

プロジェクト課題 - リスクの最適マネジメントの確立

原子力土木構造物の耐震裕度評価

背景・目的

2011年東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の事故を受けて、原子力発電所耐震設計審査指針の改訂、新知見を踏まえた耐震安全性の再評価(耐震バックチェック)、ストレステスト一次評価等が進められている。

本課題では、これらの動きに対応して、

「どれくらい大きな地震が生じるのか」、「構造物はどこまで地震に耐えられるのか」について解明し、「地震で構造物が破壊するリスクをどう説明するか」についての方策を提示することで、原子力土木構造物の耐震信頼性向上に資する。

主な成果

1 活断層の連動性評価のための指標の抽出

2011年東北地方太平洋沖地震は複数の震源領域が連動した巨大地震であり、活断層においても連動性を適切に評価することが従前に増して重要となった。そこで、1891年濃尾地震(M8.0)を対象として、変動地形的調査・地表地質調査[N11046]、地球物理学的調査[N11047]を行うとともに、数値解析・模型実験による基礎的な検討[N11049]

から、活断層の連動性評価に重要と考えられる指標を抽出した。抽出した指標の例として、応力場と断層の分布形状では断層の破壊進展が応力場に支配される可能性を見出した(図1(a))。また、断層間を横断する構造線がある場合、その長さや断層のセグメント長の比が連動確率と関係する可能性を示した(図1(b))。

2 地震動評価のための硬質地盤における減衰評価手法の体系化

原子力発電所の耐震安全性評価において、基準地震動 S_s を策定する際、硬質地盤の減衰定数の妥当性を評価する必要があり、これまで以下の2点が課題となっていた。

- ・地表近くの岩盤が、地下深部で一般に考えられる減衰定数より大きい値を示す理由
 - ・鉛直アレイ地震観測記録がない地点での減衰定数の設定値の妥当性
- 本検討では、地震観測記録、ボーリング孔

を利用した地盤を伝わる地震波の速度計測(PS検層)、岩石コアの室内試験の結果から独立に得られる減衰定数が、亀裂等に起因する岩盤の不均質性を表す指標により、統一的に関係づけられることを明らかにした(図2)。これにより、地表近くでは岩盤の不均質性の影響で減衰が大きいこと、地震観測記録がない地点での減衰定数をPS検層と室内試験から評価できることを示した[N11063][N17]。

3 構造物の地震時安全性を簡便に判定可能なダイアグラムの提案

入力地震動の強度(例えば最大加速度)で耐震裕度を定義することにより、構造物の耐力と地震リスク(構造物の年損傷確率で考慮)との定量的な関係を示すリスクダイアグラムを提案した。このダイアグラムを用いることで、設計上考慮すべき年損傷

確率に対して、決定論的に耐力を評価した構造物の安全性を簡便に判定することが可能となる[N10007]。これにより、地震時における発電所システムの脆弱部を定量的・合理的に抽出することができる。

