

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

| | |
|------------------|-------------|
| 東海第二発電所 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | 補足-370-2 改1 |
| 提出年月日 | 平成30年5月21日 |

建物・構築物の耐震計算についての補足説明資料

補足-370-2 【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】

平成30年5月

日本原子力発電株式会社

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 |

1. 概要

本資料は、使用済燃料乾式貯蔵建屋，緊急時対策所建屋，主排気筒，非常用ガス処理系配管支持架構，格納容器圧力逃がし装置格納槽，原子炉建屋原子炉棟，使用済燃料プール，原子炉格納容器底部コンクリートマット，及び原子炉建屋基礎盤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。

また，本資料は，以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・ V-2-2-5 「使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-10-1 「緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-14 「主排気筒の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-16 「非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-2-18 「格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-4-2-1 「使用済燃料プールの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-1-1-1 「原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-1-10 「原子炉建屋原子炉棟の耐震性についての計算書」
- ・ V-2-9-1-13 「原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書」

2. 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件

各建物・構築物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～表 2-9 に示す。

表 2-1 原子炉建屋基礎盤及び原子炉格納容器底部コンクリートマット

| モデル概要 | 境界条件, 拘束条件 |
|--|---|
| <p>○モデル化範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器底部コンクリートマット並びに、原子炉棟基礎及び付属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤及び、これから立ち上がる耐震壁をモデル化する。 耐震壁は、外部ボックス壁 (O/W)、内部ボックス壁 (I/W)、1 次遮蔽壁 (S/W) とし、EL. -4.0 m~14.0 m までの曲げ、せん断及び軸剛性を考慮しモデル化する。 | <p>上部構造物と基礎の境界</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器底部コンクリートマット並びに、原子炉棟基礎及び付属棟基礎を含む原子炉建屋基礎盤 (シェル要素) と耐震壁 (はり要素) の境界部は、上部構造物の剛性による拘束を考慮するため各耐震壁の脚部に、はり要素を設けるとともに、上部構造物からの曲げ、せん断応力、軸力を節点荷重として考慮。 原子炉本体の基礎及び原子炉格納容器については各節点に節点荷重を考慮。 |
| <p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器底部コンクリートマット並びに、原子炉棟基礎及び付属棟基礎を含む 原子炉建屋基礎盤 : シェル要素 耐震壁 : はり要素 | <p>基礎と地盤の境界</p> <ul style="list-style-type: none"> 基礎と底面地盤との間には、支持地盤を表現するギャップ要素を設け、基礎スラブと底面地盤との間の剥離を考慮している。 <div data-bbox="1478 606 1971 766" data-label="Diagram"> </div> <p>○ギャップ要素</p> <p>引張力が発生した時に浮上りを考慮する。水平剛性及び鉛直剛性は以下の通り設定する。なお、剛性は NS 方向及び EW 方向の剛性の平均値とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 水平剛性 K_{Hi}: 振動アドミ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。 $K_{Hi} = (K_H / A) \times A_i$ A: 基礎の底面積 鉛直剛性 K_{Vi}: 振動アドミ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。 $K_{Vi} = (K_R / I) \times A_i$ I: 基礎の断面二次モーメント |
| <div data-bbox="134 957 1075 1404" data-label="Diagram"> </div> <p>図 1 3次元FEMモデル</p> | <div data-bbox="1635 766 1814 798" data-label="Caption"> <p>図 2 境界条件</p> </div> <div data-bbox="1254 1149 1836 1356" data-label="Diagram"> </div> <p>(a) 水平剛性 (b) 鉛直剛性</p> <p>図 3 ギャップ要素の概念図</p> |

表 2-2 原子炉建屋原子炉棟（屋根トラス）

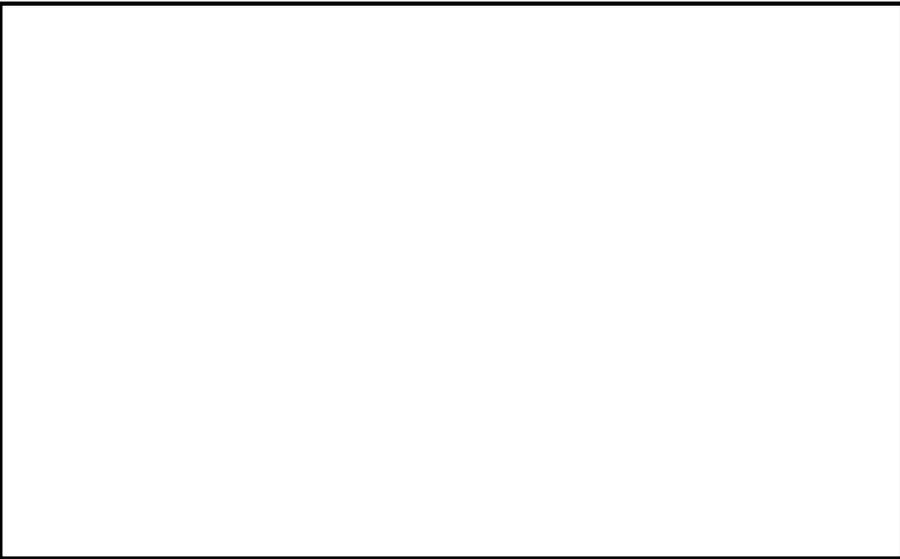
| モデル概要 | 境界条件及び拘束条件 |
|--|---|
| <p>○モデル化範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> EL. 46.5 m より上部の鉄筋コンクリート造及び鉄骨造部分をモデル化。 <p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート部：シェル要素（耐震壁），梁要素（柱・梁）。 鉄骨部：梁要素（主トラス弦材，上弦面つなぎ梁），トラス要素（主トラス斜材・束材，上弦面水平ブレース，母屋）。  | <p>モデル下端の境界</p> <p>○境界条件</p> <ul style="list-style-type: none"> モデル下端の境界条件は，EL. 46.5 m 位置について固定とする。 <p>○荷重の入力方法</p> <ul style="list-style-type: none"> 長期荷重は，全体下向きの重力加速度を作用させることで入力する。 地震荷重は，質点系地震応答解析結果の EL. 46.5 m の質点の応答時刻歴（水平，鉛直，回転：回転中心はモデル中心）を入力する。  |
| <p>図 1 3次元FEMモデル</p> | <p>図 2 境界条件（下方からの見上げ図）</p> |

表 2-3 使用済燃料プール (1/2)

