

【公開版】

| | |
|----------|----------------|
| 日本原燃株式会社 | |
| 資料番号 | 耐震建物 15 R0 |
| 提出年月日 | 令和 3 年 2 月 9 日 |

設工認に係る補足説明資料

【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 | 1 |
| 2. 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件 | 2 |
| 別紙 1 安全冷却水 B 冷却塔基礎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 | |
| 別紙 2 燃料加工建屋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 | |

■ : 商業機密の観点から公開できない箇所

1. 概要

本資料は、建物・構築物の有限要素法を用いた解析モデル（以下、「FEMモデル」という。）について、モデル化、境界条件及び拘束条件の概要を示すものである。

本資料の適用範囲は、再処理施設、廃棄物管理施設及びMOX燃料加工施設の建物・構築物（建屋及び屋外機械基礎）のうち、添付書類「耐震性に関する計算書」のうち耐震計算書とする。

また、本資料は、第1回申請（令和2年12月24日申請）における、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-1-1 安全冷却水B冷却塔の耐震性に関する計算書」のうち「b. 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」
- ・MOX燃料加工施設 添付書類「III-3-1-1-2 燃料加工建屋の耐震計算書」

2. 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件

本章では，建物・構築物の FEM モデルを構築するにあたって，各建物・構築物に共通するモデル化，境界条件及び拘束条件の考え方を示す。なお，建物・構築物の個々の FEM モデルの詳細については，別紙に示す。

当社の建物・構築物の FEM モデルは，評価対象部位は，シェル要素及び梁要素でモデル化している。シェル要素及び梁要素を用いる部位及び要素分割の考え方を以下に示す。

・シェル要素

シェル要素は，基礎スラブ，耐震壁等といった面材に置換出来る部材に対して用いる。シェル要素の分割に際しては，四角形要素を利用して格子状とすることを基本とするが，メッシュ分割によっては三角形要素を採用する。要素形状の縦横比（アスペクト比）は，評価対象部位については 1：3 程度までを目安^{*}とする。

※：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）

・梁要素

梁要素は，柱，梁，ブレース等といった線材に置換出来る部材に対して用いる。要素分割については，部材毎に分割することを基本とするが，部材同士の接合点や応力値の出力が必要な点について，必要に応じて適宜部材内で要素分割を行う。

また，建物・構築物の FEM モデルには，境界条件や拘束条件として，地盤との相互作用や上部構造物による拘束効果等を実態に沿って設定することで，適切な応力分布を評価している。

別紙 1

安全冷却水 B 冷却塔基礎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

目 次

| | |
|-----------------------------|---|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件 | 1 |

