

丙第388号証

電気技術指針

原子力編

原子力発電所耐震設計技術指針

JEAG 4601-2015

 一般社団法人
日本電気協会

原子力規格委員会

第3章 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価

第3章 目次

3.1 基本事項	219
3.1.1 適用範囲	219
3.1.2 用語の定義	220
3.2 地震力に対する基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価	221
3.2.1 評価の手順	221
3.2.2 基礎地盤及び周辺斜面のモデル化	222
3.2.2.1 物性値の設定	224
3.2.2.2 評価対象断面の選定	225
3.2.2.3 すべり面の設定	225
3.2.2.4 動的解析（周波数応答解析）による安定性評価	226
3.2.4.1 解析手法	226
3.2.4.2 入力地震動	227
3.2.4.3 評価基準	227
3.2.2.5 静的非線形解析等による安定性評価	228
3.2.5.1 解析手法	228
3.2.5.2 入力地震力	229
3.2.5.3 評価基準	230
3.2.2.6 動的解析（時刻歴応答解析）等による安定性評価	230
3.2.6.1 解析手法	230
3.2.6.2 入力地震動	230
3.2.6.3 評価基準	231
3.3 地殻変動に対する基礎地盤の安定性評価	232
3.3.1 評価の手順	232
3.3.2 評価基準	232
附属書 3.1 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価の流れ	233
附属書 3.2 地殻変動に対する基礎地盤の安定性評価の流れ	234

参考文献	235
参考資料 3.1 基礎地盤の安定性評価手順	236
参考資料 3.2 周辺斜面の安定性評価手順	237
参考資料 3.3 弱層のモデル化	238
参考資料 3.4 アンカーワークを有する地震時安定性評価	240
参考資料 3.5 周辺斜面対策工を考慮した斜面の地震時安定性評価	242
参考資料 3.6 地盤安定性評価における減衰定数	244
参考資料 3.7 鉛直地震動入力を考慮した等価線形解析における 地盤剛性、減衰定数の設定に関する留意点	248
参考資料 3.8 地盤物性値のばらつきの影響評価	249
参考資料 3.9 斜面崩落による土塊等の到達距離の事例	251
参考資料 3.10 斜面崩落による土塊等の到達距離の解析評価例	252
参考資料 3.11 基礎地盤及び周辺斜面の耐震安定性評価基準値	253
参考資料 3.12 ニューマーク法を用いた斜面の変位量評価例	255
参考資料 3.13 動的解析（時刻歴応答解析）を用いた 斜面の変位に関する再現解析例	257
参考資料 3.14 盛土の被害程度と沈下量の目安	258
参考資料 3.15 食い違い弾性論を用いた 過去の地震時の地盤変位量の再現事例	259
参考資料 3.16 地殻変動に対する基礎地盤の安定性評価フローの一例	261
参考資料 3.17 動力学的破壊進展モデル等を用いた断層変位評価例	263

3.2.4 動的解析（周波数応答解析）による安定性評価

3.2.4.1 解析手法

基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価を行うに当たっては、周波数応答解析法による線形又は等価線形解析により検討を行うことを基本とする。

解析手法については、間隙水圧の取り扱いの考え方の違いにより全応力解析と有効応力解析に区別されるが、全応力解析による安定性評価を行う。

解析は2次元解析を基本とし、必要と考えられる場合は3次元解析を行う。

【解説】

動的解析による安定性評価は、一般に次の解析手順で行う。

- ① 自重によって発生する地盤内の初期応力の算定
- ② 水平・鉛直地震動の作用による応答値（地盤内応力、加速度、変位など）の算定
- ③ ①及び②の結果の合応力による地盤内応力の算定
- ④ ③で得られた応力を用いた地盤の安定性評価

線形解析においては、自重解析、水平地震動による応答解析及び鉛直地震動による応答解析を別々に実施し、その結果を適切に重ね合わせて評価してもよい。

地盤剛性及び減衰定数のひずみ依存性を考慮した等価線形解析においては、その収束計算において水平地震動による応答と鉛直地震動による応答の同時性を考慮する。

通常の場合、地質的な弱面が存在しないかぎり、側面拘束の影響、すべり面形状の凹凸による摩擦抵抗の増加などにより、3次元解析の結果は2次元解析の結果よりも一般に安定度が高まる傾向にあるため、解析は2次元で行われるが、必要に応じて、3次元解析若しくは2次元解析を重ね合わせて3次元的な構造を考慮した解析を行うこともできる。