モデル概要

○モデル化範囲

- 原子炉建屋 (R/B) のうち、使用済燃料プール (SFP) と、その周囲 (EL. 33.09m ~EL. 46.5m) をモデル化。
- SFP に作用する周辺構造物からの地震時反力を適切に評価するために、以下の通り、使用済燃料プールと蒸気乾燥器・気水分離機ピット (DSP) (以下、SFP 及び DSP の両方を示す場合は、これを「プール部」という。), 原子炉ウェル, 原子炉格納容器周囲の鉄筋コンクリート製 1 次遮蔽壁 (S/W) の一部, 原子炉棟の外壁 (I/W) 及びプール部周囲の床・壁をモデル化。

【モデル化範囲】

- SFP 北側：SFP 北側に位置する床及び原子炉棟外壁からの反力を適切に考慮するために、SFP 周辺構造物を原子炉棟の外壁 (I/W) 位置までモデル化。
- SFP 東側：SFP 東側に位置する床の拘束効果を適切に評価するために、プール部周囲の床を原子炉棟の外壁 (I/W) 位置までモデル化。
- SFP 南側：SFP 南側に位置する、原子炉ウェル, S/W の一部及び DSP の反力を適切に評価するために、SFP 周辺構造物を外壁 (I/W) 位置までモデル化。
- SFP 西側：SFP 西側に位置する床の拘束効果を適切に評価するために、プール部周囲の床を原子炉棟の外壁 (I/W) 位置までモデル化。

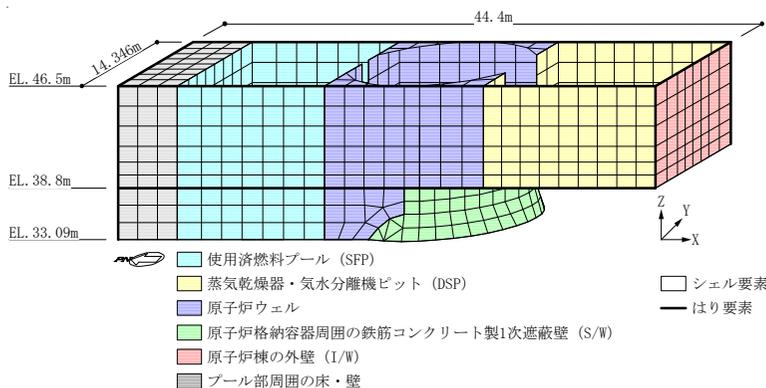


図 1 3次元 EM モデル

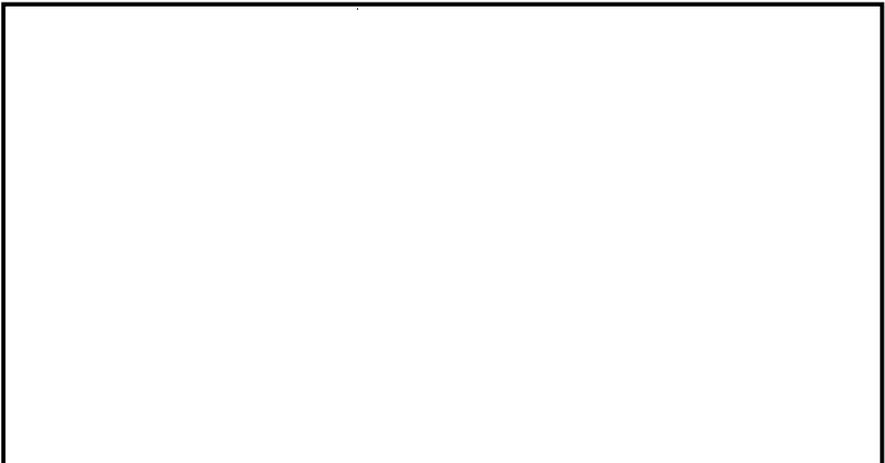


図 2 モデル化範囲 (概略図)

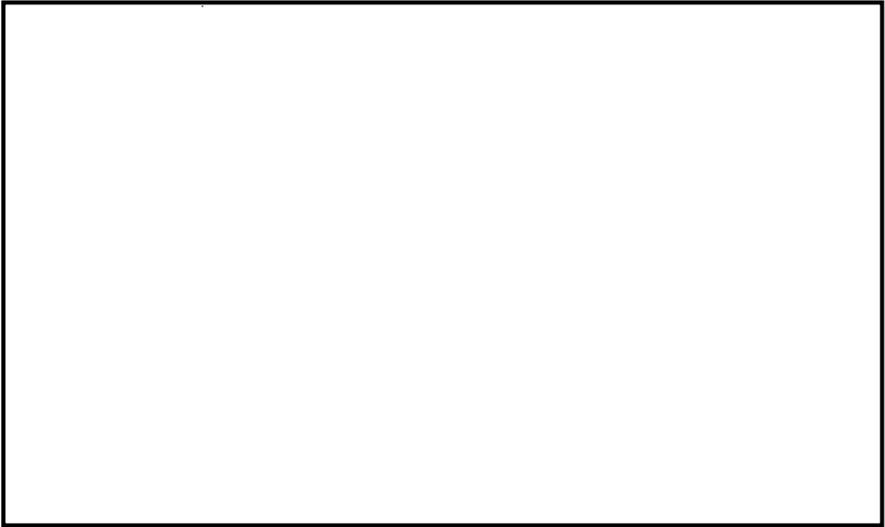


図 3 モデル化範囲 (詳細図)

表 2-3 使用済燃料プール (2/2)