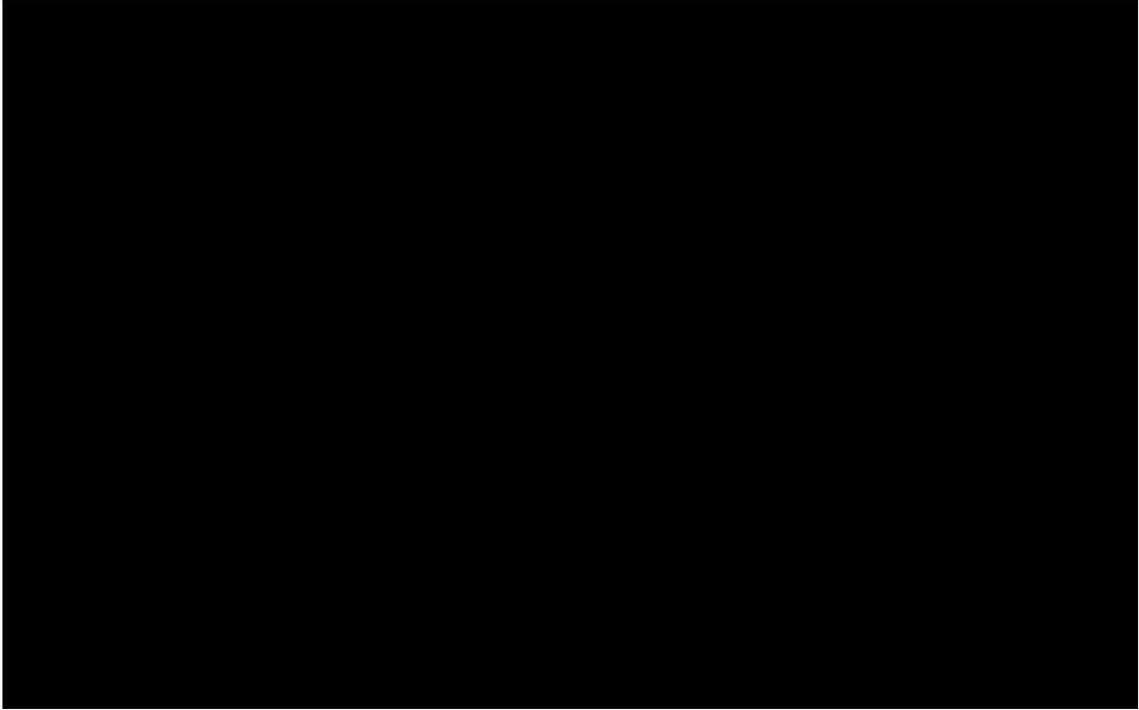
1. 概要

本資料は、安全冷却水 B 冷却塔基礎の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についての概要を示すものである。

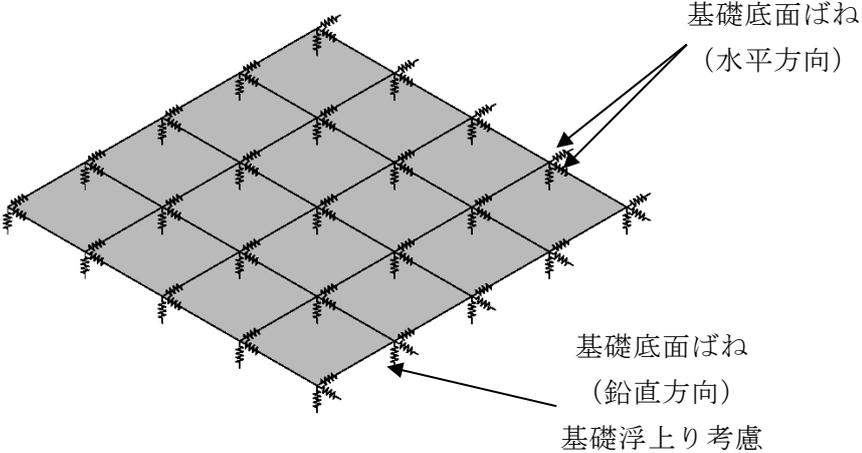
2. 応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件

安全冷却水B冷却塔基礎の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第2.-1表に示す。

第2.-1表 (1/2) 安全冷却水B冷却塔基礎の基礎スラブ

| モデル概要 | |
|---|--|
| ○モデル化範囲 | ・基礎スラブ |
| ○使用要素 | ・基礎スラブ : シェル要素 |
| ○要素分割 | ・冷却塔の支持架構の柱位置に従い分割を行うものとし、基本的にEW方向は柱スパンに合わせ、NS方向は柱間を2分割とする。要素の一辺の長さは2.0~4.0m程度とする。 |
|  | |
| 図1 FEMモデル (単位 : mm) | |

第2.-1表 (2/2) 安全冷却水B冷却塔基礎の基礎スラブ

| 境界条件, 拘束条件 |
|--|
| 上部構造物と基礎スラブの境界 |
| <ul style="list-style-type: none"> 上部冷却塔支持架構から伝達される応力は, 集中荷重として基礎スラブと上部冷却塔支持架構柱脚部の取り合い部の節点に入力する。 |
| 基礎スラブと地盤の境界 |
| <ul style="list-style-type: none"> 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通り設定する。 水平剛性K_{Hi} 振動アドミッタンス理論による水平ばねK_Hを節点支配面積A_iで離散化する。 $K_{Hi} = (K_H / A) \times A_i$ A : 基礎の底面積 鉛直剛性K_{Vi} 地震時は, 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で離散化する。 $K_{Vi} = (K_R / I) \times A_i$ I : 基礎の断面二次モーメント |
|  |
| 図2 ばね要素拡大図 |

別紙 2

燃料加工建屋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

目 次

| | |
|-----------------------------|---|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件 | 1 |

1. 概要

本資料は、燃料加工建屋の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についての概要を示すものである。

