

## 6. 立地・施設保全(耐震)

### 硬質地盤における地震波減衰の発生メカニズムの解明

#### 背景

原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定解析などでは、地盤の減衰定数を周波数に依存しない値として考慮する場合がある。その一方で、鉛直アレイ観測記録から同定される地盤の減衰定数は、低周波数側で大きくなる周波数依存性を示し、また表層付近の地盤減衰は、微小ひずみ域での履歴減衰(材料減衰)と比べて、過大となる場合も知られている(図1)。同定される地盤減衰を考慮した解析を適切に行うためには、これらの地盤減衰のメカニズムを明らかにしておく必要がある。

#### 目的

鉛直アレイ観測記録によるスペクトル比の逆解析から同定される硬質地盤の減衰メカニズムを解明する。

#### 主な成果

##### 1. 地盤減衰の周波数依存性の発生メカニズム

検討地点における PS 検層結果から地盤の不均質性(相関距離と標準偏差)を求め、それを考慮した波動伝播シミュレーションから地震波の散乱減衰を評価した(図2)。その結果、PS 検層による深さ方向の相関距離(14m)を考慮した地盤の散乱減衰は、検討地点における地盤減衰の周波数依存性を説明できないことが分かった。一方、地殻で想定される程度の相関距離(2000m)を仮定した地盤の散乱減衰は、検討地点の地盤減衰の周波数依存性を説明可能であった。これは、比較的地表に近い硬質地盤では、地殻と同程度のランダムな不均質性が、地震波減衰の周波数依存性(特に低周波数側)に寄与している可能性を示唆する。

##### 2. 表層付近における過大な地盤減衰の発生メカニズム

検討地点周辺の地形を模擬した2次元 FEM 解析により、検討地点のスペクトル比(伝達関数)に地形が及ぼす影響について検討した。その結果、2次元解析による検討地点での伝達関数は、1次元の場合よりも振幅が低減することが分かった。また、その低減効果(見かけの減衰)は、検討地点で同定された表層付近の地盤減衰とほぼ等価であることが分かった。これは、表層付近における過大な地盤減衰が、鉛直アレイ観測地点周辺の複雑な地形に起因することを示唆する(図3)。

##### 3. 地盤減衰のメカニズムを考慮した解析上の留意点

以上を踏まえると、地盤応答解析では、鉛直アレイ観測記録から同定された地盤減衰の周波数依存性を考慮できる周波数領域の複素応答解析コードを用いて解析を行うことが望ましい。ただし、表層付近の同定結果には、地形効果などによる見かけの減衰が含まれる場合があるため、ある地層(または岩種)に対して過大な地盤減衰が同定された場合、それがサイト内の該当する地層(または岩種)の真の物性値であるかどうかには注意をして、解析に用いる地盤減衰を設定する必要がある。

本研究は、電力共通研究「設計用地震の想定および設計用地震動の評価手法の高度化に関する研究」で実施した。

#### 今後の展開

地盤減衰の周波数依存性を考慮できる地盤応答解析手法を開発し、サイトにおける地盤安定性解析などへの適用性を図る。

主 担 当 者 地球工学研究所 地震工学領域 主任研究員 佐藤 浩章

関連報告書 「地震観測記録に基づく地震動の減衰特性(その3)－硬質地盤における減衰メカニズムの解明－」 電力中央研究所報告: N07013

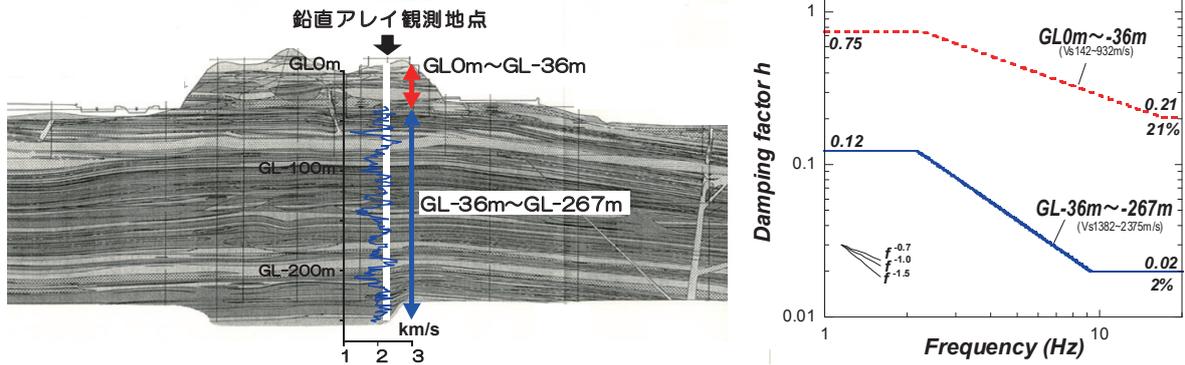


図1 検討の対象とした鉛直アレイ地点の概況およびPS 検層結果(S波速度)と地盤の減衰定数の同定結果

- GL0~-36m : 地盤減衰の下限値(材料減衰)が21%と非常に大きい。  
⇒ 室内試験で数%の減衰定数が、なぜそこまで大きくなるのか?
- GL-36m以深: 下限値より低周波数において周波数依存性が生じている。  
⇒ 室内試験ではみられない性質だが、どのようなメカニズムか?