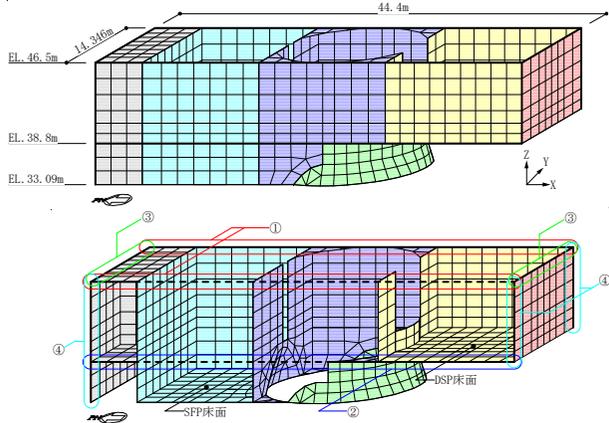
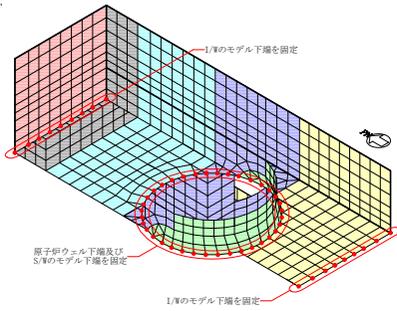
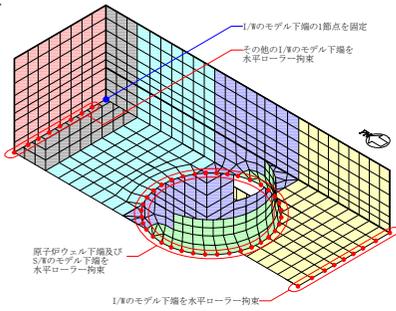
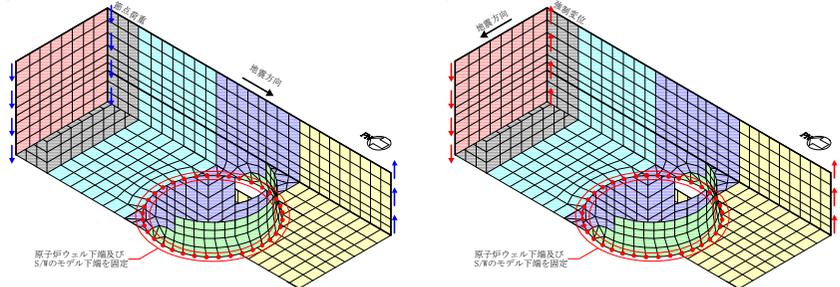
| 境界条件, 拘束条件 | | 固定荷重・動水圧荷重・鉛直地震力 | 温度荷重 |
|--|---|---|---|
| 使用済燃料プールと周辺構造物との境界 | | 固定荷重・動水圧荷重・鉛直地震力 | 温度荷重 |
| <p>・使用済燃料プール (シェル要素) は, 周辺構造物 (シェル要素, はり要素) と境界部で節点を共有しており, 周辺構造物との間で生じる荷重の伝達や建屋の剛性による拘束を考慮している。</p>  <p style="text-align: center;">図 4 モデル境界</p> | | <p>・モデル下端位置は, 原子炉ウェル及び I/W 下端を固定。</p>  <p style="text-align: center;"><モデル図を北西下側から俯瞰></p> | <p>・モデル下端位置は, I/W 下端の 1 節点を固定, 原子炉ウェル及びその他の I/W 下端を水平ローラー拘束。</p>  <p style="text-align: center;"><モデル図を北西下側から俯瞰></p> |
| ① : EL. 46. 5m の床 | ② : EL. 38. 8m の床 | 水平地震力 | |
| <p>・EL. 46. 5m の床の面内剛性 (曲げ剛性, せん断剛性, 軸剛性) を評価した, はり要素をモデル化。</p> <p>・全体座標系の X-Z 平面内の剛性は無視。</p> | <p>・EL. 38. 8m の床の面内剛性 (曲げ剛性, せん断剛性, 軸剛性) を評価した, はり要素をモデル化。</p> <p>・全体座標系の X-Z 平面内の剛性は無視。</p> | <p>・モデル下端位置は, 原子炉ウェル下端を固定。</p> <p>・I/W (側面) 端部に地震方向に応じて, 節点荷重もしくは強制変位を適用。</p> | |
| ③ : I/W (上面) | ④ : I/W (側面) |  <p style="text-align: center;">NS 方向地震時 EW 方向地震時 <モデル図を北西下側から俯瞰></p> | |
| <p>・I/W の面内剛性 (曲げ剛性, せん断剛性, 軸剛性) を評価した, はり要素でモデル化。</p> <p>・全体座標系の X-Z 平面内の剛性は無視。</p> | <p>・I/W の面内剛性 (曲げ剛性, せん断剛性, 軸剛性) を評価した, はり要素でモデル化。</p> <p>・全体座標系の X-Z 平面内の剛性は無視。</p> | | |

表 2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブ及び杭 (1/2)

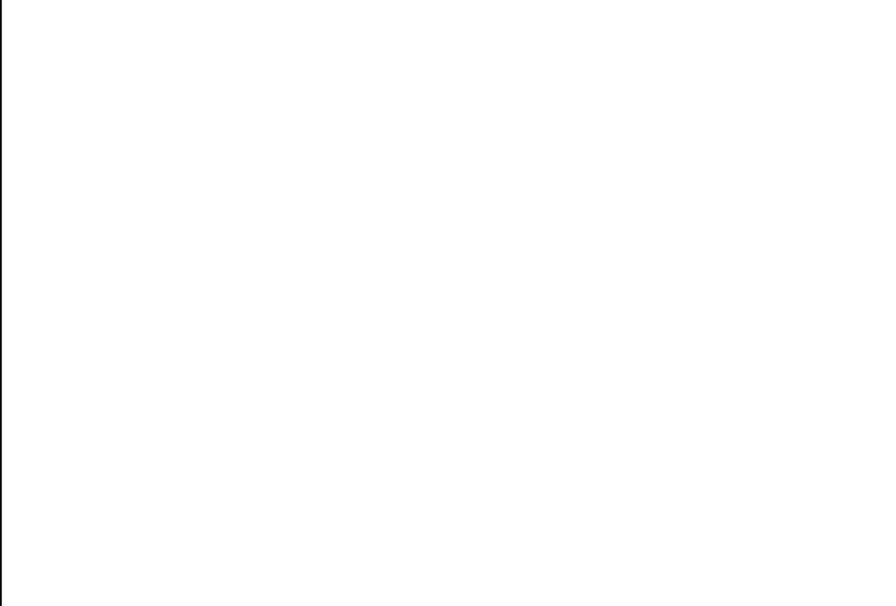
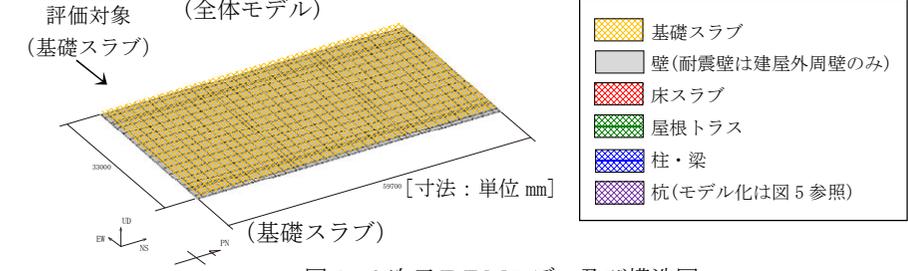
| モデル概要 (3次元FEMモデル) | 境界条件, 拘束条件 |
|--|---|
| <p>○モデル化範囲及び評価対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上部構造物 (EL. 8.30 m～EL. 29.20 m) 及び基礎スラブ (EL. 5.80 m～EL. 8.30 m), 杭及び地盤 (EL. -15.90 m～EL. 5.80 m) ・FEMモデルは基礎スラブを評価対象とする。 (杭応力は図5の弾性支承ばりモデルで評価) <p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> ・梁要素： 柱及び梁(屋根トラスを含む) ※1 ・シェル要素： 基礎スラブ, 床スラブ及び壁 ・ばね要素：杭及び地盤※2 <p>※1：大断面の柱・梁はシェル要素でモデル化 ※2：杭と地盤は薄層要素法による等価ばねを応力解析モデルの基礎スラブ底面のばね要素としてモデル化。(次頁図3を参照)</p> | <p>上部構造物と基礎スラブの境界</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基礎スラブは上部構造物との境界部で節点を共有し, 上部構造物の剛性による拘束を考慮する。但し, 上部構造の壁脚部と基礎スラブの節点位置が異なる部位については, 不連続節点間の自由度を結合し一体化している。図2に上部構造と基礎スラブの境界及び拘束条件を示す。 ・基礎スラブは既工認と同じ要素分割とし, 各杭の配置を反映。(次頁図4参照) ・上部構造物の要素分割は1スパンを4分割して既工認モデルから細分化。 |
|  <p>(A-A 断面図)</p>  <p>(平面図 : EL. 8.30 m)</p> |  <p>多点拘束: 壁の節点 A (■) の変位は基礎スラブの節点①②③④の変位に基づき補間される。</p> <p>■ : 基礎スラブの節点 ■ : 壁の節点 (多点拘束の節点)</p> |
|  <p>評価対象 (全体モデル) (基礎スラブ)</p> <p>33000 59700 [寸法: 単位 mm]</p> <p>E N U E N U</p> <p>図 1 3次元FEMモデル及び構造図</p> | <p>図 2 基礎スラブと上部構造物の境界及び拘束条件</p> |

