表層地盤が建屋の応答に与える影響を考慮した地震応答解析モデルの策定概要

JEAG4601における表層地盤の影響評価に関する記載

入力地震動*1の評価

建屋が埋め込まれている場合は，表層地盤の影響が期待できる旨の記載あり

埋込み効果*2の評価

支持地盤と側面地盤のせん断波速度(V_s)の違いが大きい場合は側面地盤ばねの評価に留意する必要がある旨の記載あり

*1：表層地盤のエネルギー消費による入力地震動の低減効果（E+F入力）
*2：建屋と側面地盤の相互作用

原子炉建屋　周辺地盤の特徴

入力地震動

- 原子炉建屋は約29m埋め込まれている。
- 建屋周辺に分布する表層地盤の上部は埋戻し土である。

埋込み効果

- 原子炉建屋の支持地盤は硬質な岩盤である。
- 建屋近傍は掘削土等を用いて埋め戻しを実施。

原子炉建屋　表層地盤の影響に関する設計方針

入力地震動

- 表層地盤のエネルギー消費による入力地震動の低減効果が期待できるため，その効果を設計に考慮する。
- 設計への反映にあたっては，基準地震動Ssに対する表層地盤の非線形特性を適切に反映した入力地震動評価方法を策定する。

埋込み効果

- 側面地盤の特徴や支持地盤との関係から，原子炉建屋では埋込み効果の影響は小さいことが予想されるため，設計には考慮しない。
- 建屋と側面地盤の相互作用の影響について，3.11地震等の観測記録から検討する。それを踏まえ基準地震動Ssに対する傾向も推察する。

右フロー図

表層地盤の影響に関する検討結果

設計への反映（原子炉建屋，その他の建屋）

入力地震動

- 表層地盤については，上部はひずみレベルに応じた物性を評価する手法を採用。
- 下部については一定値を採用しているため，今後ばらつきの考慮について検討。
- 他の建屋についても，埋込み状況や地震観測記録の傾向も踏まえ，同様のプロセスで地盤モデルを評価する。

埋込み効果

- 原子炉建屋のように規模の大きい建屋については埋込み効果の影響は小さいため，考慮しない。
- 3号炉海水熱交換器建屋のように小規模の建屋については埋込みによる応答低減効果が認められたが，設計では保守的にこの効果を無視する。

表層地盤の影響に関する検討結果

入力地震動に関する検討

【設計方針】
- E+F入力の採用（応答低減効果の取入れ）
- 入力地震動評価用地盤モデルは表層地盤上部の非線形特性を考慮した地盤モデルを採用

【3.11地震の傾向】
- 表層地盤の影響を考慮した入力地震動を用いたシミュレーション解析が建屋観測記録との整合性が良い
- 自由地盤の記録から表層地盤の非線形特性が認められ，またそれは一次元波動論で表現可能

【既工認（女川）】
- JEAGでは埋込み効果の評価法としてNovakばねとE+F入力を示しているが，一方で硬質岩盤ではNovakばねの適用性に留意が必要としている

【既工認（他プラント）】
- 硬質岩盤サイトで入力地震動の評価に表層地盤の影響を考慮した例はあるが，非線形性を一次元の逐次非線形解析で評価した実績無し

【設計方針に関する課題】
- 一次元波動論の適用性
- 表層地盤上部（盛土が主体の層）の非線形特性の評価
- 解析手法（逐次非線形解析）の妥当性

【課題に対する対応】（3.11地震レベルに対するモデルの妥当性）
- ・一次元波動論の適用性（成層性の確認）
  →地盤調査結果，地震観測記録を用いた検討より確認
- ・ベースモデルの設定
  →工事の特徴，地盤調査結果，地震観測記録を用いた検討より策定
- ・表層地盤上部の非線形特性の考慮
  →敷地の地盤調査結果より設定
- 逐次非線形解析による検証
  →3.11地震他による逐次非線形解析結果と記録の整合性を確認

【課題に対する対応】（基準地震動Ssレベルに対するモデルの適用性）
- 表層地盤下部の非線形に関する検討
  →表層地盤下部のせん断波速度Vsの変化は解析結果に及ぼす感度が小さいことを確認
- 表層地盤上部の非線形に関する検討
  →地盤の非線形性を地盤の安定解析に準じて策定した場合，3.11地震との整合性は悪くなるが，基準地震動Ssレベルでは違いが小さいことを確認
- 逐次非線形解析に関する検討
  →モデル下端や減衰モデルの違いが解析結果に及ぼす影響は小さいことを確認

【検討結果】
- 設定した入力地震動評価用地盤モデルは基準地震動Ssに対する評価に適用可能と判断

埋込み効果に関する検討

【設計方針】
- 側面地盤ばね無しの建屋モデルの採用

【3.11地震の傾向】
- 建屋の質点系シミュレーション解析モデルでは側面地盤ばね（Novakばね）無しの場合が建屋記録との整合性が良い

【既工認（女川）】
- 埋め込まれた効果を無視し，保守的に“基準地震動の直接入力＋Novakばね無し”を採用

【既工認（他プラント）】
- 硬質岩盤サイトで入力地震動の評価に表層地盤の影響を考慮する一方，埋込み効果を無視した例あり
- 応答低減効果のあるE+F入力を採用するにあたり，埋込み効果も踏まえた表層地盤の影響に関するトータル的な保守性の確認が必要

【設計方針に関する課題】
- 埋込み効果が建屋応答に与える影響（観測記録による影響の詳細確認）

【課題に対する対応】（3.11地震レベルに対するモデルの妥当性）
- ・原子炉建屋等について，側面地盤ばね（Novakばね）の有無が応答結果に与える傾向の把握（3.11地震）
  →側面地盤ばね無しの整合性が良い。また，建屋近傍において埋戻し土の揺すり込み沈下が発生しており，シミュレーション解析結果と整合。
- ・完全に埋め込まれた小規模建屋（海水熱交換器建屋）の振動特性（3D地盤FEM）
  →埋込みによる振動抑制効果を確認

【課題に対する対応】（基準地震動Ssレベルに対するモデルの適用性）
- ・基準地震動Ss時の埋込み効果
  →原子炉建屋では側面地盤ばね（Novakばね）を介して入力する地震動の評価に課題あり。また，建屋近傍の揺すり込み沈下の影響を踏まえると，3.11地震同様，埋込み効果の影響はないと判断。

【検討結果】
- 側面地盤ばね（Novakばね）無しの建屋質点系モデルの採用は妥当と判断（過小評価にはならない）

All Rights Reserved. Copyrights ©2018, Tohoku Electric Power Co., Inc.