

I-409

不整形地表面の地震動への影響評価 - 2次元SH波地震動解析 -

電力中央研究所 正会員 佐藤 清隆

1. まえがき

地質構造的な不整形性は、表層地震動の局所的な増幅特性に強い影響を与えたり、波動の継続時間の増加に関与することがわかっている。本研究では、不整形地表面が地震動に及ぼす影響を把握するため、AL法の数値解析手法を用いて、表層の散乱波の周波数-波数スペクトルを求めた。

2. 地盤モデル

ここでは2種類の不整形モデル、すなわち連続COS型の地形(MSモデル)、単一のCOS型の地形(SSモデル)について検討した。MSモデル、SSモデルの両者について、2種類のCOS波長を検討した。これらは、それぞれ地盤の固有周期に対する基本波長に近い波長(320m)と四分の一波長(80m)である。以後、4ケースの地盤モデルを各々MS1、MS2、SS1、SS2、と呼ぶ(表1、図1参照)。

3. 解析方法

(1) 入力波

Ricker Wavelet波を、SH変位入力波として用いた。一般的な波形を図2に示す。本研究では、表層地盤の固有周期0.81secを入力の中心周期 t_p とし、最大瞬間時刻 $t_s=5.0$ sec、継続時間 $T=20.24$ sec、時間ステップ $\Delta t=0.02$ secとした。

(2) 解析条件

モデルの大きさ、土質物性および解析条件は、以下のような数値が使用されている。

①モデルの寸法

地盤モデルの長さ $L=960$ m、x方向のサンプリング数 $ns=192$ 、基盤の深さ $GL=-75$ m

②地盤物性

表層：単位体積重量 $\gamma_1=2.32$ t/m³、せん断波速度 $\beta_1=370$ m/s、減衰 $Q_1=10$

基盤層：単位体積重量 $\gamma_2=2.56$ t/m³、せん断波

速度 $\beta_2=610$ m/s、減衰 $Q_2=10$

③解析条件

入射角 $\theta_o=0^\circ$ 、解析最大波数 $N=30$ 、解析最大周波数 $f_{max}=10$ Hz

表1 地盤モデルのケース

モデル名	地表面の形状	地形の波長
MS1	連続COS型	320m
MS2	同上	80m
SS1	単一COS型	320m
SS2	同上	80m

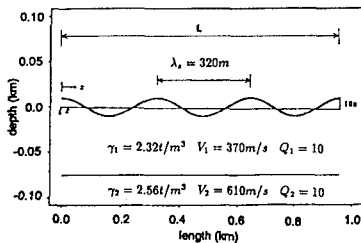


図1 (a) MS1モデル

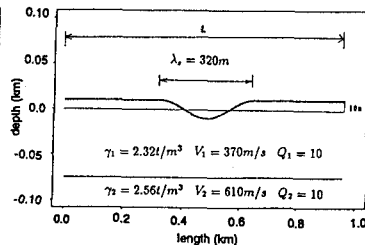


図1 (b) SS1モデル

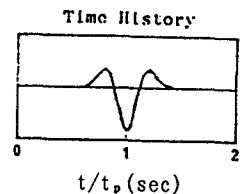


図2 Ricker Wavelet波

4. 解析結果

(1) MSモデルの散乱波特性

図3(a)に示すように、MS1モデルでは、モデル長さ $L(=960\text{m})$ を基本波長とする水平成分の波数 $N=0, \pm 3, \pm 6, \pm 9$ において、散乱波のスペクトル振幅が認められる。ここで、波数ゼロは水平方向に無限大の波長、すなわち鉛直下方から到来した実体波の波動成分を意味しており、周波数 1.2Hz の一次ピークは表層地盤の固有周波数を示す。また、波数 ± 3 は波長 320m を示し、COS型の不整形地表面の波長に一致し、波数 $\pm 6, \pm 9$ は、各々、この波長の半波長 160m 、3分の1波長 107m に相当する。これらの波動成分は、すべて不整形地表面に起因する散乱波成分をあらわし、不整形地表面の波長を基本波長とする $1/2, 1/3, \dots$ の波長の散乱波の発生を示している。波数 ± 3 におけるスペクトル振幅のピークより、波長 320m の波動成分の卓越周波数は 1.4Hz （ここでは、以後 f_{P1} と呼ぶ）を示し、水平方向の見かけ速度 C が $f_{P1} \times \lambda = 1.4 \times 320 = 448\text{m/s}$ の波動成分が卓越していることを示している。

図3(b)に示すMS2モデルの場合も同様に、散乱波の波動成分は、不整形地表面の波長 λ_s と同一波長 80m および半波長 40m を示し、波長 80m のスペクトル振幅は、 $4.9\text{Hz}(=f_{P2})$ にピークを持つ見かけ速度が 392m/s の波が卓越することがわかった。したがって、両モデルの散乱波動は、その波長が不整形地表面の波長 λ_s に依存し、見かけ伝播速度が表層地盤のせん断波速度に近似するラブ波が卓越することが認められた。

(2) SSモデルの散乱波特性

SS1モデルの散乱波スペクトル振幅を図4に示す。発生する散乱波が明らかに一定の見かけ速度で伝播していることを示している。この散乱波動は、MS1モデルと同じ波動成分(波長 320m , $f_{P1}=1.4\text{Hz}$)を含んでおり、見かけ速度 448m/s のラブ波であるといえる。また、SS2モデルでは、SS1モデルと同じ波動成分からMS2モデルと同じ波動成分(波長 80m , $f_{P2}=4.9\text{Hz}$)へ見かけ速度が変化する分散性のラブ波が認められた。

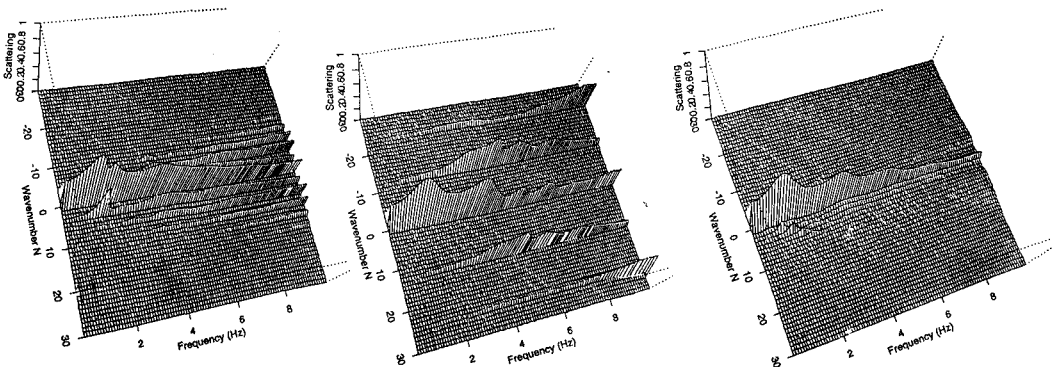


図3 (a) MS1のスペクトル振幅 図3 (b) MS2のスペクトル振幅

図4 SS1のスペクトル振幅

4. まとめ

以上の結果から、SH波入射時の不整形地表面によって発生する地震動の散乱波は、分散性のある表層のラブ波の特性を示しており、その波数特性は不整形地表面の波数特性に依存している。

5. 謝辞

解析において、篠塚研究所所長であり、プリンストン大学教授の篠塚正宣先生に多大な御援助を頂いた。また、解析の評価に関して、宮崎大学教授、原田隆典先生より貴重な御助言を頂いた。心から感謝の意を表します。