表 2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎スラブ及び杭 (2/2)

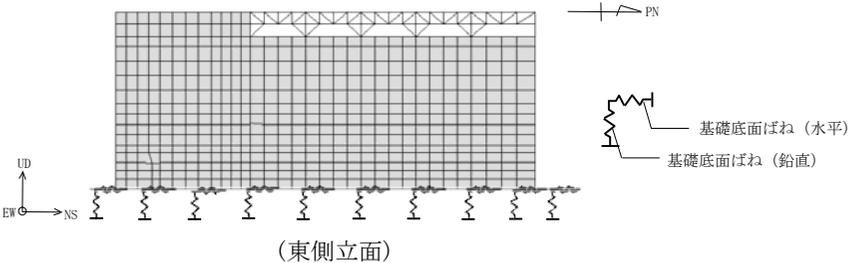
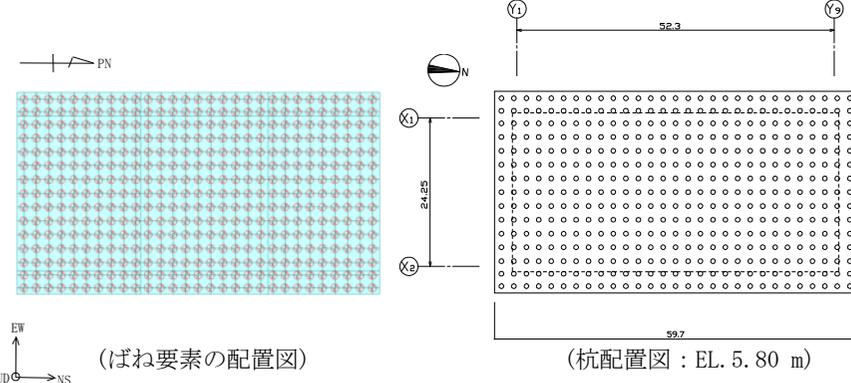
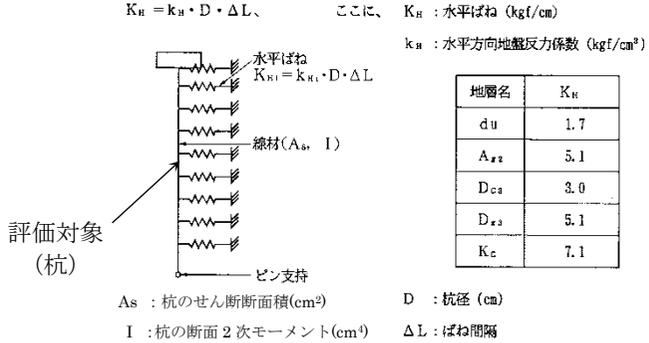
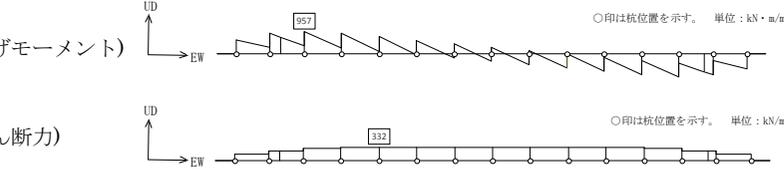
| 境界条件・拘束条件 | モデル概要 (弾性支承ばりモデル) | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-------|----|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|----------------|-----|
| <p>基礎スラブと地盤との境界</p> <ul style="list-style-type: none"> 基礎スラブ底面の杭-地盤ばね(図3参照) 水平ばね：薄層要素法^{※3}による水平ばねを離散化 鉛直ばね：水平加力時は薄層要素法^{※3}による回転ばねを離散化 常時及び鉛直加力時は薄層要素法^{※3}による鉛直ばねを離散化 <p>※3：薄層要素法 杭-地盤系の相互作用を評価するため三次元薄層要素法(杭及び半無限地盤を水平な薄層に分割し、杭の点加振より得られるインピーダンスを算定)により地震応答解析モデルにおける基礎スラブ底面の動的地盤ばねを評価</p> <ul style="list-style-type: none"> 上記の底面地盤ばね(3方向)は各杭の位置に設置する。  <p>(東側立面)</p> <p>図3 基礎スラブ底面の杭</p>  <p>(ばね要素の配置図)</p> <p>(杭配置図：EL. 5.80 m)</p> <p>図4 ばね要素の配置図及び杭配置図(鋼管杭 435 本)</p> | <p>杭と杭周地盤ばね(水平地盤ばね)</p> <p>○モデル化範囲及び評価対象</p> <ul style="list-style-type: none"> 杭と杭周の地盤(EL. -15.90 m~EL. 5.80 m) 弾性支承ばりモデルでは杭を評価対象とし、地震時水平加力及び地盤震動による杭応力(せん断力と曲げモーメント^{※4})を評価。 <p>※4：杭頭に生じる曲げモーメントは、杭頭曲げ戻し反力として、基礎スラブ側の応力に別途加算し、基礎スラブの断面検定に反映する。(図6参照)</p> <p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> はり要素：杭 ばね要素：杭周の地盤 <p>○境界条件及び拘束条件</p> <ul style="list-style-type: none"> 杭頭固定(回転自由度拘束) - 杭先端ピン(水平自由度拘束)条件 水平ばね(水平地盤反力係数 k_H は杭の水平載荷試験結果に基づき設定) <p>$K_H = k_H \cdot D \cdot \Delta L$、ここに、$K_H$：水平ばね(kgf/cm) k_H：水平方向地盤反力係数(kgf/cm³)</p>  <table border="1" data-bbox="1579 829 1758 1029"> <thead> <tr> <th>地層名</th> <th>K_H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>du</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>A_{rz}</td> <td>5.1</td> </tr> <tr> <td>D_{ca}</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>D_{ra}</td> <td>5.1</td> </tr> <tr> <td>K_c</td> <td>7.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>As：杭のせん断断面積(cm²) D：杭径(cm) I：杭の断面2次モーメント(cm⁴) ΔL：ばね間隔</p> <p>図5 弾性支承ばりモデル図</p>  <p>(曲げモーメント)</p> <p>(せん断力)</p> <p>○印は杭位置を示す。単位：kN・m/m</p> <p>○印は杭位置を示す。単位：kN/m</p> <p>(各杭位置○に、図5に示すモデルで求めた杭頭曲げモーメントを載荷した時の基礎スラブ応力を示す。)</p> <p>図6 杭頭曲げ戻し反力による基礎スラブの付加応力(EW方向地震時)</p> | 地層名 | K_H | du | 1.7 | A _{rz} | 5.1 | D _{ca} | 3.0 | D _{ra} | 5.1 | K _c | 7.1 |
| 地層名 | K_H | | | | | | | | | | | | |
| du | 1.7 | | | | | | | | | | | | |
| A _{rz} | 5.1 | | | | | | | | | | | | |
| D _{ca} | 3.0 | | | | | | | | | | | | |
| D _{ra} | 5.1 | | | | | | | | | | | | |
| K _c | 7.1 | | | | | | | | | | | | |

