がる独立柱については、上部構造物から基礎スラブへの地震荷重を適切に入力する目的でその剛性を考慮する。 |
| 基礎スラブと地盤の境界 | <ul style="list-style-type: none"> 応力解析モデルへの地震荷重の入力について、基礎スラブの応力解析モデル上は、地震応答解析結果と等価となるように設定を行う。タービン建屋基礎スラブモデル部に入力する付加せん断力は、側面地盤ばねを応力解析モデルにモデル化していないことから、基礎底面ばねに生じる水平力と基礎スラブより上部の部材から伝わる水平力の差から算出する。付加曲げモーメントは、最大応答曲げモーメントと水平力により発生する曲げモーメントの差分から算出する。以上より、地震応答解析で求まる応力と等価となる。 基礎スラブの節点には、底面地盤を表現するばね要素を設ける。解析では鉛直方向の底面地盤ばねに引張力が作用すると、鉛直方向及び水平方向（2方向）の合計3つのばね剛性をゼロとすることにより、基礎の浮上りを表現する。 水平剛性及び鉛直剛性は以下のとおり設定する。 <ul style="list-style-type: none"> 水平剛性：振動アドミッタンス理論による水平ばね$K_{HNS(EW)}$を節点支配面積A_iで離散化。 $K_{HiNS(EW)} = (K_{HNS(EW)} / A) \cdot A_i \dots\dots\dots (2.1)$ A：基礎スラブの底面積 鉛直剛性：転倒モーメントが支配的となるため振動アドミッタンス理論による回転ばねK_Rを節点支配面積A_iで離散化。 $K_{Vi} = (K_{RNS} / I_{NS} + K_{REW} / I_{EW}) / 2 \cdot A_i \dots\dots\dots (2.2)$ I：基礎スラブの断面二次モーメント |
|  <p>基礎底面ばね（鉛直方向） 基礎浮上り考慮</p> <p>基礎底面ばね（水平方向）</p> <p>モデル概要</p> | |

3. 基礎スラブの段差部の設計上の取扱いについて

基礎スラブの段差部は応力伝達が円滑に行われるように設計されており、基礎スラブは平板としてモデル化している。図 3-1 に基礎スラブ段差部の概念図を、図 3-2 に段差部の配筋図を示す。図 3-1 に示すとおり、厚さは隣接する基礎スラブの最小厚さ以上となるように設計している。また、図 3-2 に示すとおり、段差部にも基礎スラブ主筋と同様の配筋がなされている。

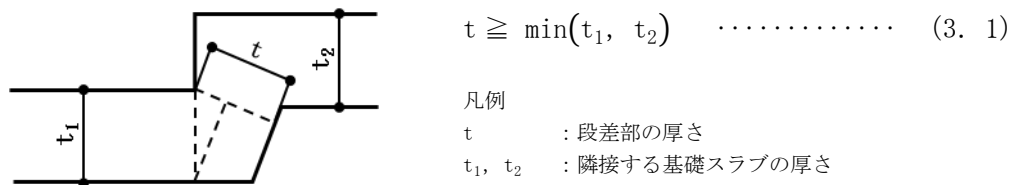
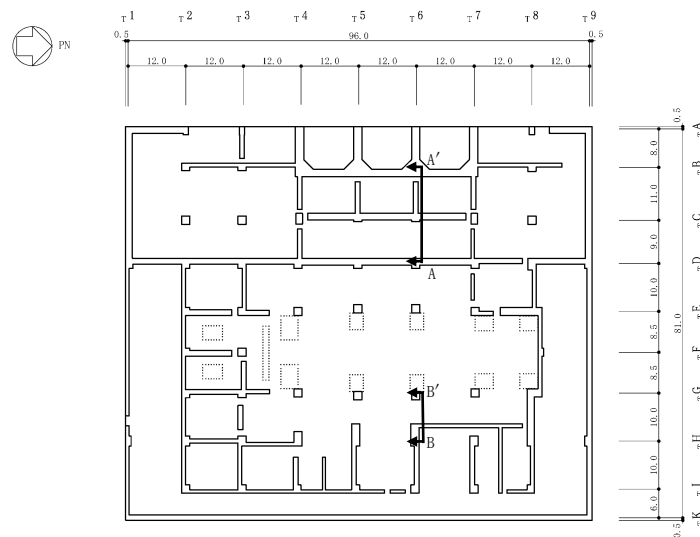
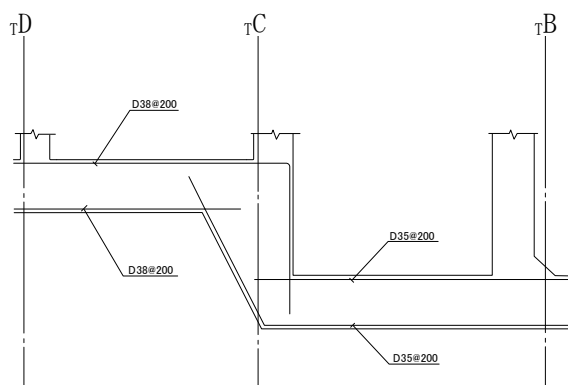


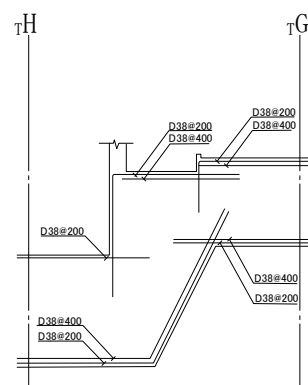
図 3-1 基礎スラブ段差部の概念図



(a) 概略平面図 (B2F, T. M. S. L. -5. 1m)



(b) T6 (T7~T8) 通り (A-A' 断面)



(c) T6 (T-H~T-K) 通り (B-B' 断面)

図 3-2 段差部の配筋図