

VI-12

東通原子力発電所第1号機 排気筒基礎の設計概要

東北電力株式会社 正会員 ○ 山口和英  
 東北電力株式会社 正会員 安田 悟  
 東北電力株式会社 辨野 裕  
 （現 財団法人政策科学研究所 出向中）

1. はじめに

本報告は、東通原子力発電所第1号機排気筒基礎の耐震設計概要について、地震応答解析および部材設計用断面力算定に主眼をおいて述べるものである。

2. 排気筒基礎の構造概要

本排気筒基礎は、図1に示すような八角形のフーチングと中空の柱およびダクトからなる鉄筋コンクリート造の基礎で、GL-17.5 mの岩盤上に構築された後、工事発生土により埋戻される。

基礎上に据付けられる排気筒は、基部内径 8.0 m、頂部内径 3.0 m、高さ GL+111 mの鋼製自立形の排気筒（自重約 530 t）である。

3. 耐震設計方針

排気筒基礎は、排気筒からの荷重等に対して、躯体を構成する鉄筋およびコンクリートに発生する応力度が許容応力度以下になるように耐震設計を行った。

なお、地震応答解析にあたっては、安全側の設計となるように、周辺地盤の埋込効果を評価した場合と敢えて無視した場合について解析を実施し、断面算定は、これらの結果を包絡するように行った。

排気筒は、非常用ガス処理系の配管を兼ねることから耐震重要度Aクラスの主要設備として基準地震動 $S_1$ に基づく動的地震力（最大加速度 230gal の模擬地震波）と層せん断係数  $3.0C_i$  ( $K_h = 0.42$ )による静的地震力を考慮した。この他に、建設省告示に定められる塔状構造物の静的地震力と風荷重、建築物荷重指針（日本建築学会）に定められる風荷重を考慮している。

4. 排気筒基礎の設計フロー

設計フローを図2に示す。

5. 地震応答解析

(1) 埋込み効果を評価するための解析

本排気筒基礎のような基礎部が地中に埋込まれている構造物の地震応答を精度良く模擬するためには、埋戻土の拘束効果を適切にモデル化することが重要である。

ここでは、解析対象が軸対称に近い構造であること、表層地盤が成層構造に近いことから、軸対称FEMモデルを採用した。このモデルは、排気筒基礎および地盤を等価な剛性を有する平面ひずみ要素に、排気筒を曲げ・せん断変形する質点にモデル化したものである。軸対称FEMモデルを図3に示す。

(2) 埋込み効果を敢えて無視した解析

埋込み効果を敢えて無視する場合の解析手法としては、モデル化の簡便性からスウェイ・ロッキングモデル

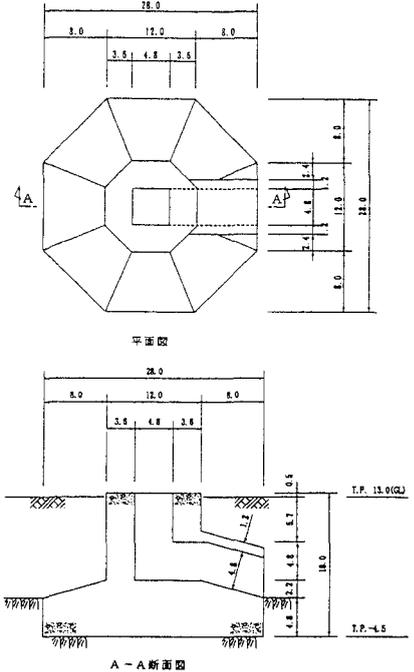


図1 排気筒基礎構造概要図(単位:m)

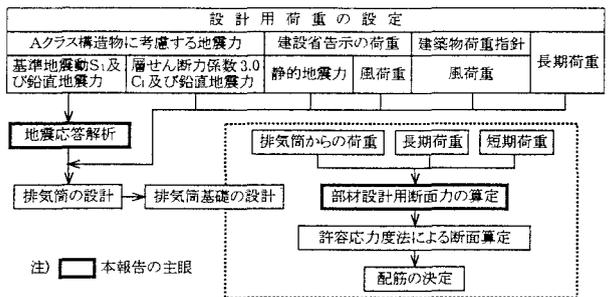


図2 排気筒基礎の設計フロー

(SRモデル)を採用した。

このモデルは、排気筒基礎および排気筒を曲げ・せん断変形する質点でモデル化し、地盤を3次元波動論に基づく水平ばねと回転ばねでモデル化したものである。

(3) 解析結果の検討

解析結果の一例を図4に示す。

この図より、SRモデルから算定される応答値は、軸対象FEMモデルから算定される応答値より大きくなっているが、その差は小さいことが読み取れる。

これは、本排気筒基礎自体の剛性が高いことに加えて、図1に示すようにフーチング部が岩盤に根入れされていることから、埋戻土の影響が相対的に小さくなったものと考えられる。