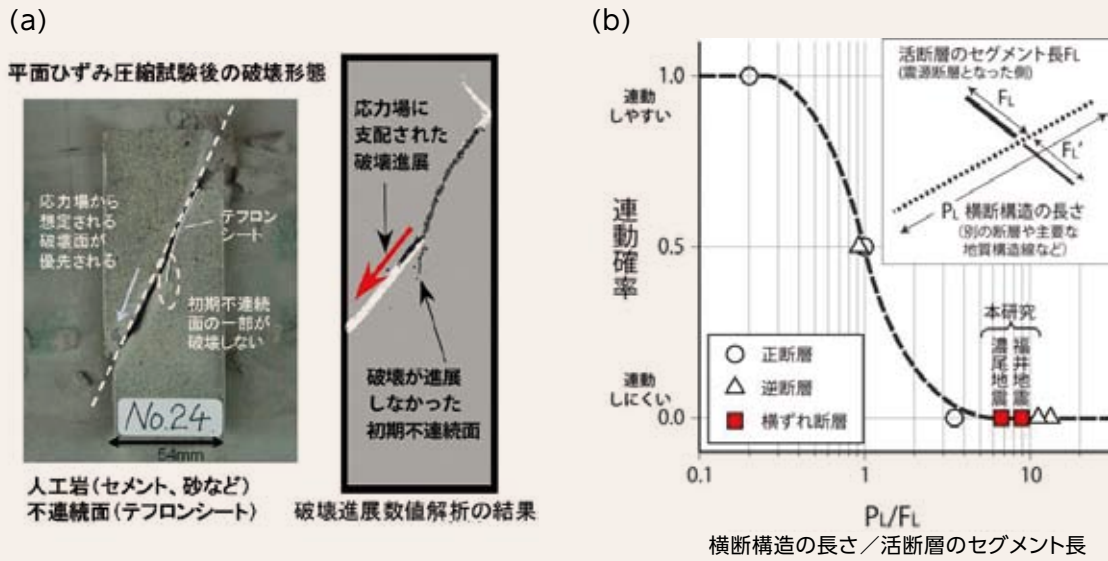


図1 活断層の連動性評価指標と連動確率の評価例

(a) 平面ひずみ圧縮試験と数値解析から、地震時の断層破壊が初期の不連続面ではなく、応力場から想定される方向に進展する結果が得られ、断層の破壊進展が応力場に支配される可能性が示された。(b) 複数の活断層の間を横切る構造線が存在する場合、横断構造の長さ(P_L)と活断層セグメント長(F_L)の比によって活断層の連動のしやすさが異なることが明らかになった。イタリアの正断層で示された関係(〇)が我が国の逆断層(△)、横ずれ断層(■)でも成り立つことが示され、一般に破線のような確率分布が予想されると考えられる。

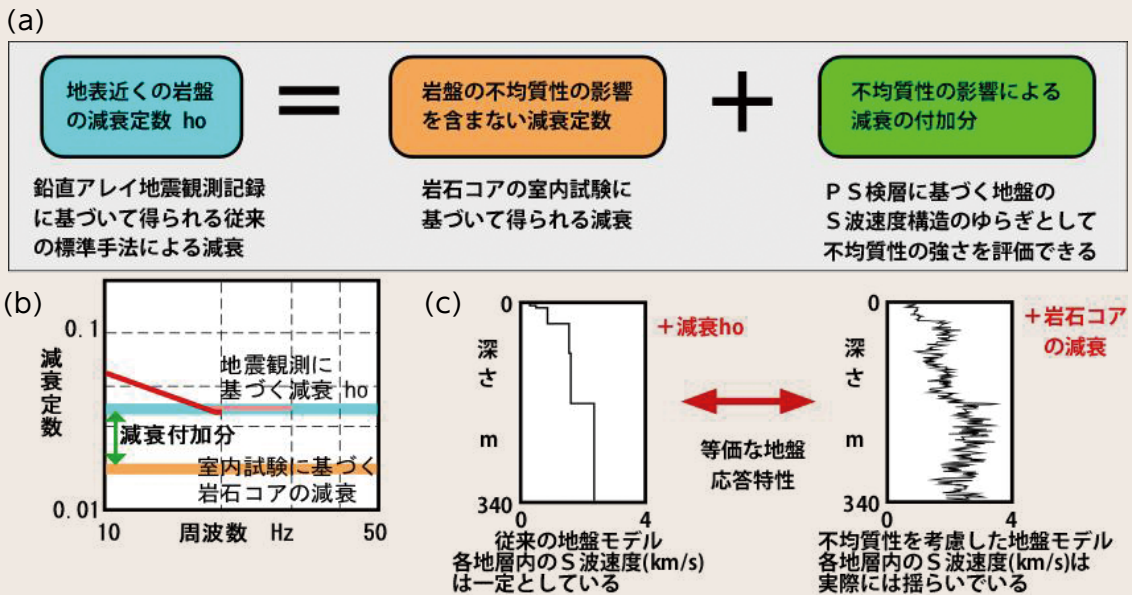


図2 地盤の減衰メカニズムと各種評価手法の関係

鉛直アレイ地震観測記録を用いた減衰設定が標準手法であるが、地震観測記録がない地点ではボーリング調査(PS検層)や岩石コア室内試験に基づいて減衰設定を行う必要がある。(a)(b)各種評価手法で得られる減衰は岩盤の不均質性を考慮することで統一に関係づけられる。(c)従来の地盤モデル(各地層内のS波速度一定とする速度構造+減衰 h_0)とPS検層で得られる不均質性を考慮したS波速度構造+岩石コアの減衰(不均質性の影響を含まない減衰)による地盤モデルは等価な地盤応答特性をもつことを明らかにした。