表 2-5 緊急時対策所建屋の基礎スラブ及び杭 (1/2)

| モデル概要 (FEMモデル) | 境界条件, 拘束条件 |
|---|---|
| <p>○モデル化範囲及び評価対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 上部構造物 (EL. 23.30 m~EL. 43.50 m) ・ 基礎スラブ (EL. 20.80 m~EL. 23.30 m) ・ 杭及び地盤 (EL. -20.00 m~EL. 20.80 m) ・ 基礎スラブを評価対象とする。 (杭応力は図 4 の弾性支承ばりモデルで評価) <p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震壁：梁要素 ・ 基礎スラブ：シェル要素 ・ 杭及び地盤^{※1}：ばね要素 <p>※1: 杭と地盤は薄層要素法による等価ばねを応力解析モデルの基礎スラブ底面のばね要素としてモデル化。(図 2 を参照)</p> | <p>上部構造物と基礎スラブの境界</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎スラブ (シェル要素) と耐震壁 (はり要素) の境界部で節点を共有し, 上部構造物の剛性による拘束を考慮するため各耐震壁の脚部にはり要素を設けるとともに, 上部構造物からの曲げ, せん断力, 軸力を節点荷重として考慮する。 |
| <p>図 1 FEMモデル及び構造図</p> | <p>基礎スラブと地盤との境界</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎スラブ底面の杭-地盤ばね (図 2 参照) 水平ばね：薄層要素法による水平ばねを離散化 鉛直ばね：水平加力時は薄層要素法による回転ばねを離散化 常時及び鉛直加力時は薄層要素法による鉛直ばねを離散化 ・ 上記の底面地盤ばね (3 方向) は各杭の位置に設置する。 <p>図 2 境界条件の概念図</p> <p>各杭位置に設置される底面地盤ばね (3 方向)</p> <p>○: 鋼管コンクリート杭</p> <p>(a) FEMモデルにおけるばね要素の配置</p> <p>(b) 杭配置図</p> <p>図 3 ばね要素の配置図及び杭配置図 (鋼管コンクリート杭 88 本)</p> |

表 2-5 緊急時対策所建屋の基礎スラブ及び杭 (2/2)

モデル概要 (弾性支承ばりモデル)

杭と杭周地盤ばね(水平地盤ばね)

○モデル化範囲及び評価対象

- ・杭と杭周の地盤(EL. -20.00 m~EL. 20.80 m)
- ・弾性支承ばりモデルでは杭を評価対象とし、建屋からの水平力及び地盤変位による杭応力(せん断力と曲げモーメント^{※2})を評価。

※2: 杭頭に生じる曲げモーメントは、杭頭曲げ戻し反力として、基礎スラブの応力解析に節点荷重として考慮する。

○使用要素

- ・杭: 梁要素
- ・杭周の地盤: ばね要素

○境界条件及び拘束条件

- ・杭頭固定(回転自由度拘束) - 杭先端ピン(水平自由度拘束)条件
- ・水平ばね(水平地盤反力係数 k_H は「日本建築学会: 建築基礎構造設計指針(2001)」に基づき算定し、表1の通り設定する。)

表 1 水平地盤反力係数 (工認基本モデル)

| 標高 EL. (m) | 地層名 | 水平地盤反力係数 k_h (kN/m ³) |
|---------------|------------|--|
| 20.8 ~ 19.0 | 改良体(fs) | 4.70×10^7 |
| 19.0 ~ 15.3 | 改良体(du) | 4.70×10^7 |
| 15.3 ~ 13.6 | 改良体(D2c-3) | 4.70×10^7 |
| 13.6 ~ 7.2 | D2g-3 | 6.66×10^4 |
| 7.2 ~ 1.0 | D2c-3 | 3.23×10^4 |
| 1.0 ~ -5.5 | D2s-3 | 8.62×10^4 |
| -5.5 ~ -15.2 | D2g-3 | 1.80×10^5 |
| -15.2 ~ -20.0 | Km | 1.09×10^5 |