2. 応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件

燃料加工建屋の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第2.-1表に示す。

第2.-1表 (1/2) 燃料加工建屋の基礎スラブ

モデル概要

○モデル化範囲

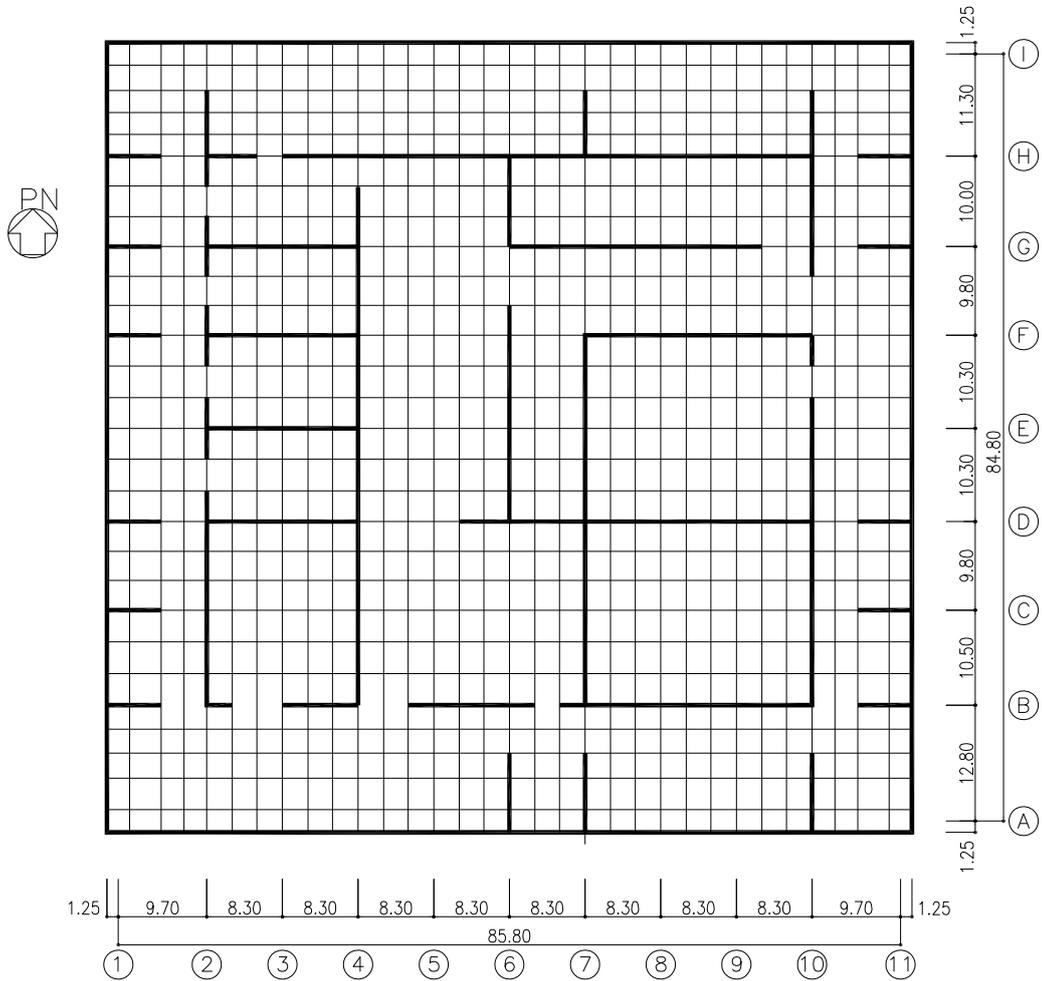
- ・基礎スラブ及び基礎スラブより立ち上がる耐震壁 (T. M. S. L. 35.00m~T. M. S. L. 77.50m)

○使用要素

- ・基礎スラブ : シェル要素
- ・耐震壁 : 梁要素

○要素分割

- ・要素の一辺の長さを2.4~3.5m程度とし、上部構造物の配置を考慮して分割する。



— : 壁 (梁要素)

図1 モデル概要 (単位 : m)

第2.-1表 (2/2) 燃料加工建屋の基礎スラブ

| 境界条件, 拘束条件 | |
|--|--|
| 上部構造物と基礎の境界 | |
| <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。 | |
| 梁要素の剛性 (断面性能) | |
| <ul style="list-style-type: none"> 軸剛性 (軸断面積) $A = t \times h$ 曲げ剛性 (断面二次モーメント) $I = t \times h^3 / 12 + A \times (h / 2 + D / 2)^2$ せん断剛性 (せん断断面積) $A_s = t \times h$ | <ul style="list-style-type: none"> t : 壁厚 h : モデル化する壁の高さ D : 基礎スラブ厚 |
| 基礎スラブと地盤の境界 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 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通り設定する。 水平剛性K_{Hi} 振動アドミッタンス理論による水平ばねK_Hを節点支配面積A_iで離散化する。 $K_{Hi} = (K_H / A) \times A_i$ A : 基礎の底面積 鉛直剛性K_{Vi} 地震時は, 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で離散化する。 $K_{Vi} = (K_R / I) \times A_i$ I : 基礎の断面二次モーメント | |
| | |
| <p>図2 ばね要素拡大図</p> | |