3.2.4.2 入力地震動

動的解析に用いる地震動は、敷地内の地質構造等を考慮し、解放基盤表面で定義された基準地震動 S_s を一次元波動理論などに基づき解析モデルの下端まで引き戻し又は引き上げた地震動とする。

【解説】

基準地震動 S_s の設定については、「第1章 基準地震動策定」を参照する。

引き戻しの方法については、一次元を基本として行うが、敷地内の地質構造や弾性波速度構造が不均質な地盤では、二次元の地盤構造モデルにより引き戻しを行うことが合理的であるため、地質構造等に応じて選択する。また、方向性を有しない基準地震動 S_s については、必要に応じて位相反転の影響についても検討する。

3.2.4.3 評価基準

(1) すべりに対する検討

基礎地盤及び周辺斜面の安定性は、「すべり安全率」を用いて評価する。

設定したすべり面に対して、せん断力のつり合いを考えて式(3.2.4.3-1)などからすべり安全率を求めて評価する。

$$F_s = R / L \quad \dots \dots \dots \quad (3.2.4.3-1)$$

F_s : すべり面におけるすべり安全率

R : すべり面上のせん断抵抗力の和

L : すべり面上のせん断力の和

すべり安全率に対する評価基準値は、基礎地盤は 1.5、周辺斜面は 1.2 とし、すべり安定性評価では、すべり安全率が評価基準値以上であることを確認する。

【解説】

上記評価項目のほかに、例えば局所安全係数の分布、引張応力領域の拡がりの検討が必要となる場合もある。ただし、局所安全係数は有限要素法における個々の要素の局部的な破壊に対する一指標にすぎず、局所安全係数 1.0 以下の要素が連続してすべり面を形成しない限り、基礎地盤全体のすべり破壊とは直接結びつかないものである。

基礎地盤のすべり安定性評価に対する評価基準値「1.5」と周辺斜面のすべり安定性に

対する評価基準値「1.2」との関係について、その確率論的な意味について検討した報告がある（参考資料 3.11 参照）。

（2）支持力及び傾斜に対する検討

基礎地盤の支持力に対する評価基準値は、極限支持力が地震時接地圧よりも大きいことを確認する。

なお、支持力としては、根入れの効果を考慮することができる。

基礎底面の傾斜については、許容される傾斜が建物及び構築物に対する要求性能や重要度に応じて設定し、動的解析の結果に基づいて求められた基礎の最大不等沈下量による傾斜が許容値を超えてないことを確認する。

なお、地殻変動による変形の影響を受ける可能性がある場合については、その変形についても適切に考慮する。

【解説】

基礎底面の傾斜の評価基準値については、審査ガイドでは基本設計段階の目安として1/2,000以下という記載があるが、耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器及び系統を支 持する建物及び構築物ごとに許容値を適切に設定し、安全機能が重大な影響を受けないことを確認する必要がある。

3.2.5 静的非線形解析等による安定性評価

3.2.5.1 解析手法

動的解析（周波数応答解析）において、評価基準値を満足するものの、局所安全係数分布図等において、岩盤若しくは弱層における引張応力の発生あるいは局所安全係数1.0以下の領域の発生が基礎地盤及び周辺斜面の安定性に影響を及ぼすと判断される場合、静的非線形解析等を用いて安定性を評価する。

【解説】

解析手法としては、せん断強さや引張り強さ以上の応力を負担している要素に対して、その過剰な負担分を周囲の要素に分配する手法が用いられる。

静的非線形解析の解析手順の一例は下記のとおりである。

- ① 自重によって発生する地盤内初期応力の算定
- ② 増分地震力によって発生する地盤内増分応力などの算定

電気技術指針原子力編
JEAG 4601-2015

原子力発電所耐震設計技術指針

Technical Guidelines for Seismic Design of Nuclear Power Plants

平成 28 年 3 月 30 日 第 3 版 発行

定 價：本体 9,000 円（税別）

編集原子力規格委員会
一般社団法人
発行  日本電気協会
東京都千代田区有楽町 1-7-1
電話 03-3216-0555 (事業推進部)
03-3216-0553 (技術部)