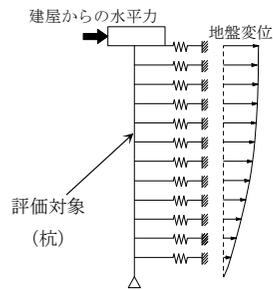


図 4 弾性支承梁の概念図

表 2-6 格納容器圧力逃がし装置格納槽(1/2)

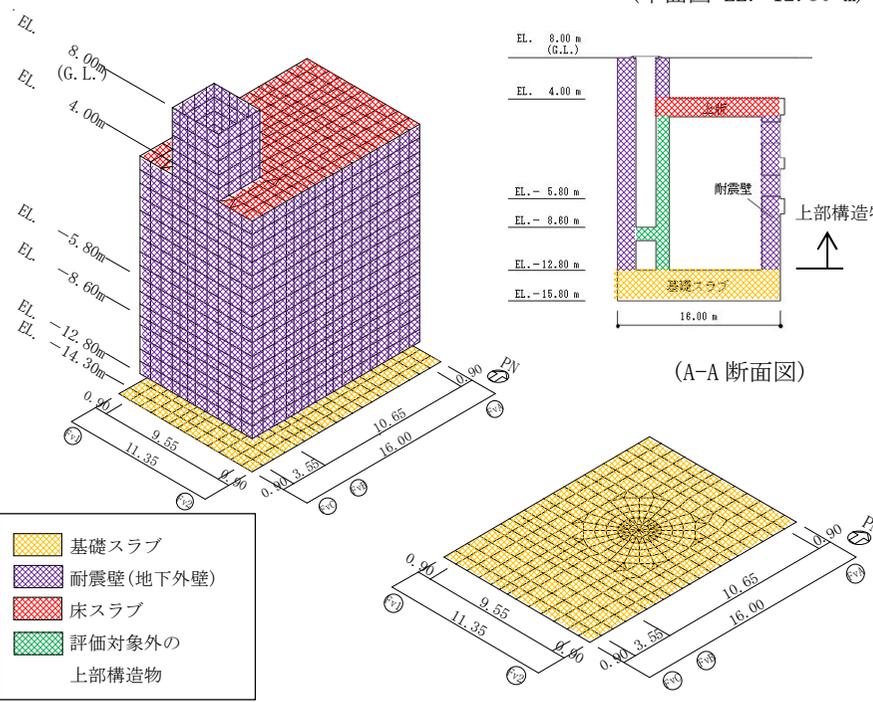
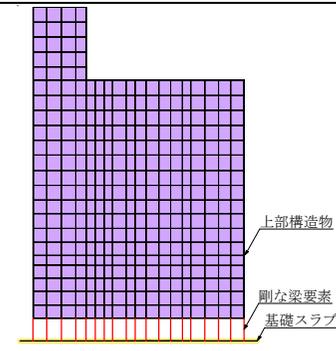
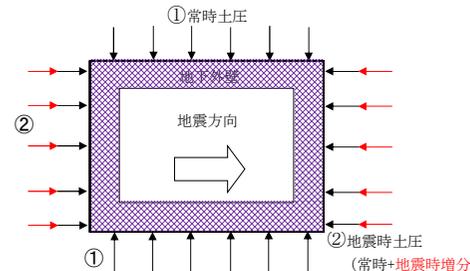
| モデル概要 | 境界条件, 拘束条件 |
|--|---|
| <p>○モデル化範囲及び評価対象</p> <ul style="list-style-type: none"> 上部構造物 (EL. -12.80 m~EL. 8.00 m) 及び基礎スラブ (EL. -15.80m~EL. -12.80 m) FEM モデルは基礎スラブ, 耐震壁 (地下外壁) 及び上版を評価対象とする。 <p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> シェル要素: 基礎スラブ, 耐震壁及び上版  <p>図 1 3次元FEM解析モデル</p> | <p>上部構造物と基礎スラブの境界</p> <ul style="list-style-type: none"> 上部構造物と基礎スラブの境界については, 上部構造物からのせん断力, 曲げモーメント及び軸力を基礎部に適切に伝達できるように剛な梁要素を設ける。 <p>剛な梁要素: せん断, 曲げ及び軸剛性を無限大とした要素</p>  <p>図 2 剛な梁要素概要</p> |
| <p>地下外壁と側面地盤の境界</p> <ul style="list-style-type: none"> 地下外壁と側面地盤との境界の影響として土圧を考慮する。土圧は常時土圧及び地震時増分土圧を以下の通り考慮する。 <p>常時土圧 : 地下外壁全方位に入力</p> <p>地震時増分土圧 : 地震方向の正負両方向に入力</p>  <p>図 3 NS 方向地震時土圧概要 (平面図)</p> | |

表 2-6 格納容器圧力逃がし装置格納槽(1/2)

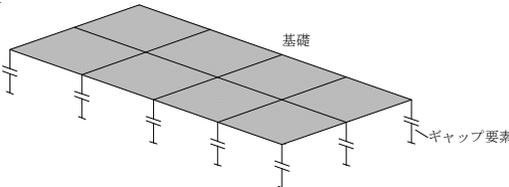
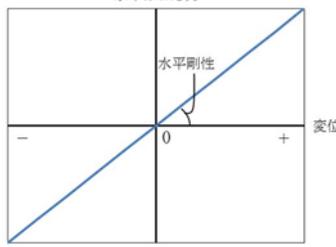
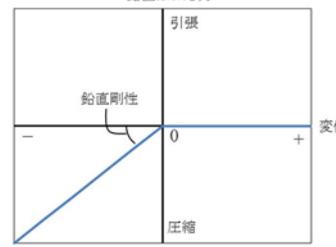
| 境界条件, 拘束条件 | |
|--|---|
| 基礎スラブと底面地盤の境界 | |
| <ul style="list-style-type: none"> 基礎スラブと底面地盤との間には、ギャップ要素を設け、基礎スラブと底面地盤との間の剥離を考慮している。 |  <p>基礎</p> <p>ギャップ要素</p> |
| 図 4 境界条件の概念図 | |
| <ul style="list-style-type: none"> ギャップ要素 引張力が発生した時に浮上りを考慮する。水平剛性及び鉛直剛性は以下の通り設定する。なお、剛性はNS方向及びEW方向の剛性の平均値とする。 | |
| <p>水平剛性 K_{Hi} : 地震応答解析モデルにより算出したインピーダンスの実部を用いて水平地盤ばね K_H を作成。それを節点支配面積 A_i により離散化。</p> $K_{Hi} = (K_H / A) \times A_i$ <p>A : 基礎スラブの断面積</p> | |
| <p>鉛直剛性 K_{Vi} : 地震応答解析モデルにより算出したインピーダンスの実部を用いて回転地盤ばね K_R を作成。それを鉛直ばねとして節点支配面積 A_i により離散化。</p> $K_{Vi} = (K_R / I) \times A_i$ <p>I : 基礎スラブの断面二次モーメント</p> | |
| <p>水平ばね応力</p>  <p>水平剛性</p> <p>変位</p> | <p>鉛直ばね応力</p>  <p>引張</p> <p>鉛直剛性</p> <p>変位</p> <p>圧縮</p> |
| (a) 水平剛性 | (b) 鉛直剛性 |
| 図 5 ギャップ要素の概念図 | |

