

新仙台火力発電所排熱回収ボイラ基礎における地盤ばねの合理的設定による設計の合理化

東北電力株式会社 正会員 ○佐藤 唯, 斉藤 知秀
 鹿島建設株式会社 正会員 市田 賢, 武地 真一

1. はじめに

東北電力(株)新仙台火力発電所では、環境負荷低減と価格競争力の確保を目的に、老朽化した既設1, 2号機を廃止し、新たにLNGを燃料とした発電効率の高いコンバインドサイクル方式である3号系列の発電設備にリプレースする工事を実施中である。このうち、排熱回収ボイラ(以下、「HRSG」という。)については、その上部に地上高さ100mの煙突・支持鉄骨を有する煙突直上型であり、建築基準法上、国土交通大臣の認定が必要な工作物に該当する。本稿では、HRSGの基礎設計の概要と、動的解析において実施した地盤ばねの合理的設定に基づく基礎設計の合理化について報告する。

2. HRSG基礎の設備概要

HRSG基礎の構造諸元を表-1に、全体パースを図-1に示す。

表-1 HRSG基礎 構造諸元(1基当り)

基礎寸法	59.45m(NS方向)×41.20m(EW方向)
杭本数	198本
杭長	16.0m~23.0m
杭仕様	鋼管杭φ800, SKK490, t=18~19mm(上杭), t=13mm(下杭)
杭の施工方法	埋込工法
基礎スラブ厚	2.50m~5.95m
基礎スラブ配筋	D32~D41(SD345, SD390), 基本ピッチ150mm, 段数1~2段

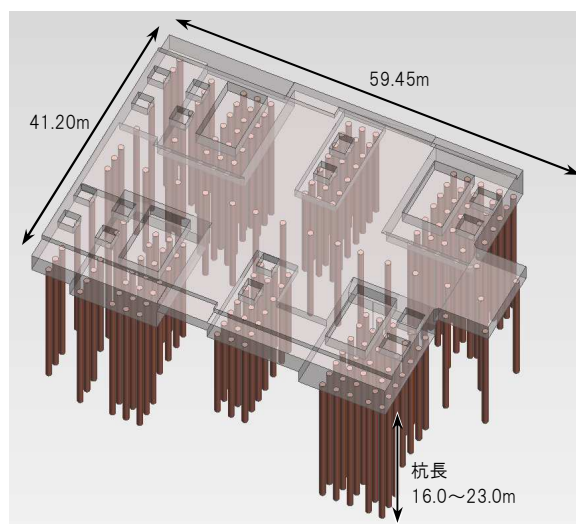


図-1 HRSG基礎 全体パース

3. 耐震設計手法

(1) 設計概要

HRSG基礎の設計フローを図-2に示す。本設計では、基礎に作用する様々な上部構造荷重を設計に反映し、かつ基礎各部の応力状態を詳細に把握して合理的な部材設計を行うために3次元FEMモデルを採用した。

また、本工作物は建築基準法に基づき、レベル2地震に対する動的解析(時刻歴応答解析)を実施し、得られた解析結果を基礎設計や上部構造の設計に反映させた。

(2) 静的解析(3次元FEM解析)

3次元FEM解析は、基礎スラブをシェル要素、杭をばね要素としたモデルにより解析を行った。モデル1(図-3右図)は、1本の杭を杭頭における非線形杭ばねとしてモデル化することを目的としている。杭体は線形ビーム要素(弾性設計)、地盤ばねは非線形ばね要素とし、プッシュ

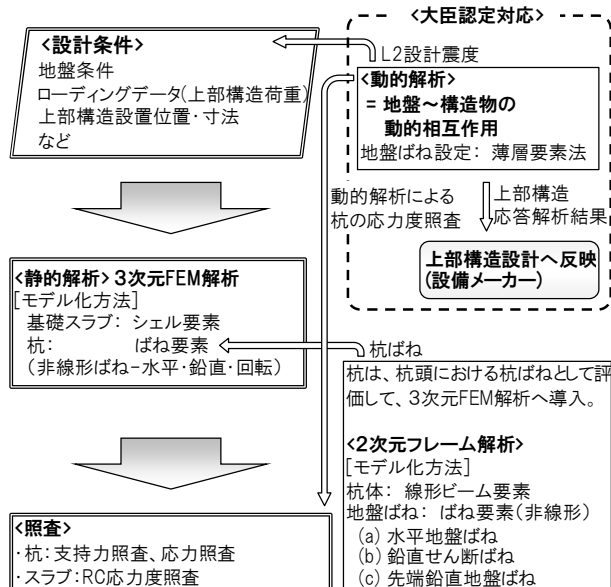


図-2 設計フロー

キーワード 火力発電所, 杭基礎, 3次元FEM, 動的相互作用, 地盤ばね

連絡先 〒985-0901 宮城県仙台市宮城野区港五丁目2番1号 TEL 022-362-5062

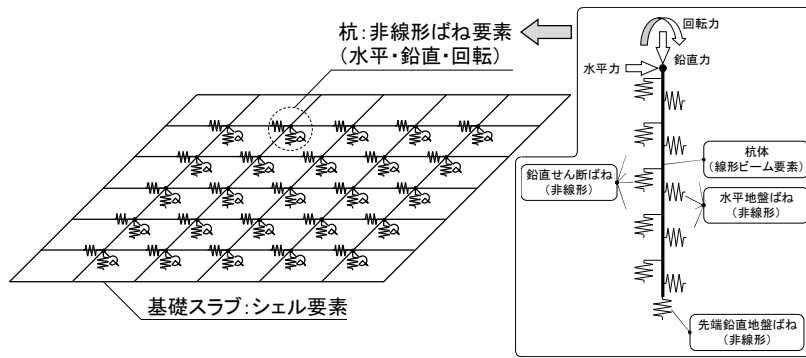


図-3 解析モデル概念図(左: モデル2、右: モデル1)

