

2-3. 主要な研究成果(5) リスク評価・リスクマネジメントの高度化



基礎地盤・周辺斜面の合理的な耐震安全性評価手法を開発

原子力発電

● 地震や液状化による地盤変位の合理的な評価を支援

背景

原子力発電所の新規制基準により、発電所の敷地内における基準地震動*1は新知見を踏まえた評価が必要となりました。これにより、設定値が変わった場合は、地震やそれに伴う地盤の液状化による地表の変位などが構造物へ与える影響を再評価する必要があります。そこで当所では、**実際の地質構造を考慮した地盤解析モデルの構築と、地盤物性評価および数値解析手法の高度化によって、断層変位や地盤の液状化による基礎地盤・周辺斜面の変位を合理的に評価する技術開発に取り組んでいます。**

*1 基準地震動：原子力発電所の耐震設計において基準となる地震の揺れの大きさや強さ

成果の概要

◇断層変位ハザード解析手法を開発

断層を有する地盤解析モデルを用いた数値解析(図1)に基づく**地震地盤変位(断層変位)ハザード評価手法を開発**しました。本手法を地表地震断層が現れた実際の地震事例に適用し、物理パラメータによる不確実性を考慮するために弾性率等の岩盤の物理変数を変化させて繰り返し計算を実施することで、断層変位ハザード曲線を算出できます(図2)。このハザード解析では、**大型計算機を用いた並列計算により、短時間での解析が可能です。**

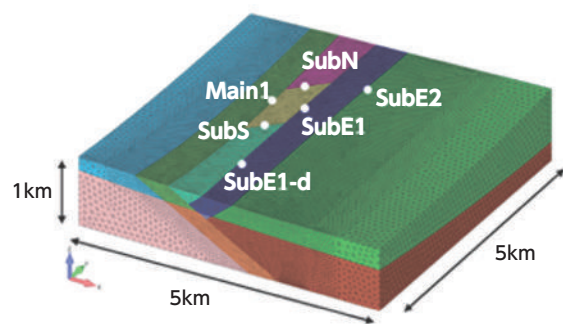


図1 断層を有する地盤解析モデル

Main1は震源断層が地上に到達した主断層で、Sub**は主断層周辺に副次的に生じた副断層です。

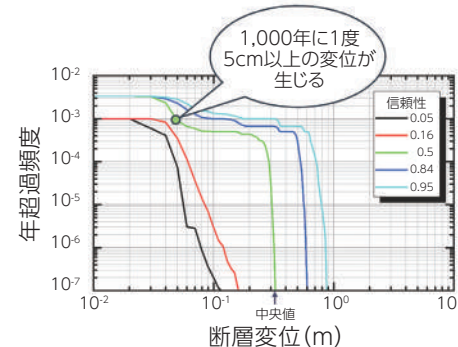


図2 断層変位ハザード曲線の例

Main1が活動したときのSubE2での断層変位の年超過頻度を示します。ここで、信頼性が0.5は、50パーセント値を意味します。

◇液状化強度の空間的ばらつきを踏まえた砂地盤の強度設定手法を開発

新規制基準適合性審査等における発電所施設の耐震評価では地盤の液状化評価が行われますが、その際、液状化強度*2は試験で得られる物性の最小値で一律に設定されることがあります。しかし、実際の地盤では液状化強度は空間的に大きくばらつくため、**砂地盤中のばらつきを踏まえた液状化強度を設定する手法を開発**しました。まず、液状化強度を局所的に混在させた傾斜砂地盤模型を対象として、遠心力载荷岩盤模型実験装置を用いた遠心力場でのコーンの貫入試験*3と地震を模擬した加振による液状化実験を行いました。次に、貫入試験で得た貫入抵抗値を入力値として、複数ケースの地震応答数値解析を実施しました(図3)。その結果、**平均値-1σ(σ：標準偏差)を用いた解析(Case-P10)がCase-N10の95%とほかの事例を網羅していることを確認し、Case-P0が過度に保守的であることを明らかにしました(図4)。**

*2 液状化強度：地盤が地震などの外力によって液状化する際に必要な繰り返しせん断応力

*3 コーンの貫入試験：コーン型物体を一定の速度で地盤に貫入させ、平均抵抗値と貫入したコーンの断面積の比をとった貫入抵抗値を求める試験。液状化強度の指標となります



沢津橋 雅裕(さつづばし まさひろ) / 澤田 昌孝(さわだ まさたか)
原子力リスク研究センター 自然外部事象研究チーム

遠心力载荷岩盤模型実験装置 模型に遠心力を与えることで、小さな模型で実物と同じ応力状態を再現し、実物の力学挙動を評価できます。

図3 傾斜砂地盤数値モデルの貫入抵抗値の補間計算例

貫入試験で得た貫入抵抗値を入力値として、数値計算でデジタル試験体モデルの貫入抵抗値を空間補間した例を示しています。様々な条件(Case-A5~20など)で計算し、地震を模擬した計算を行うことで液状化により地表面がどのくらい変化したか(地表残留水平変位)の解析に用いました。Aの後の数字は、用いた補間関数のパラメータに対応します。

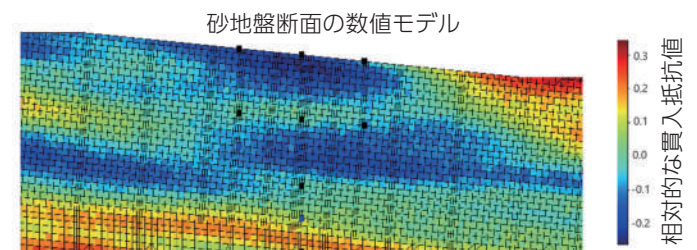
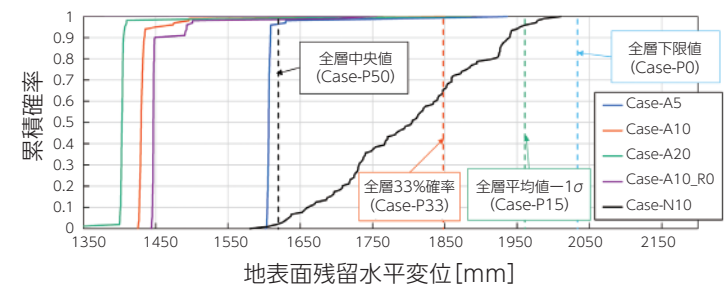


図4 地表面残留水平変位の累積確率

貫入抵抗値を空間補間したケースについて、地表面残留水平変位解析を実施し、累積確率で結果を示しています。Case-P**は、全層に対し一律に物性値を設定した、Case-N10は貫入試験によらずランダムに物性値を設定した解析です。Case-P15で得られた地表面残留水平変位は、Case-N10の95%とCase-Aシリーズの全体を網羅します。



成果の活用先・事例

これらの成果は、**原子力発電所耐震設計技術指針、日本原子力学会標準等に反映され、新規制基準適合性審査や安全性向上評価において、基礎地盤や周辺斜面の合理的な耐震安全性評価に貢献します。**

(参考) 澤田ほか、土木学会全国大会、CS10-102 (2025)
沢津橋ほか、電力中央研究所 研究報告 NR25006 (2026)