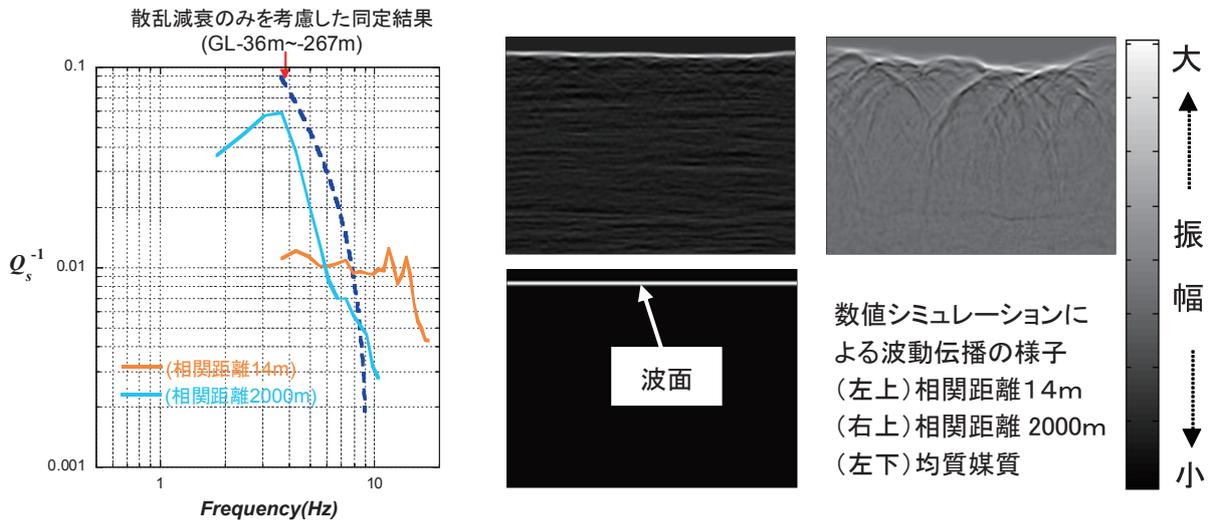


図2 数値シミュレーションによる散乱減衰と同定結果による散乱減衰の比較

相関距離 2000m 程度の不均質性を仮定すると同定結果による散乱減衰を説明できる(左図)。シミュレーションによれば、均質媒質では波面にのみエネルギーが集中しているが、不均質性を考慮すると地震波のエネルギーは散乱され見かけ上減衰する(右図)。

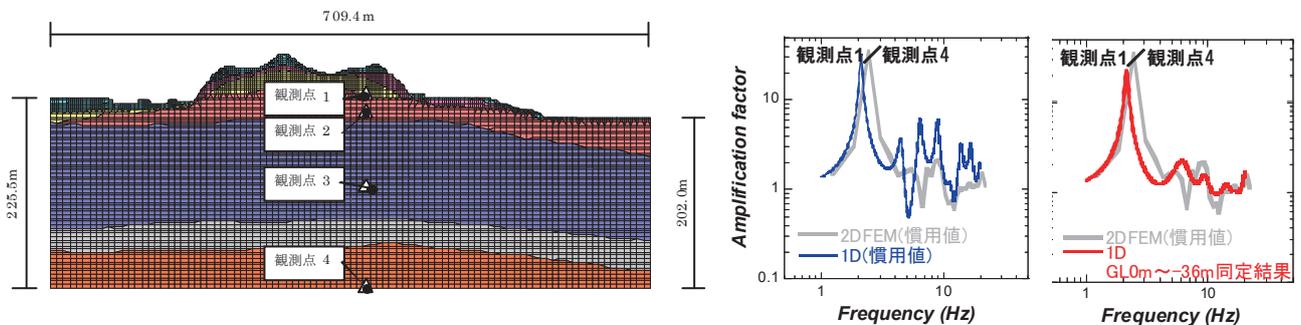


図3 2次元FEM解析によるスペクトル比と1次元の理論伝達関数の比較

2次元FEM解析(地盤減衰:慣用値の5%)による観測点4に対する観測点1のスペクトル比は、観測点4に対する観測点1の1次元の理論伝達関数(地盤減衰:2次元FEMと同じ慣用値)よりも小さくなる(青線)。一方、検討地点で同定された地盤減衰を用いた場合(青線)は、1次元の理論伝達関数で2次元FEMの結果を説明できる。