オーバー解析により杭頭における非線形のばね値を求めた。モデル2(図-3左図)では、杭はモデル1で求めた杭ばねを非線形ばね要素として反映し、基礎スラブをシェル要素として、モデル化した。

(3) 動的解析(地盤～構造物の動的相互作用)

上記、静的解析に加え、基礎固定モデル(上部構造下端の回転を完全拘束したモデル)および相互作用モデル(地盤～構造物の動的相互作用を考慮したモデル)による動的解析を実施し、上部構造の応答値を地震荷重として、基礎設計に反映した。上部構造は、主要な階で多質点に分割して、等価な曲げ剛性(EI)とせん断剛性(GA)および質量を各階で設定した等価曲げせん断型モデルによりモデル化した(図-4)。また、基礎スラブ・杭と地盤の相互関係については、3次元薄層法により、杭と地盤を結ぶ相互作用ばね(杭周地盤ばね)および基礎底面の回転ばねを設定することにより考慮した。

4. 動的解析における地盤ばねの合理的設定

相互作用モデルに用いる地盤ばねは周波数依存性を有しており、保守的な評価として0Hz(静的近傍のばね)での地盤ばね値を設定するのが一般的である。しかし、安全側の設計となる半面、上部構造の応答が大きくなり、上部構造部材の剛性増大に伴う鋼材重量の増加および基礎に作用する荷重増加により、過大設計となることが懸念された。

そこで本設計では、構造物の卓越周期に対応する2Hzでの地盤ばねに着目し、2Hz相当の地盤ばねを解析に用いることにより、上部構造の応答軽減を試みた。構造物の卓越周期に対応する地盤ばねを用いることについては、構造物の動的特性を反映した合理的方法であるが、地盤ばね値の設定は、設計に与える影響が大きいことから、その妥当性を確認するため、付加質量を考慮した地盤ばねを用いた手法¹⁾による検証を行った。その結果、付加質量を考慮した地盤ばね(薄層要素法(図-5)により評価)を用いた場合の応答値と2Hzのばね値を用いた場合の応答値は概ね対応し、妥当性を確認した。設計については、基礎固定モデルと相互作用モデルの双方を反映する必要があることから、基礎固定モデルが設計のクリティカル条件となり、従来の0Hzでの地盤ばね値を用いた場合に比べ、応答の断面力を抑制した合理的な部材設定を行うことができた(図-6)。

5. おわりに

これらの設計手法および解析結果については建築基準法に基づく性能評価委員会においても承認を得ており、動的解析における地盤ばねの合理的設定により、上部構造部材の重量増加を抑えるとともに、基礎に作用する応答値を低減することにより合理的な設計を可能とした。

《参考文献》 1) 入門・建築と地盤との動的相互作用、日本建築学会

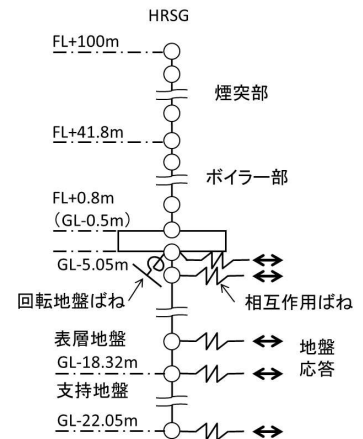


図-4 相互作用モデル

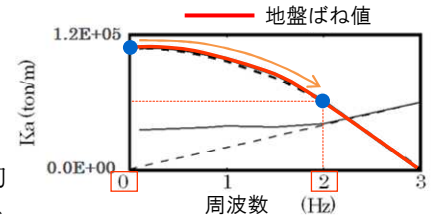


図-5 地盤ばねの周波数依存性

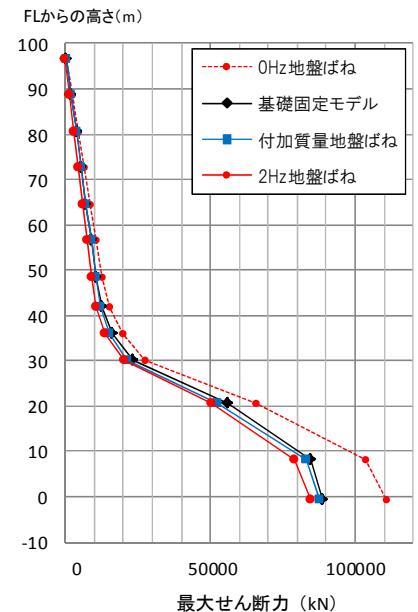


図-6 上部構造断面力