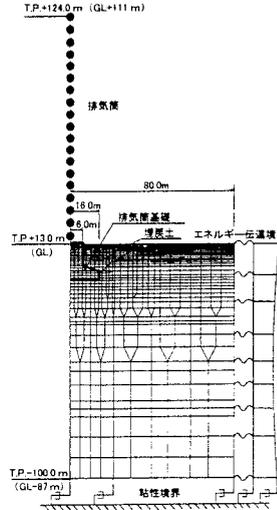


図3 軸対象FEMモデル

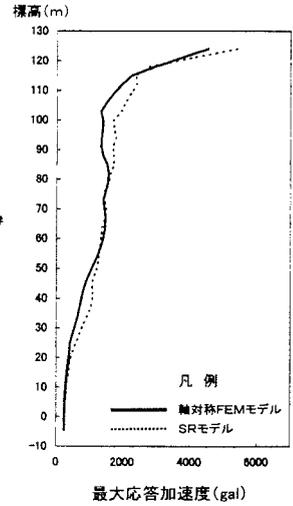


図4 解析結果の比較

6. 部材設計用断面力の算定方法

(1) 解析モデル

排気筒基礎は、フーチング部と柱部およびダクト部から構成されるため、これら部材間の相互の影響(荷重の伝達や変形の拘束等)を適切に評価する必要があることから、各部材をシェル要素でモデル化した3次元静的FEM解析により部材設計用断面力を算定した。

モデル化にあたっては、フーチングの部材厚が厚いため、フーチング部、柱部およびダクト部を一体でモデル化する場合には、フーチング内にあたる剛性の高い領域を適切にモデル化しないと発生断面力を正確に評価できないことが懸念されたことから、図5に示すように、柱・ダクト部とフーチング部を別モデルとした。

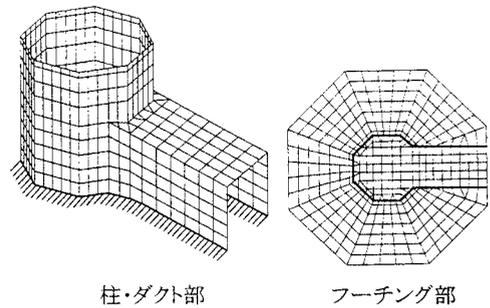


図5 3次元静的FEMモデル

なお、フーチング要素には基礎岩盤を表す鉛直方向および水平方向の地盤ばねを付加している。

(2) 解析結果の検討

解析結果の例として、柱・ダクト部の変形図を図6に、フーチング部の鉛直変位コンター図を図7に示す。

図6からは、柱部の変形がダクト部に拘束されている状況が読み取れる。

また、図7からは、フーチングに生じる変形を柱部およびダクト部が拘束している状況が読み取れる。

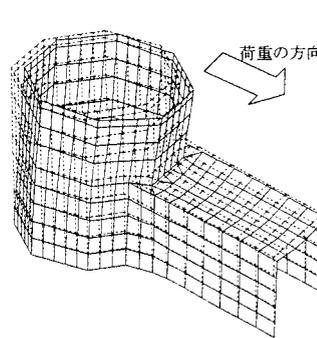


図7 柱・ダクト部変形図

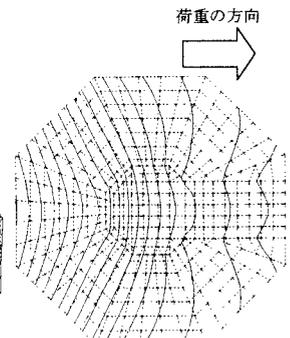


図8 フーチング部鉛直変位コンター図

7. あとがき

本排気筒基礎のように構造が複雑で、部材厚の厚い構造物の設計用断面力を算定する場合に、モデル化に伴う誤差を小さくする方法、例えば、剛域の設定方法等の確立が必要であると思われる。