表 2-7 主排気筒（上部構造物）

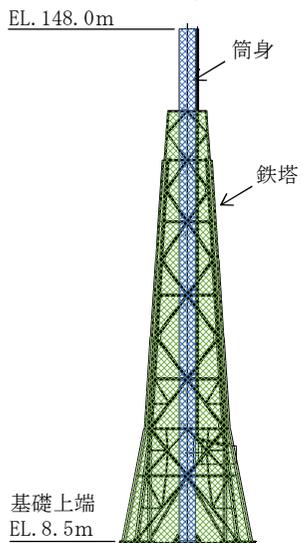
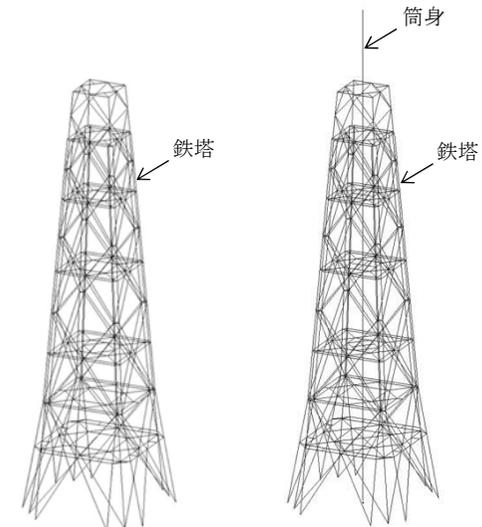
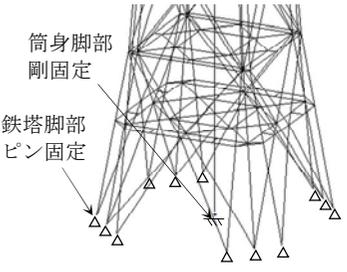
| モデル概要 | 境界条件, 拘束条件 |
|--|---|
| <p>○モデル化範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基礎上端より上部の筒身, 鉄塔 (EL. 8.5m~EL. 148.0m) の範囲 <p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> ・梁要素: 筒身, 鉄塔 (支柱材, 斜材, 水平材, 補助支柱材, 補助斜材, 補助水平材) <p><解析モデルの使い分け></p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震荷重: 2軸の質点系モデル (応力伝達考慮) による応答解析により鉄塔と筒身に掛かる荷重を分離して出力するため, 鉄塔のみのモデルを使用 ・風荷重: 鉄塔-筒身間の応力伝達を評価するため, 鉄塔及び筒身を表現したモデルを使用  <p>図 1 モデル化範囲</p>  <p>図 2 解析モデル</p> | <p>上部構造物と基礎の境界</p> <p>○境界条件及び拘束条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・筒身脚部と基礎の境界は, $\phi 4m$ の構造体が接地しているため剛固定 (移動, 回転とも拘束) ・鉄塔脚部と基礎の境界は, 高力ボルト接合のためピン接合 ・支柱材同士, 補助支柱材同士, 筒身同士については, 溶接もしくはフランジ接合のため剛接合 ・その他部材同士については, 高力ボルト接合のためピン接合  <p>図 3 境界条件</p> <p>○荷重の入力方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長期荷重は, 排気筒頂部, 支柱材, 補強支柱材の支持平面レベルに質点荷重として入力 ・地震荷重 (鉄塔) は, 地震応答解析により得られた最大応答 (曲げモーメント, せん断力) に対し, 等価な曲げモーメント及びせん断力分布となる水平荷重及びモーメントを算出し, これを地震荷重として, 鉄塔のみの解析モデルに入力 ・地震荷重 (筒身) は, 連続梁とみなせるため, 地震応答解析により得られた最大応答 (曲げモーメント, せん断力) を断面力として使用 ・風荷重は, 鉄塔-筒身間の応力伝達を評価するため, 鉄塔及び筒身を表現した解析モデルに入力 ・地震荷重及び風荷重は, 筒身頂部及び各支持平面の 4 隅に均等に入力 |

表 2-8 主排気筒（基礎梁）

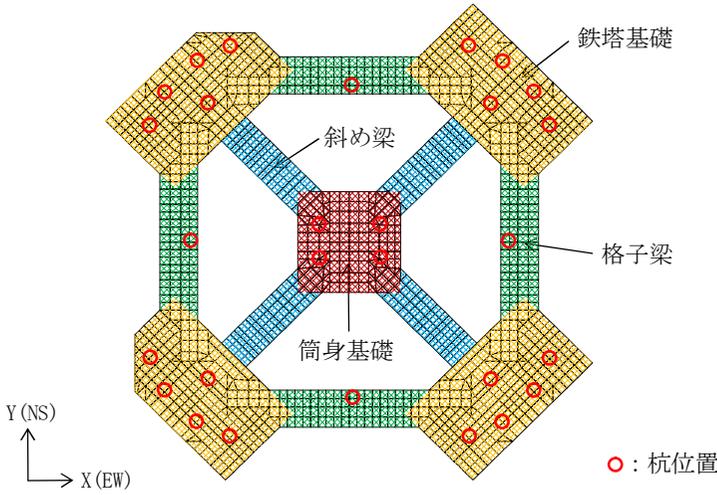
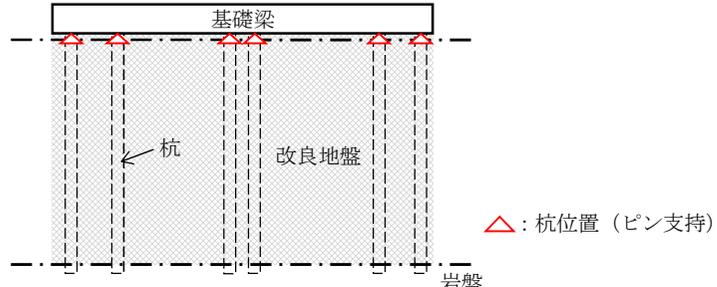
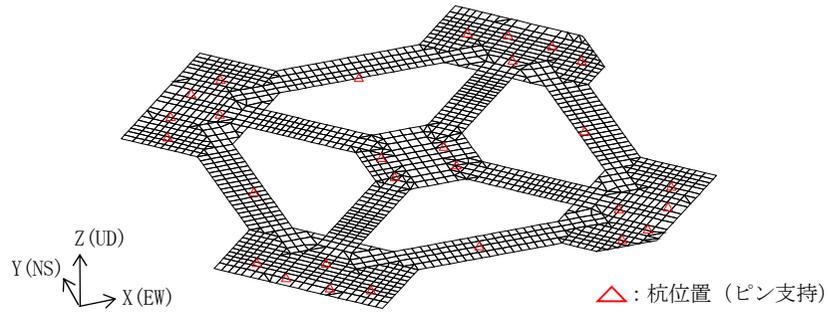
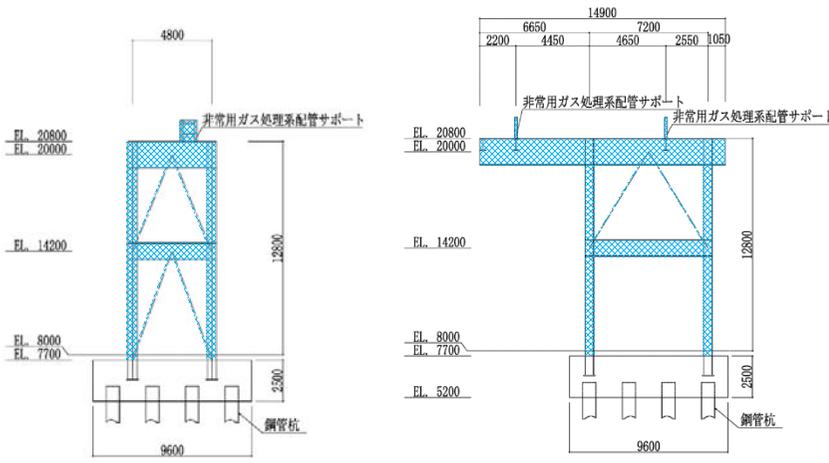
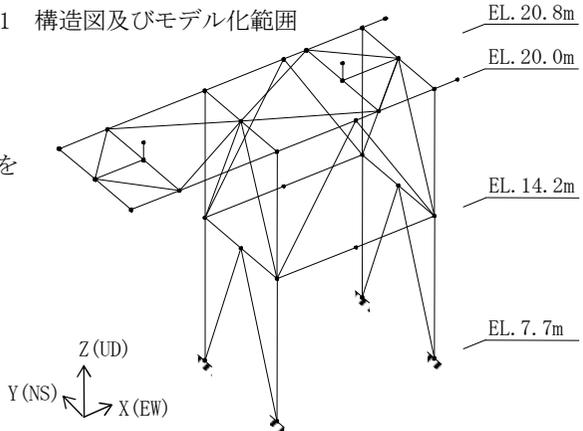
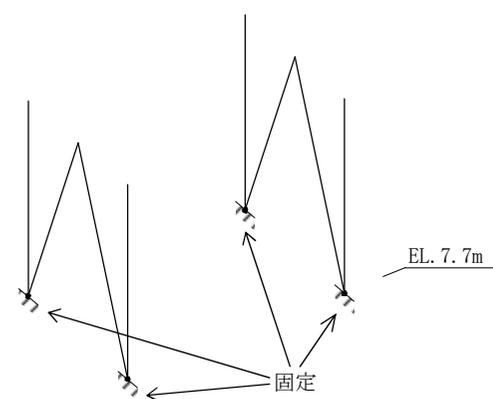
| モデル化概要 | 境界条件，拘束条件 |
|---|--|
| <p>○モデル化範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> 解析モデルの範囲は基礎梁全体とする。基礎梁としてモデル化する部材は筒身基礎，鉄塔基礎，格子梁，斜め梁とする。 基礎梁は，杭位置で支持された厚さ 4.0m (EL. 4.5m～EL. 8.5m) の一枚の版として有限要素法により解析する。 要素は四角形及び三角形とする。要素分割は，要素の一片の長さが 1.0m 程度以下となるようにし，格子梁，斜め梁については梁幅を 4 分割する。 <p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> シェル要素：基礎梁（筒身基礎，鉄塔基礎，格子梁，斜め梁）  <p>図 1 3次元FEMモデル</p> | <p>境界条件，拘束条件</p> <p>基礎梁と杭の境界</p> <p>○境界条件</p> <ul style="list-style-type: none"> 基礎梁と杭の境界条件は，全ての杭の位置にてピン支持とする。基礎梁と地盤との境界条件は設定しない。  <p>図 2 側面から見た解析モデルの支持状況の概念図</p>  <p>図 3 境界条件</p> <p>○荷重の入力方法</p> <ul style="list-style-type: none"> 基礎梁への上部構造物からの荷重は，筒身及び鉄塔からの曲げ，せん断応力，軸力を節点荷重として考慮する。 基礎梁への杭からの荷重は，付加軸力，付加曲げ，付加せん断力を節点荷重として考慮する。 |

表 2-9 非常用ガス処理系配管支持架構

| モデル化概要 | 境界条件, 拘束条件 |
|--|---|
| <p>○モデル化範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> ・架構の柱脚 (EL. +7.7m) より上部の柱, 梁, ブレースをモデル化する。  <p>図 1 構造図及びモデル化範囲</p> <p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> ・梁要素：柱, 梁 (曲げ, せん断及び軸力を考慮) ・ロッド要素：ブレース (軸力のみ考慮)  <p>図 2 3次元FEMモデル</p> | <p>境界条件, 拘束条件</p> <p>上部構造物と基礎の境界</p> <p>○境界条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上部構造物と基礎との境界は, 柱脚位置にて固定とする。 ・柱と梁は剛接合とする。ブレースの両端はピン接合とする。  <p>図 3 境界条件</p> <p>○荷重の入力方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉛直方向の固定荷重は, 線分布荷重又は集中荷重により評価する。 ・地震荷重及び風荷重は, 基礎下端から最上部までの柱と梁等の交点の節点に集中荷重として入力する。 |